

Università degli Studi di Palermo
Facoltà di Architettura
Dipartimento di Design

Dottorato di Ricerca
Disegno industriale arti figurative e applicate
ICAR13
XXII ciclo
A.A. 2010-2011

Il design della Tecno-Natura

Nuovi scenari del design sostenibile nell'epoca delle nanotecnologie

Coordinatore

Prof.ssa Marcella Aprile

Relatore

Prof.ssa Marinella Ferrara

Dottoranda

Valeria Mirabile

Ringraziamenti

Il lavoro di stesura della tesi di dottorato ha indotto a riflettere su quanto si è fatto durante il tempo avuto a disposizione e su quanto si sarebbe potuto fare di più o in modo diverso.

La tematica affrontata ha richiesto conoscenze che con difficoltà si riescono ad acquisire in poco tempo e pertanto il desiderio maggiore è che la seguente dissertazione susciti interesse e dibattito e sia esposta in modo chiaro.

Durante i tre anni di ricerca le difficoltà emerse, anche personali, hanno rafforzato in me la capacità di prendere delle scelte, anche grazie all'aiuto delle persone a me vicine che anche nelle difficoltà mi hanno incoraggiato, lasciandomi il tempo necessario per riflettere e maturare idee e volontà.

Ringrazio la professoressa Marinella Ferrara, che mi ha accompagnata durante i tre anni di ricerca, stimolando con costanza l'interesse per il tema affrontato e per la ricerca nel più ampio significato; la prof.ssa Giuseppina Vitale che mi ha seguito durante gli anni di tesi di laurea e mi ha sempre incoraggiato nelle scelte, suggerendo di vivere ogni momento con estrema grinta; i miei genitori e mio fratello, che forse ho tenuto a volte lontani dalle difficoltà in cui mi sono imbattuta, ma che hanno sempre avuto fiducia in me; mia sorella perché le persone a cui si vuole bene sono vicine anche se lontane; tutti i miei amici, che comprensivi dei miei frequenti momenti di isolamento, hanno saputo comprendere e Vincenzo, che con il suo affetto ha saputo sostenermi oltre l'ambito lavorativo.

Grazie.

Indice

Introduzione	p.5
Capitolo 1 Fra tecno-scienza e visioni di design	p.11
1.1 Dalla teoria corpuscolare alle nanotecnologie	p.14
1.2 Il panorama scientifico fra il XX e il XXI secolo	p.21
1.3 Immaginario tecno-scientifico e visioni del progetto	p.32
Appendice:	
Metodo Delphi	
Un metodo d'indagine socio-politica di prospezione tecnologica	p.37
Capitolo 2 La macroinvenzione del XXI secolo	p.44
2.1 Nanomateriali e la loro classificazione per il design	p.53
2.2 Nanocompositi	p.57
2.3 Nanoprodotti	p.60
Appendice:	
Classificazione dei nanomateriali nella letteratura scientifica	p.88
Classificazione delle nanostrutture nella letteratura scientifica	p.94
Fabbricazione dei nanocompositi a base polimerica	p.102
Tecniche di litografia <i>top-down</i>	p.107
Sistema REACH	
Normativa che regola la produzione di nanomateriali:	p.111
Capitolo 3 Contaminazione tra arte e scienza	p.113
3.1 Nanoarte	p.119
Appendice:	
L'esperienza italiana di Alessandro Scali e Robin Goode	p.123
Capitolo 4 Scenario della biomimetica	p.127
4.1 Livelli omologici	p.131
Capitolo 5 Scenario dell'advanced material design	p.163
5.1 L'esperienza di Punto Quantico S.r.l.	p.171
5.2 Nanopackaging	p.175

Capitolo 6 Scenario del generative design	p.183
6.1 L'esperienza di Neri Oxman	p.193
Capitolo 7 Il design della Tecno-Natura	p.203
7.1 Schede del design della Tecno-Natura	p.207
7.2 Fotovoltaico bioispirato	p.226
Conclusioni	p.243
Bibliografia – Riviste - Tesi – Sitografia	p.245

Introduzione

L'ambito di ricerca della presente tesi, è il rapporto fra le tecno-scienze e il design, in particolare si è cercato di comprendere in che modo le tecnologie a scala nanometrica, macroinvenzione¹ del XXI secolo, abbiano avuto influenza sugli scenari di design definitisi nel precedente secolo e in che modo gli stessi si siano orientati fino a dare origine allo scenario del design della Tecno-Natura.

Tale studio è partito dall'idea che dall'inizio del XX secolo la dinamica dell'economia industriale risulta sempre più influenzata dalle repentine scoperte tecnico-scientifiche, tali da imporre altrettanti veloci cambiamenti sociali ed economici. Le tecnologie a scala nanometrica, configuratesi quali tecnologie interdisciplinari, avendo determinato delle significative innovazioni nell'ambito dei materiali, hanno apportato dei cambiamenti al processo di progettazione, divenendo inoltre messaggere di nuove valenze di sostenibilità.

L'abilità dei designer contemporanei è quella di scorgere i cambiamenti in atto nella tecnologia, nella scienza e nella società, di percepire le ricadute nei comportamenti sociali e di tradurre le avanguardie della ricerca scientifica in oggetti funzionali, che possano essere definiti innovativi.

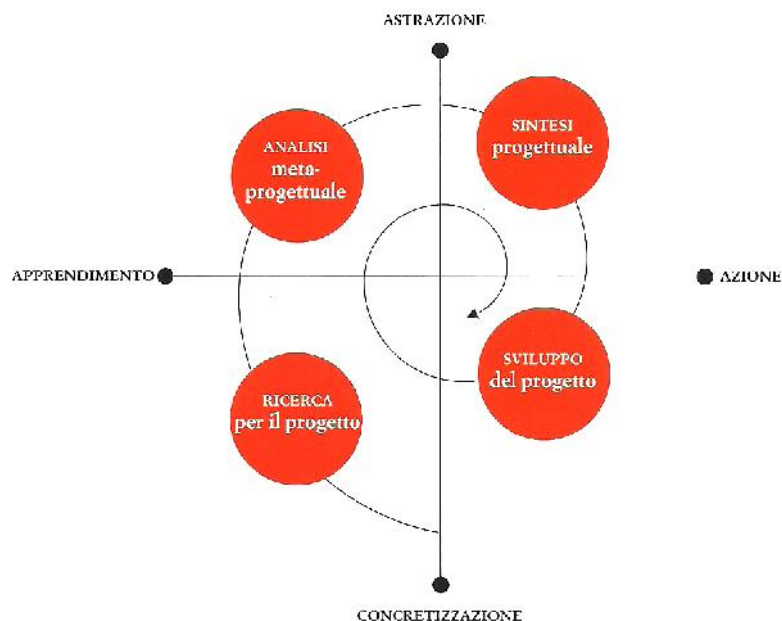
¹ Il termine viene impiegato da M. Ferrara in *Materiali e innovazioni nel Design*, Roma 2004 p.19 intendendo un'invenzione di grande portata. La distinzione fra macroinvenzione e microinvenzione deriva dalle teorie dello sviluppo economico. Sono definite macroinvenzioni quelle invenzioni che segnano una netta discontinuità del progresso tecnico aprendo la strada a nuovi filoni tecnologici (Dosi 1982)

Agli inizi del XIX secolo l'economista Alfred Marshall² parlava di “atmosfera industriale” per definire in un concetto l'insieme dei fattori locali non tangibili che possono, con la loro presenza o assenza, contribuire a fare la fortuna di certi luoghi e distretti produttivi rispetto ad altri. L'economista aveva compreso la complessità del processo di elaborazione di un prodotto innovativo, dominante e sosteneva che l'essere innovatori dipende da una rete di rapporti e i tre soggetti determinanti sono: la Ricerca, le Istituzioni e l'Impresa.

Le scoperte scientifiche del secolo corrente nell'ambito dei nanomateriali hanno sottolineato l'esigenza della cooperazione fra questi tre soggetti.

Nello schema sotto riportato, tratto dal testo di F. Celaschi e A. Deserti, *Design e innovazione*³ si sintetizza il processo di innovazione definito dagli stessi autori “design driven”, individuando le aree di lavoro.

La presente ricerca si pone nell'area dell'apprendimento: analizzati gli scenari di design definitisi nel XX secolo cerca di individuare, alla luce delle scoperte tecnico scientifiche del secolo corrente le innovazioni apportate al processo di design e definisce i nuovi approcci progettuali e le nuove valenze di sostenibilità.



² Economista inglese che ha introdotto il concetto di “distretto industriale”, individuando le economie esterne che permettevano ai sistemi di piccole imprese di essere competitivi sul mercato. Il distretto industriale non è solo una forma organizzativa del processo produttivo, ma un “ambiente sociale” in cui le relazioni tra gli uomini e le loro propensioni verso il lavoro, il risparmio e il rischio presentano caratteristiche particolari.

³ F. Celaschi e A. Deserti, *Design e innovazione*, Roma 2007, p.129.

Si ritiene che i nuovi principi guida del processo di progettazione del XXI secolo, possano essere i seguenti:

1. Innovare nella forma, ovvero sviluppare meccanismi che facilitino i processi ispirativi, attraverso l'ausilio dei software; i gradi di libertà del progetto della forma divengono notevoli e scompare il concetto di standardizzazione dell'oggetto, per dare posto a una nuova idea di unicità della forma.
2. Innovare nella funzione, ovvero estendere il significato di funzione dell'oggetto, da sempre legato alle proprietà ingegneristiche, per dare posto all'idea di oggetto d'uso plurifunzionale organico.
3. Innovare nei materiali, ovvero impiegare i nuovi materiali che offrono prestazioni aumentate rispetto ai tradizionali, senza venir meno al fine ultimo del progetto sostenibile.

In riferimento a quest'ultimo punto se alla fine del XX secolo, il processo di design si dilata "a valle" con l'introduzione dei concetti di *riciclo* e *riuso*, le tecnologie a scala nanometrica consentono un ulteriore allungamento del processo "a monte", ovvero nella fase di progettazione del materiale, configurandosi quali tecnologie in grado di contribuire alla risoluzione delle problematiche relative alla sostenibilità del design. Tale supposizione, derivante dalla letteratura scientifica si è fortificata durante gli anni di ricerca e le ragioni sono molteplici. Uno dei presupposti è che le nanotecnologie essendo presenti in natura sono da intendersi, se bioispirate, quali promotrici di un avvicinamento tra essere umano, artificiale e regole della natura. L'idea di strutturare un materiale "*ad hoc*", a scala nanometrica, inoltre, significa concepirlo con la consapevolezza di dovere divenire un prodotto finito che risulti ottimo dal punto di vista prestazionale e minimo per quanto concerne l'impiego di risorse. Quest'idea è strettamente connessa alla possibilità di allungare la vita media di un prodotto, consentendo la riduzione dei consumi energetici, la minimizzazione delle risorse naturali e la rivisitazione del concetto di rifiuto. Esempi di *concept* progettuali e progetti realizzati con l'impiego di nanotecnologie, esposti nella presente ricerca, dimostrano le ragioni per cui si può ammettere che il punto di forza di tali tecnologie consiste appunto nella riduzione della cosiddetta "impronta ecologica"⁴.

⁴ L'Ecological Footprint è un indice statistico utilizzato per misurare la richiesta umana nei confronti della natura. Un calcolo creato, nella sua prima forma, nel 1996 da Mathis Wackernagel, insieme a

Nel primo capitolo della presente ricerca si introduce il contesto culturale scientifico fra il XX e il XXI secolo, individuando gli immaginari tecnico-scientifici che hanno contribuito alle visioni di design. Fin dalla fase di raccolta dati si è rivelata concreta l'ipotesi che le nanotecnologie si configurano quali tecnologie interdisciplinari in grado di consentire soluzioni innovative in diversi settori di ricerca, primo fra tutti quello della scienza dei materiali e pertanto il design non può prescindere dalla loro conoscenza.

La complessità e scientificità del tema delle nanotecnologie ha portato alla necessità di possedere un bagaglio culturale di base che consentisse di comprendere le reali aspettative che il design può attendersi dall'introduzione delle nanotecnologie nel processo progettuale. Si è pertanto reso necessario, in un ambito in cui la letteratura scientifica non ha ancora definito e codificato i segnali delle trasformazioni in atto, analizzare i metodi d'indagine delle istituzioni scientifiche, l'approccio dei ricercatori privati e dei sistemi governativi, procedendo all'elaborazione di appendici a supporto.

Il secondo capitolo è dedicato appunto alle nanotecnologie e poiché ad oggi non esiste una classificazione univoca dei materiali strutturati a scala nanometrica si fornisce una definizione che sia propria del linguaggio del design, distinguendo nanomateriale, nanocomposito e nanoprodotti. Le appendici allo stesso capitolo forniscono chiarimenti circa i più comuni sistemi di classificazione, le tecniche di fabbricazione e l'attuale normativa in ambito europeo, che orienta la ricerca e la produzione dei materiali nanostrutturati.

Il terzo capitolo introduce il rapporto fra la tecno-scienza e l'arte e la commistione tra i linguaggi. Si riportano esempi di mostre, eventi e rassegne che hanno esplorato la relazione biunivoca tra scienza e arte e tra scienza e design nel mondo contemporaneo, coniugando oggetti di design e concetti provenienti dalle avanguardie della ricerca scientifica: Nan°arte, NanoArt 2007 e Design and the Elastic Mind⁵. In appendice si presenta l'esperienza di due artisti il cui lavoro avviene in collaborazione con il Dipartimento di Fisica del Politecnico di Torino.

William Rees, per mettere in relazione il consumo di risorse naturali con la capacità della Terra di rigenerarle.

⁵ La mostra è stata curata da Paola Antonelli, responsabile del dipartimento di Architettura e Design del Museum of Modern Art (Moma) di New York.

Riconosciuta l'inscindibile relazione fra scienza e design nel contesto contemporaneo, sono stati individuati tre scenari di design emergenti, nati nell'alveo delle scoperte scientifiche del XX secolo, che alla luce delle più recenti innovazioni nell'ambito dei materiali sono soggetti a nuove dinamiche: lo scenario della biomimetica, dell'advanced material design e del generative design. Ciascuno scenario viene definito in un capitolo dedicato e all'interno di ciascun capitolo vengono presentati concept, progetti e casi studio.

Lo scenario della biomimetica (cap.4) viene esplicito mediante la definizione di livelli omologici; si propone di trarre spunto dalle strategie e dalle logiche intrinseche al successo evolutivo dei sistemi biologici. Con l'avvento delle nanotecnologie e l'opportunità di fare riferimento a nuovi strumenti in grado di osservare la natura nelle sue forme più profonde il design biomimetico supera la dimensione consueta dell'approdo a facili metafore estetiche e formali e volge verso nuovi possibili percorsi di interpretazione della natura, che consentono inedite prospettive alla cultura del progetto, dimostrando che la nanotecnologia artificiale può essere intesa quale seguito alla nanotecnologia naturale.

Nel quinto capitolo si espongono i principi dell'advanced material design, viene definita la distinzione fra materiale funzionale e struttura intelligente, approdando al concetto di *smart material*. L'introduzione di tecniche in grado di controllare la materia a scala nanometrica ha sancito il passaggio a quei materiali che Manzini definisce a "complessità gestita", per ottenere prestazioni molto precise e puntuali. Lo scenario dell'advanced material design dunque è l'ambiente culturale nel quale si è sviluppato un approccio progettuale tendente alla definizione dell'oggetto costituito da materiale strutturato su misura, fino a scala subatomica, in grado di rispondere a precisi input scelti a priori. Ciò che prevale nell'oggetto finito, non è tanto la forma quanto la funzione, il ludico e a volte solo l'immagine che lo stesso oggetto crea nella mente dell'utente. Nell'ambito dell'advanced material design, uno dei settori che con gli apporti forniti dalle nanotecnologie si è decisamente evoluto è quello del *packaging* alimentare, pertanto a tale tema è stato dedicato un sottocapitolo e sono stati riportati degli esempi progettuali innovativi in tale settore.

Nel sesto capitolo si presenta lo scenario del generative design, detto anche design computazionale. Esso rappresenta un'esperienza progettuale, che sana la

dicotomia tra teoria e pratica, fondata sulla coesistenza della fase elaborativa e di quella produttiva. Nasce all'interno di un contesto socio-culturale dominato dall'avvento della tecnologia informatica, quale strumento di ricerca di fenomeni complessi, controllo degli stessi e produzione. Si può intendere quale approccio metodologico, fondato sul concetto di DNA⁶. Ed è proprio ispirandosi al concetto di DNA che sarebbe possibile definire una sorta di codice genetico del materiale-oggetto, per ripartire dallo stesso e generarne tanti diversi tra di loro, sebbene appartenenti ad una stessa specie. Le possibilità d'indagine della natura offerte dalle nanotecnologie hanno consentito l'evoluzione del design computazionale, che elabora software sempre più sofisticati in grado di ridurre le distanze fra naturale e artificiale. Si presentano all'interno del capitolo delle esperienze progettuali mostrate al C.STEM 2008⁷ e l'emblematico caso studio di nuovo generative design di Neri Oxman, alla quale è stato dedicato uno specifico sottocapitolo.

L'influenza della tecno-scienza sul design nell'attuale contesto socio-culturale e l'esigenza di una progettazione sostenibile, hanno orientato gli scenari presentati verso nuovi approcci e alla configurazione dello scenario del design della Tecno-Natura (cap.7), in grado di metabolizzare le innovazioni tecnologiche e proporre nuove soluzioni progettuali: materiali-dispositivi-oggetti che hanno una propria vita, interagiscono con l'ambiente e offrono nuove opportunità in termini di funzionamento, performance, sostenibilità e interazione tra soggetto e oggetto. Nello scenario della Tecno-Natura emerge una nuova figura quella del "designer scientist", il cui apporto consiste nell'attitudine ad afferrare il senso dei cambiamenti in atto negli ambiti della scienza, della tecnologia, dei comportamenti sociali e di tradurli in concept di progetto.

⁶ L'acido desossiribonucleico (DNA) è un acido nucleico che contiene le istruzioni genetiche per lo sviluppo e il funzionamento di tutti gli organismi viventi.

⁷ Un evento in cui sono stati esposti una selezione di progetti innovativi, che anticipano i futuri sviluppi tecnologici, esplorando la relazione tra design, programmazione e digital fabrication

Capitolo 1

Fra tecno-scienza e visioni di design

Le quattro rivoluzioni concettuali⁸ del XX secolo, che hanno posto le basi per un design fortemente condizionato e ispirato dalla tecnica e dalla scienza sono state: la Relatività, la Meccanica quantistica, la Teoria del Caos e la Microelettronica. Tali rivoluzioni, in modo differente, hanno orientato l'immaginario di design fino alla definizione di scenari futuribili.

Si può ritenere che nell'ambito del design la teoria della relatività e le connesse teorie sulla quarta dimensione e sull'importanza dell'osservatore, abbiano svolto un ruolo di spunto per un'esperienza definitasi alla fine degli anni '70, ovvero l'esperienza del "design primario"⁹.

Riconosciuta la necessità di rivedere tutti i quadri epistemici che negli anni precedenti avevano orientato la cultura del progetto, Il design primario dimostra che l'interazione sensoriale fra soggetto e oggetto era dominante fra i parametri di motivazione delle scelte di consumo e il materiale costituente il prodotto svolgeva una funzione primaria, sebbene incidesse sugli aspetti cosiddetti *soft*¹⁰.

L'esplorazione dei territori della sensorialità rappresentava un'avventura in quegli anni, ma nell'apparente libertà di creazione e di linguaggi si celava la necessità di elaborare nuovi strumenti operativi e nuove forme linguistiche, che saranno proprie delle

⁸ Thagard P., *Rivoluzioni concettuali, le teorie scientifiche alla prova della conoscenza artificiale*, Guerini, Milano 1999

⁹ Il termine viene impiegato da Clino Trini Castelli, in *Il lingotto Primario*, 1985 Milano

¹⁰ Clino Trini Catelli con Andrea Branzi e Massimo Morozzi nel 1972 svolge delle ricerche sulla cosiddetta "superficie reattiva" e sui cosiddetti aspetti "soft" di lettura e finitura dei materiali, si tratta delle prime manifestazioni della volontà di privilegiare la qualità del prodotto piuttosto che la forma

esperienze progettuali degli anni seguenti. Le proprietà espressivo-sensoriali dei materiali acquisiscono in questi anni un'importanza fondamentale per il prodotto di design e le categorie oppositive cardine della teoria della sensazione divengono strumenti essenziali per il progettista, poiché misurabili entro un sistema che ne rivela la connessione con le proprietà stabilite dall'ingegneria dei materiali¹¹.

La consapevolezza, generata dalla meccanica quantistica, che la conoscenza delle proprietà fisiche e chimiche dei materiali dipende dalla capacità di descrivere lo stato fisico delle particelle elementari che li costituiscono, che lo stato fisico del materiale è completamente descritto se si conoscono le leggi che governano il moto di queste particelle, porta alla definizione di una nuova disciplina: la Scienza dei Materiali. Essa si rivela negli anni una disciplina fondamentale per il design, che a seguito delle repentine scoperte deve confrontarsi con materiali aventi proprietà e funzionalità sempre più disparate. I materiali odierni acquisiscono un contenuto di informazione e di funzionalizzazione sempre più elevato, possono essere progettati per adattarsi a esigenze ed applicazioni anche molto complesse, e per avvertire e reagire a stimoli e sollecitazioni in modo sempre più simile ai sistemi viventi.

Tutto questo richiede nuove chiavi di lettura e nuovi strumenti cognitivi per approcciare alla scelta dei materiali più adatti a tradurre le volontà espressive del design e dell'arte. Si prefigura un design "ibrido" perché caratterizzato da entità materiali con proprietà tecniche ed estetiche inusuali, non catalogabili in un'identità materica intesa secondo i canoni consolidati; proprietà che sfuggono alle convenzionali classificazioni e categorie che si dissolvono fino a diventare evanescenti: legni morbidi, ceramiche liquide o flessibili, plastiche elettroluminescenti o biodegradabili ecc.¹²

Anche la teoria del Caos e la consapevolezza che essa regola la natura, diviene un forte spunto progettuale nei primi anni del secolo 900. La possibilità di studiare fenomeni naturali porta a metodi progettuali bioispirati che si configurano come possibilità di ridurre l'impatto ambientale generato dal prodotto finito.

La microelettronica e l'impetuoso sviluppo dei calcolatori sono fattori, infine, del cambiamento degli strumenti di progetto e hanno reso possibile l'introduzione nel processo progettuale della cosiddetta modellistica predittiva. Hanno dato avvio alla

¹¹ Rognoli V., Levi M., *Materiali per il design: espressività e sensorialità*, Milano 2005

¹² Carla Langella, DIGIMAG43/APR09

modellizzazione e simulazione, permettendo una verifica a priori del sistema oggetto o del materiale che si vuole progettare.

Si può ammettere dunque che gli sviluppi della microelettronica abbiano reso possibile lo studio di sistemi di complessità crescente ad un livello di accuratezza in passato irraggiungibile, divenendo pertanto supporti alle visioni progettuali scaturite anche dalle altre rivoluzioni.

Nel XX secolo le quattro rivoluzioni concettuali succitate hanno generato differenti visioni di design aventi quale filo conduttore *l'oggetto d'uso*, che per la sua molteplicità di forme e significati, affida al designer l'arduo compito del progetto. Tali visioni si sono configurate in tre scenari differenti, di seguito presentati, che nel corso del XXI secolo hanno avvertito l'inscindibile rapporto fra le innovazioni tecnico-scientifiche e quelle di prodotto cominciando ad assumere fisionomie differenti, convergenti verso un'unica visione, orientata alla ridefinizione del processo di innovazione progettuale.

1.1 Dalla teoria corpuscolare alle nanotecnologie

Sin dai tempi più remoti la cognizione che la materia visibile non sia solo massa casualmente formata, ha spinto verso lo studio di ciò che tiene insieme le cose che costituiscono il mondo, la *sostanza*. Tale concetto è stato fondamentale per tutti i filosofi e ha costituito, dai filosofi greci ai giorni nostri, il fulcro di ogni metafisica e il *luogo* di scambio tra il mondo filosofico e quello scientifico.

Nel mondo greco il concetto di *sostanza* è tanto presente nelle teorie filosofiche che consideravano la materia continua, Teorie Continuiste, quanto in quelle che la consideravano discreta, Teorie Corpuscolari.

La più antica teoria corpuscolare della materia di cui si abbia notizia nel mondo occidentale, è quella elaborata da Leucippo di Mileto, filosofo greco del V secolo a.C., sviluppata poi dal discepolo Democrito di Abdera e tramandata dal Poeta latino Tito Lucrezio Caro del I sec. d.C., nel suo poema “De Rerum Natura”. Alla base del pensiero di Democrito vi è una concezione materialistica e laica della realtà, secondo la quale la materia costituisce l’unica causa e l’unica sostanza delle *cose* e sostenendo il principio dell’indivisibilità della materia definisce atomi le “ultime” particelle della materia¹³.

Il pensiero elaborato da Democrito, sebbene ricomparirà in epoche successive, per molti anni viene considerato estremamente pericoloso e pertanto contrastato da numerosi filosofi e soprattutto dalla Chiesa.

Il filosofo e fisico maggiormente avverso nei confronti delle teorie meccanicistiche e pienamente accolto dalla Chiesa fu Aristotele di Stagira (384 - 322 a. C.) nella sua opera “ Fisica ”¹⁴.

Il Medioevo osteggiò fortemente la concezione materialista della realtà e l’atomismo, poiché le considerava forme intollerabili e demoniache di ateismo.

Soltanto nel XVII secolo si assiste al rilancio del sapere fondato sull’esperienza sensibile e pertanto ricominciano gli studi sulla materia. La rinascita del concetto greco

¹³ Parola greca (ἄτομος) che significa indivisibile. Secondo il filosofo greco tutte le cose si formano dall’aggregazione e o disgregazione degli atomi, la differenza della materia deriva dalla forma, dalla velocità e dal modo in cui gli stessi atomi si aggregano o disgregano.

¹⁴ Aristotele sostiene l’esistenza di due mondi distinti: quello celeste e quello terrestre. Il mondo celeste è incorruttibile ed inalterabile, è costituito da sfere concentriche, ognuna delle quali sostiene un pianeta, limitato dalla sfera delle stelle fisse. I moti delle sfere sono impressi da un motore primo immobile e sono eterni. Il mondo terrestre si trova al centro dell’universo ed è corruttibile ed alterabile; è un miscuglio dei vari elementi che si trovano nelle sfere concentriche della terra, dell’acqua, dell’aria e del fuoco.

di atomo viene attribuita a un uomo di chiesa, Pierre Grassendi¹⁵, vissuto fra il 1592 e il 1655, ad egli si deve l'attenuarsi della convinzione di un collegamento tra atomismo ed ateismo. Alla ricerca di una conciliazione tra filosofia e scienza, egli basò uno scetticismo metodico, che mette in dubbio e combatte tutte le *auctoritates* come Aristotele¹⁶. Si scaglia contro l'aristotelismo ed in generale contro il pensiero metafisico, che pretende di possedere un sapere necessario ed indiscutibile sulla natura delle cose, prescindendo dalla realtà di esse o quantomeno dal loro studio¹⁷.

La Chiesa prerinascimentale costituisce ostacolo per la conoscenza, finché non si diffondono strumentazioni e tecniche scientifiche in grado di confutare le teorie basate esclusivamente su speculazioni filosofiche.

Nel Cinquecento nasce l'Astronomia moderna e si abbandona l'inesatta ipotesi geocentrica. Copernico ipotizza un sistema eliocentrico descrivendo il moto dei pianeti in orbite circolari intorno al sole, conservando gli epicicli teorizzati anni prima da Tolomeo. Tra la fine del XVI secolo e l'inizio del XVII seguono rilevanti contributi di Brahe, Keplero, Galileo e Newton¹⁸.

Negli anni del Rinascimento si colloca l'invenzione del microscopio: uno strumento che permette all'occhio umano, per mezzo di una o più lenti, di osservare immagini ingrandite di oggetti molto piccoli, rendendo visibili i particolari affascinanti di mondi all'interno di mondi¹⁹.

Nel 1590 circa, due costruttori olandesi di occhiali, Zaccharias Janssen ed il figlio Hans, montando più lenti in un singolo tubo scoprono il primo rudimentale microscopio composto. Nel 1609, Galileo costruisce uno strumento di maggior qualità, dotato di un dispositivo di focalizzazione.

¹⁵ Pierre Grassendi fu abate, filosofo, matematico, teologo e astronomo.

¹⁶ Giovanni Villani, *La chiave del mondo Dalla filosofia alla scienza: l'onnipotenza delle molecole*, CUEN: Napoli, 2001 p.64

¹⁷ L'opposizione all'astrattezza logica e dialettica rispetto al conoscere gli enti del mondo reale porta Gassendi a ritenere ineludibile l'esperienza sensibile per qualsivoglia formulazione teorica. Partendo dalle riflessioni filosofiche di Democrito, riteneva però che gli atomi sebbene invisibili, non fossero privi di estensione ed erano divisibili matematicamente, ma non fisicamente.

¹⁸ A G.Galileo e I.Newton si deve rispettivamente l'introduzione del metodo sperimentale e l'elaborazione della teoria della Gravitazione Universale accompagnati dall'uso sistematico della matematica e dall'impiego delle strumentazioni tecniche sempre più sofisticate

¹⁹ Il microscopio semplice più antico era costituito soltanto da un tubo con una piastra per l'oggetto da osservare ad un'estremità e all'altra da una lente obiettivo in grado di dare un ingrandimento di circa dieci volte la dimensione reale.

Padre della microscopia è considerato comunque l'olandese ottico e naturalista Anton Van Leeuwenhoek²⁰. Ad egli si deve l'invenzione di nuovi metodi per la molatura e la lucidatura delle lenti, che erano molto piccole e di grande curvatura, in grado di offrire ingrandimenti fino a 270 diametri, il massimo conosciuto a quel tempo. Questo gli consente la costruzione di microscopi con i quali anni dopo saranno possibili le maggiori scoperte nel campo della microbiologia del tempo. Egli infatti, per primo, vidrà e descriverà i batteri, il lievito, la vita presente in una goccia d'acqua e la circolazione di corpuscoli sanguigni in vasi capillari.

Nel corso del XIX secolo in concomitanza con le ricerche sui fenomeni elettrici e magnetici e al perfezionamento degli strumenti ottici, si assiste a un evolversi delle conoscenze nel campo della chimica.

Il primo scienziato a proporre una teoria atomica moderna basata, infatti, sull'indagine scientifica e non solo sulla riflessione filosofica, è l'inglese chimico e Fisico John Dalton, vissuto fra il 1766 e il 1844. Egli per primo cerca di descrivere l'atomo basandosi su due delle leggi fondamentali della chimica la *Legge di conservazione della massa*²¹ elaborata da Antoine Lavoisier nel 1774 e la *Legge delle proporzioni definite*²² di Joseph Proust elaborata nel 1799; nel 1808 lo stesso Dalton definisce la terza la *Legge delle proporzioni multiple*²³.

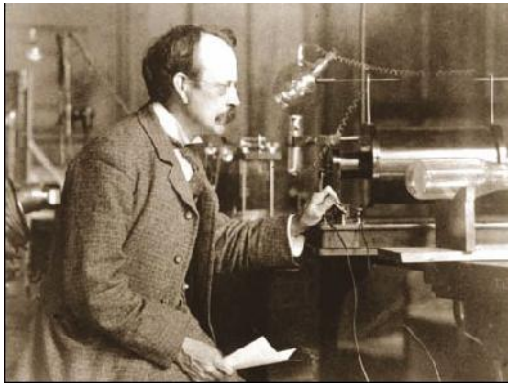
Sebbene queste leggi avessero chiarito in parte il comportamento degli atomi soltanto nel 1897 Thompson, riesce a scoprire l'esistenza degli elettroni, particelle molto piccole con carica negativa ed elabora il primo modello di atomo definito "a panettone" perché prevedeva una massa positiva all'interno della quale erano immersi gli elettroni.

²⁰ Anton van Leeuwenhoek vissuto fra il 1632-1723, inizia a lavorare come apprendista in un deposito di stoffe, dove le lenti d'ingrandimento venivano normalmente utilizzate per contare i fili nella trama del panno.

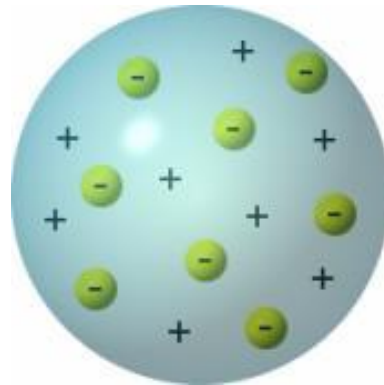
²¹ *Legge di conservazione della massa*: In una reazione chimica, la somma delle masse delle sostanze di partenza è pari alla somma delle masse delle sostanze che si ottengono dalla reazione.

²² *Legge delle proporzioni definite*: quando due o più elementi reagiscono, per formare un determinato composto, si combinano sempre secondo proporzioni in massa definite e costanti.

²³ *Legge delle proporzioni multiple*: quando due elementi si combinano tra loro per formare dei composti, una certa quantità di un elemento si combina con quantità multiple dell'altro che stanno tra loro come numeri piccoli e interi.

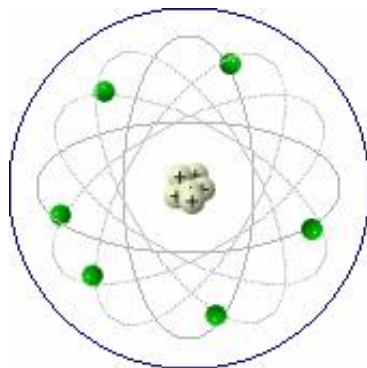


Il fisico inglese Joseph John Thomson

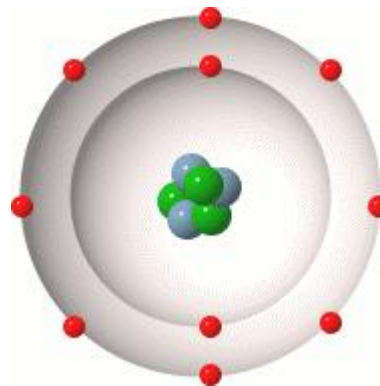


Il modello atomico "a panettone"

Nel 1903 Richard Zsigmondy sviluppa l'ultramicroscopio che permette lo studio di oggetti al di sotto della lunghezza d'onda della luce²⁴. Più tardi nel 1911 Rutherford scopre il protone, circa 2000 volte più grandi dell'elettrone e caricato positivamente²⁵ e confutando il modello atomico "a panettone" propone il nuovo modello tuttora accettato, secondo il quale l'atomo assume l'aspetto di un minuscolo sistema planetario.



Modello atomico di Rutherford



Modello atomico di Bhor

Nel 1913 Bohr ipotizza l'esistenza di orbite, definite da numeri quantici all'interno delle quali gli elettroni potevano muoversi senza perdere energia.²⁶

²⁴ Richard Zsigmondy nel 1925 vince per questa scoperta il premio Nobel per la chimica.

²⁵ Bombardando una sottilissima lamina d'oro con particelle *alfa* (protoni), grazie ad un rivelatore di queste particelle Rutherford riuscì a stabilire la corretta disposizione delle particelle all'interno dell'atomo. Si accorse che la maggior parte delle particelle positive passava indenne attraverso la lamina, mentre poche venivano deviate o respinte. Questo fenomeno poteva essere giustificato ammettendo che l'atomo dovesse essere sostanzialmente vuoto: la gran parte della massa, costituita dai protoni positivi, era concentrata in un piccolissimo nucleo centrale, attorno al quale ruotavano gli elettroni negativi con orbite simili a quelle dei pianeti che girano attorno al Sole. Proprio perché l'atomo è sostanzialmente vuoto permette il passaggio delle particelle alfa; le poche particelle che intercettano il piccolo nucleo, avente la carica dello stesso segno delle particelle alfa, sono respinte o deviate.

²⁶ Le ricerche nell'ambito della materia a livello atomico proseguono: nel 1931 il fisico Tedesco Wolfgang Pauli scopre l'esistenza di una particella neutra e appena un anno dopo Chadwick conferma

Nel 1933 il fisico tedesco Ernst Ruska inventa il microscopio elettronico, che consente di utilizzare gli elettroni e non la luce visibile per osservare un oggetto e permette di osservare oggetti piccoli quanto il diametro di un atomo.

La fisica del Novecento conferma la validità dell'atomismo come tesi filosofica fondamentale per ogni studio sul mondo materiale e attrae l'interesse di numerosi studiosi. Il pensiero materialistico ed ogni altro ad esso assimilabile devono confrontarsi con la costituzione atomica della materia attraverso i suoi sottocostituenti, che a poco a poco vengono alla luce sempre più numerosi²⁷.

Nella prima metà del XX si colloca la nascita della meccanica quantistica, a riprova delle inesattezze della meccanica classica, vengono elaborate un complesso di teorie fisiche che descrivono il comportamento della materia a livello microscopico, a scale di lunghezza inferiori o dell'ordine di quelle dell'atomo o ad energie nella scala delle interazioni interatomiche. Le nuove teorie permettono di interpretare e quantificare numerosi fenomeni fisici.

Sulle basi scientifiche consolidate della meccanica quantistica, nella seconda metà del XX germogliano nuove filosofie di pensiero che in breve tempo, con l'ausilio dell'evoluzione tecnica del microscopio, portano alla scoperta che rivoluzionerà il XXI secolo: il nanocosmo.

Esso si rivela un campo di potenzialità elevata per tutti i settori scientifici.

Nel 1959 nel corso di una famosa conferenza dal titolo *"There's plenty of room at the bottom"*²⁸ lo scienziato statunitense Richard Feynman avanza l'ipotesi che dal mondo dell'ultra-piccolo sarebbero potuti arrivare grandi cambiamenti a livello macroscopico. Quest'idea, che sembrava molto strana e utopistica in quegli anni, diventerà possibile anni dopo grazie all'invenzione del microscopio a scansione a effetto tunnel da parte di Gerd Binnig e Heinrich Rohrer. Il nuovo microscopio, per il quale i due fisici ottennero il Nobel per la fisica nel 1986, fornisce immagini tridimensionali al livello atomico della superficie dei campioni esaminati. È costituito da una sottilissima punta metallica che sonda il campione da esaminare a una distanza

l'esistenza di una nuova particella atomica che chiamerà neutrone, particella priva di carica elettrica, con massa paragonabile a quella del protone, localizzata nel nucleo.

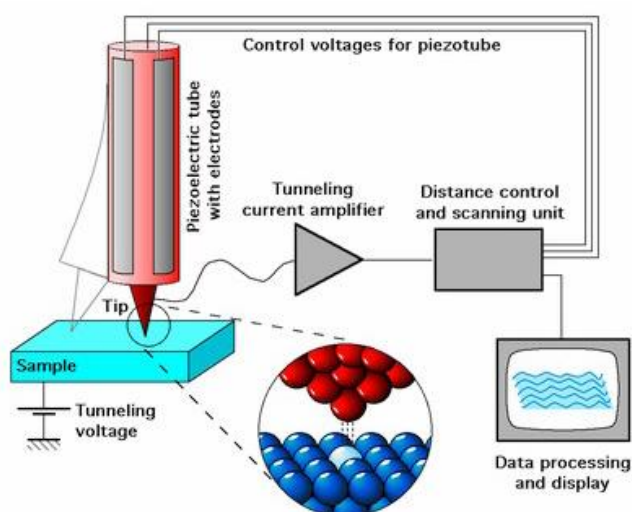
²⁷ Nel 1953 Enrico Fermi, conferma l'esistenza di un'altra particella neutra e la battezza con il nome italiano di "neutrino"

²⁸ Durante il congresso annuale della *American Physical Society* utilizza il termine.

Feynman R.P.: *There's plenty of room at the bottom. Caltech's Engineering and Science*, Vol. 23, 1960, p. 22-36

dalla superficie dell'ordine del decimo di nanometro. Tra la sonda e il campione, che deve essere necessariamente un materiale conduttore, è applicata una differenza di potenziale, che produce una corrente elettrica di intensità proporzionale alla distanza sonda-campione; dalle variazioni dell'intensità di corrente si risale alle irregolarità della superficie del campione, vale a dire alle sue caratteristiche morfologiche. Un amplificatore rende leggibili tali variazioni, che sono solitamente piccolissime in confronto alla tensione applicata.

La sonda si muove lungo i due assi x e y, in modo da fornire un'immagine tridimensionale del campione.



Schema microscopio a scansione a effetto Tunnel
 Tratto da www.wikipedia.org

Feynman durante la conferenza aveva suggerito un modo per sviluppare l'abilità di manipolare atomi e molecole direttamente, il cosiddetto *scale-down*. Il metodo consisteva nel progettare una serie di macchine utensili in scala 1:10, quindi utilizzarle per sviluppare e controllare la generazione successiva di utensili, in scala 1:100, e così via. Con il ridursi delle dimensioni, era necessario ridisegnare alcuni utensili, a causa del fatto che il rapporto tra le varie forze era cambiato. Per dimensioni sempre minori, il contributo della gravità diventa sempre meno preponderante, mentre diventa determinante il contributo della tensione superficiale e delle forze di Van der Waals. Nel 1974 Norio Taniguchi conia il termine "nanotecnologie", che sarà esplicito meglio nel

1986²⁹ da Kim Eric Drexler, che lo utilizzerà nel suo libro intitolato “Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology”³⁰.

Si può affermare dunque che l’invenzione del STM- *Scanning Tunnel Microscope* segna l’inizio dell’epoca delle nano scienze. L’invenzione permette di sondare la materia con risoluzioni superiori al miliardesimo di metro e si apre la possibilità di interagire con i singoli atomi.

Le potenzialità prospettate sono tanto elevate da attrarre in breve tempo l’interesse di svariati settori di ricerca scientifici e non solo.

²⁹ Nello stesso anno Smalley scopre i fullereni; Gerd Binnig, Heini Rohrer e Carl Quate inventano l’AFM, Atomic force microscopi.

³⁰ Nel quarto capitolo, Drexler introduce il concetto di autoreplicazione. Come le cellule costruiscono copie di sé per riprodursi, così anche i robot molecolari progettati dall’uomo potrebbero autoreplicarsi. Come conseguenza, si avrebbe che dopo gli investimenti iniziali sulla progettazione e costruzione del primo robot molecolare capace di auto-replicazione, i costi dei successivi robot sarebbero stati trascurabili. Questi stessi robot con capacità generiche (chiamati assemblatori) potrebbero quindi costruire oggetti più specializzati, utilizzando come materie prime per la produzione: atomi, energia, il progetto software, e il tempo.

1.2 Il panorama scientifico fra il XX e il XXI secolo

I condizionamenti reciproci tra i progressi di carattere tecnico e scientifico da una parte e la società in cui essi si sviluppano, hanno consentito nel corso della storia l'individuazione di periodizzazioni, ciò è risultato più complesso nel XX secolo, genericamente considerato il secolo di straordinario progresso, perché la rapidità con cui le scoperte tecnico-scientifiche e gli eventi di configurazione sociale si sono susseguiti, non hanno consentito l'affermazione di un segno di riconoscibilità.

Fra le rivoluzioni concettuali³¹ nella storia della scienza, più significative del XX secolo, possibili grazie all'uso sempre più intensivo delle sofisticate strumentazioni tecniche, si individuano: la Relatività e la Meccanica quantistica nel primo cinquantennio e la Microelettronica e la Teoria del Caos nella seconda metà del secolo. Queste rivoluzioni, sebbene abbiano avuto il loro alveo nell'ambito scientifico sono state fautrici di significativi cambiamenti sul metodo e sui presupposti della ricerca in tutte le discipline anche quelle umanistiche.

Negli ultimi anni del secolo, dopo un lungo periodo di sfrenata ricerca, compaiono i primi segnali di un interesse per la salvaguardia delle risorse ambientali, compromesse da un incontrollato progresso scientifico. I ricercatori puntano la propria attenzione su tematiche quali la minimizzazione delle risorse, la riduzione dei consumi energetici, l'ottimizzazione della vita utile di un prodotto e la riduzione di CO₂. Sono proprio queste le tematiche che dominano le ricerche alla fine del XX secolo e si protraggono ad oggi.

La Relatività

Nei primi anni del secolo '900 A. Einstein definisce la cosiddetta "Teoria della relatività", secondo la quale è necessario considerare la realtà in cui viviamo, come uno spazio a quattro dimensioni dove la quarta dimensione, inseparabile dalle altre, è costituita dal tempo. Questa teoria pone in crisi un presupposto fondamentale della scienza, ovvero che esperimenti in condizioni identiche portino a risultati identici. Poiché infatti lo spazio e il tempo non sono costanti, un esperimento è precisamente localizzato nelle sue coordinate spazio-temporali. Ciò fa vacillare, a livello

³¹ Thagard P., *op.cit.*

epistemologico, l'idea di una scienza che scopre leggi eterne, evidenziandone invece la dipendenza dalla storia del mondo fisico e, ad un secondo livello di riflessione, dalla storia della scienza.

Viene così negata l'acritica assunzione di teorie e risultati passati, che aveva permesso la continua accumulazione delle scoperte scientifiche.

Einstein, convinto della necessità ed inseparabilità della teoria astratta, da una parte e della verifica empirica dall'altra, considera la realtà fisica dipendente dall'osservatore, introducendo nel dibattito epistemologico elementi di discussione molto forti, circa il ruolo da esso svolto.

La meccanica quantistica

La meccanica quantistica nasce quale risposta agli interrogativi non risolti dalla meccanica classica, per spiegare fenomeni e proprietà della materia a livello microscopico. La formulazione matematica della meccanica quantistica viene compiuta il 1927 per opera del fisico tedesco W.Heisenberg (1901-1976) e dell'austriaco E.Schrödinger (1887-1961) con "Il principio di indeterminazione"³², ma è preceduta da una teoria definita in letteratura provvisoria "La teoria dei quanti"³³, formulata nel 1900 dal fisico tedesco M. Planck (1858-1947). Lo stesso Planck non considerava definitiva l'introduzione del quanto di energia, ma lo riteneva un mero artificio di calcolo per ricavare la curva che descrive l'emissione dei corpi caldi; quando però questo risulterà utile per spiegare fenomeni non descrivibili altrimenti, la teoria dei quanti viene accettata e costituisce la base concettuale sulla quale si sviluppa la meccanica quantistica.

La meccanica quantistica suscita un dibattito scientifico e filosofico amplissimo, in quanto presenta aspetti concettuali che rivoluzionano concezioni scientifiche e opinioni del senso comune, consolidate da secoli di storia. Svela un nuovo livello di realtà, il mondo di incertezza intrinseca, un mondo di possibilità. Due, in particolare, sono stati gli aspetti sui quali si focalizza la discussione: la natura statistica della nuova fisica e il

³² Il principio afferma che in un qualunque sistema fisico la misura simultanea di due variabili canoniche coniugate q e p è soggetta a una limitazione intrinseca di precisione: se indichiamo con Dq e Dp le imprecisioni delle due misure, queste sono legate dalla relazione di indeterminazione

³³ Planck, nel tentativo di spiegare la radiazione emessa da un corpo perfettamente assorbente, detto "corpo nero", introdusse il concetto di quantizzazione dell'energia della radiazione elettromagnetica, per cui l'energia può assumere solo valori multipli interi di un valore fondamentale, detto quanto.

dualismo tra onde e corpuscoli che essa introduce. La teoria quantistica non era in grado di determinare con precisione il comportamento di una particella atomica, poteva soltanto effettuare una previsione statistica circa il suo movimento in determinate condizioni. La caduta del determinismo, mette in difficoltà l'ideale di scienza che aveva dominato fino a quegli anni e le complessive convinzioni scientifiche del periodo.

La Microelettronica

Ad opera di Giovanni Ambrogio Fleming e di Lee De Forest nei primi anni del 1900, compaiono i primi dispositivi elettronici, i tubi a vuoto, impiegati nel 1943-1945 per la realizzazione di un *computer* digitale, l'ENIAC e nell'ambito delle telecomunicazioni per la realizzazione di apparati radio e *radar*.

La vera rivoluzione dell'elettronica ebbe inizio nel 1947 con la nascita del primo *transistor* a semiconduttore ad opera di tre ricercatori: W.Shockley, W.Brattain e J.Bardeen, dei laboratori Bell. Il nuovo dispositivo aprì la strada alla microelettronica e all'elettronica dei componenti miniaturizzati.

Nel 1955, sempre presso i laboratori Bell, viene realizzato il primo *computer*³⁴. L'integrazione su larga scala prenderà l'avvio nel 1958-1959 con l'invenzione dei primi circuiti integrati presso la *Texas Instruments* e la *Fairchild*.

Il 1971 è un'altra data importante per l'elettronica poiché presso l'Intel, oggi azienda *leader* nel campo dell'elettronica viene proposto e realizzato il primo microprocessore ad opera di F.Faggin, T. Hoff e altri, l'Intel 4004³⁵.

A partire da questa data l'evoluzione dei microprocessori diviene estremamente rapida, fino ai più recenti Pentium con più di 30 milioni di transistor.

L'avvento della microelettronica ha avuto come immediata conseguenza un rapido sviluppo della telematica e dell'informatica, mutando definitivamente i sistemi di comunicazione e ha costituito la base per le cosiddette scienze computazionali.

La Teoria del Caos

Negli anni '50 e '60 il matematico e filosofo francese René Thom elabora la "Teoria delle Catastrofi" per mezzo della quale avrebbe potuto modellare

³⁴ Il primo computer, denominato TRADIC, a soli transistori sostituì definitivamente i tubi a vuoto.

³⁵ Il 4004 conteneva 4004 transistori e poteva processare 60.000 operazioni per secondo.

matematicamente le alterazioni topologiche che caratterizzano i mutamenti discontinui nei fenomeni fisici e biologici. Questa teoria apre la strada, alla fine degli anni sessanta, alle teorie delle strutture dissipative di Ilya Prigogine³⁶ e successivamente, grazie all'avvento dei calcolatori elettronici, alla "Teoria del Caos". Nel 1979, durante la Conferenza annuale dell'*American Association for the Advancement of Science* il fisico Edward Lorenz espone una relazione in cui ipotizza come il battito delle ali di una farfalla in Brasile, a séguito di una catena di eventi, può provocare una tromba d'aria nel Texas, a questa ipotesi è stato dato il nome di "*Butterfly effect*".

Nel corso di un programma di simulazione del clima, Lorenz presenta una simulazione climatica che si basa su dodici variabili e nota che ripetendo la stessa simulazione con valori leggermente diversi l'evoluzione del clima elaborata dal computer si discostava nettamente dai risultati precedenti.

Queste osservazioni hanno portato allo sviluppo della "Teoria del Caos" che pone limiti definiti alla prevedibilità dell'evoluzione di sistemi complessi non lineari³⁷.

È impossibile prevedere il comportamento che un sistema caotico avrà dopo un intervallo di tempo anche piuttosto breve. Per calcolare il comportamento futuro di un sistema caotico, è necessario determinare i valori delle condizioni iniziali.

D'altra parte, nel caso di un sistema complesso non lineare, data la grande sensibilità del sistema stesso agli agenti che lo sollecitano, un piccolo errore nella misura delle condizioni iniziali, oppure una modifica apparentemente irrilevante dei dati immessi può produrre un radicale cambiamento dei risultati. Questo significa che i dati relativi alle condizioni iniziali dovrebbero essere misurati con accuratezza teoricamente infinita, ma ciò è praticamente impossibile. Quanto detto spiega perché molti sistemi, sebbene descritti con equazioni deterministiche della fisica, ed elaborate con raffinate tecniche di calcolo eseguite da *computer*, producono risultati molto approssimativi. Il *Butterfly effect* in conclusione, tralasciando gli aspetti matematici intrinseci e operativi, è comunque un'espressione che identifica un concetto al quale è necessario porre attenzione, ovvero indica come nella maggior parte dei sistemi biologici, chimici, fisici,

³⁶ Fisico e chimico nasce a Mosca il 25 gennaio 1917 e scompare nel 2003.

³⁷ Nei sistemi lineari, una piccola variazione nello stato iniziale di un sistema fisico, chimico, biologico, o economico provoca una variazione corrispondentemente piccola nel suo stato finale. Al contrario, sono non lineari le situazioni di un sistema in cui piccole differenze nelle condizioni iniziali producono differenze non prevedibili nel comportamento successivo. Un sistema infine può anche comportarsi in modo caotico in certi casi e in modo non caotico in altri.

economici e sociali, esistano degli elementi che, apparentemente insignificanti, siano in grado, interagendo fra loro, di propagarsi e amplificarsi provocando effetti catastrofici. Questi elementi, e perché trascurati, e perché imprevedibili, e perché non individuabili, costituiscono il dilemma del nostro secolo giacché, come abbiamo visto, possono condurci alla definizione di un modello, ma non a conclusioni definitive e sicuramente corrette.

Si definisce dunque sistema complesso un sistema in cui gli elementi subiscono continue modifiche singolarmente prevedibili, ma del quale non è possibile, o è molto difficile, prevedere uno stato futuro. Sono sistemi complessi la natura, i sistemi sociali, i sistemi economici ecc. Le principali caratteristiche associate alla complessità riguardano la presenza di numerosi elementi interagenti, la non linearità delle interazioni, la comparsa a livello globale di proprietà emergenti e la capacità di auto-organizzazione. Un sistema complesso è organizzato gerarchicamente ed è capace di evolversi e adattarsi in modo da esibire proprietà innovative. L'autorganizzazione non è imposta dall'esterno, ma emerge spontaneamente dall'evoluzione del sistema stesso come funzione della sua dinamica. La natura è per eccellenza un sistema complesso, a seguito dell'innovazione tecnologica dirompente, ha dovuto far fronte ai numerosi cambiamenti, cercando di evolversi ed adattarsi, ma sono proprio questi cambiamenti, così repentini negli ultimi anni, che hanno aumentato il grado di complessità degenerando spesso in problematiche di carattere ambientale non più arginabili dalle capacità intrinseche della natura.

Il dilemma della scienza di fine secolo diviene appunto gestire sistemi complessi, imprevedibili nel tempo e nello spazio.

Il dibattito culturale generato dalle rivoluzioni presentate, è sfociato in differenti visioni e approcci di design che hanno portato alla definizione di tre scenari, tutti con una particolare attenzione per il materiale, che alla luce degli accelerati sviluppi tecnologici, diviene progettabile e si carica di nuovi significati.

Gerd Binnig³⁸, riferendosi all'attuale momento culturale, nella prefazione al testo di Niels Boeing "L'invasione delle nanotecnologie"³⁹, afferma:

³⁸ Inventore insieme a Heinrich Rohrer del microscopio a scansione a effetto tunnel.

³⁹ Niels Boeing, *L'invasione delle nanotecnologie*, Azzate (Va) 2006

«[...] l'uomo è testimone e creatore di una seconda genesi, una nuova fondamentale evoluzione delle strutture della materia che ancora non siamo in grado neppure di nominare. Però sappiamo benissimo di trovarci a questa svolta epocale, e lo sappiamo proprio perché possiamo osservare e formare strutture sempre più sottili e raffinate, addentrandoci fino alla sfera atomica. Quest'ambito è chiamato nanoscienza e, quando sfocia in prodotti nanotecnologie».

Le possibilità di studiare la composizione della materia a scala subatomica e di progettare, determina una svolta all'idea di progetto. La nanoscienza si configura quale macroinvenzione⁴⁰ del XXI secolo, capace di fornire soluzioni innovative in diversi settori di ricerca, che studiano i fenomeni e la manipolazione di materiali su scala atomica.⁴¹

Gli orizzonti applicativi prospettati dalle nanoscienze applicate, ovvero dalle nanotecnologie, sono innumerevoli e derivano dal fatto che le proprietà dei materiali di dimensioni nanometriche o strutturati su scala nanometrica⁴² possono differire notevolmente da quelle osservate per i materiali "massivi". A questi livelli di dimensioni, cioè nanometri e centinaia di nanometri, i comportamenti e le caratteristiche della materia cambiano drasticamente ed è possibile pertanto cercare di produrre nuovi materiali che abbiano delle prestazioni notevolmente migliorate o del tutto nuove.

Le nanotecnologie dunque sono da intendersi quale insieme di tecnologie di base in grado di innescare lo sviluppo di un nuovo approccio progettuale.

Gli investimenti economici nel campo delle nanoscienze crescono in modo sostenuto dal 2000, da quando gli Stati Uniti hanno lanciato il loro programma milionario di investigazione sulle nanotecnologie *National Nanotechnology Initiative*, seguito da molti altri paesi del mondo. Tale programma destinava circa un terzo del *budget* per obiettivi specificatamente militari e ciò ha indotto a valutare con titubanza i reali fini positivi che la ricerca realmente prospetta.

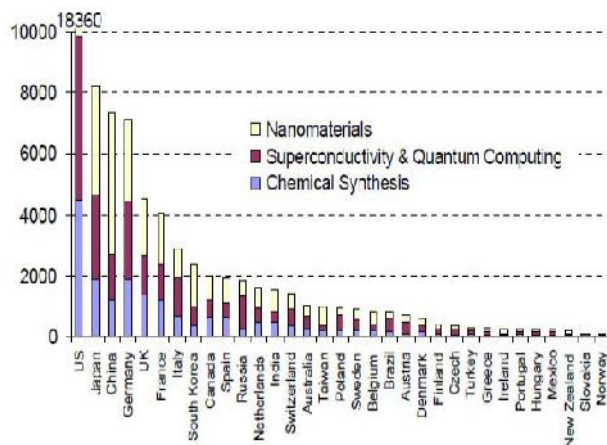
L'*input* statunitense però è stato recepito positivamente da un gran numero di centri di ricerca e di aziende volte a sfruttare le potenzialità delle nanotecnologie in ambiti quali la sostenibilità del prodotto, l'efficienza, il risparmio energetico e in

⁴⁰ M. Ferrara, *op. cit.*

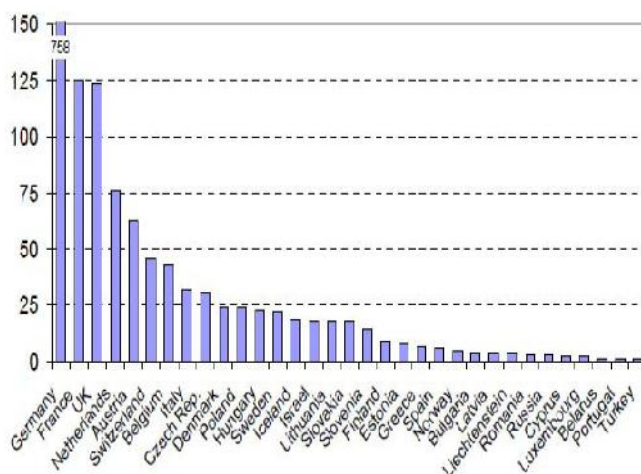
⁴¹ Prof. Francesco D'Agostino Presidente del Comitato nazionale per la Bioetica. Tratto da: www.governo.it

⁴² Il prefisso "nano" indica 10^{-9} , ossia un miliardesimo di unità (= 0,000000001). Un nanometro (nm) equivale quindi ad un miliardesimo di metro

generale in prodotti di consumo civile, ma sono ancora frequenti le polemiche sui possibili benefici e sui beneficiari e gli elevati costi richiesti per la ricerca costituiscono un freno per molti governi. Esistono già da alcuni anni prodotti derivanti dall'applicazione delle nanotecnologie, essi hanno dimostrato la propria competitività rispetto ai prodotti convenzionali, si citano i procedimenti per potabilizzare, desalinizzare e decontaminare l'acqua, per convertire la luce solare in energia elettrica o per realizzare diagnosi mediche più rapide, sicure ed *in situ*, inviare farmaci direttamente alle cellule o ad organi malati, realizzare impianti e protesi rivoluzionarie ecc., ma la titubanza relativa al loro effettivo impiego deriva principalmente dalla poca informazione fornita in merito agli effetti che tali tecnologie possono generare sulla salute. È da osservare inoltre che, se nei secoli trascorsi si è assistito più volte al passaggio dalla scoperta scientifica all'applicazione tecnica in modo poco vigile ai risvolti futuri, tanto da generare problematiche alle quali oggi si cerca di porre rimedio, quali la questione del risparmio energetico, l'inquinamento nelle sue diverse forme ecc. Le nanotecnologie, sviluppatesi in un contesto culturale multidisciplinare, sensibile in prima istanza proprio alle succitate problematiche, si configurano quale scienza tecnica consapevole e il freno posto al loro impiego, su scala diffusa è da interpretare piuttosto quale prudenza, dovere della scienza. Come dimostrano i diagrammi sotto riportati le pubblicazioni scientifiche in materia di nanotecnologie e le istituzioni interessate sono cresciute in tutto il mondo in modo sostenuto dal 1999 al 2004 e l'Italia si trova rispettivamente al settimo e ottavo posto.



Tratto da: Igami 2006 Science Citation Index 1999-2004
 Analisi condotte dal NISTEP *National Institute of Science and Technology Policy* nel 2006



Tratto da: Nanoforum Database del 2005

La questione della criticità delle nanotecnologie resta comunque dibattuta in tutto il mondo, ma come tutte le tecnologie critiche è al vaglio di un vasto numero di esperti. In molti paesi europei ed extraeuropei, dove si è aperto il dibattito sulla prospezione tecnologica⁴³, le nanotecnologie sono fra le tematiche maggiormente prese in considerazione, poiché le potenzialità prospettate sono tanto elevate da volere giungere prima possibile a delle opinioni certe sui reali impieghi.

La definizione delle tecnologie più innovative e non critiche è una controversia esistente a partire dalla fine degli anni '80; è diventata in questi anni uno dei problemi centrali delle politiche pubbliche di sostegno all'innovazione e delle strategie delle imprese operanti nei settori più direttamente interessati da processi innovativi di origine

⁴³ La prospezione tecnologica si è affermata negli anni '80 dopo l'abbandono delle tecniche di previsione tecnologica fino ad allora usate, ma soprattutto sull'onda dell'esperienza giapponese⁴³. Infatti l'Agenzia nipponica per la scienza e la tecnologia (STA) ha realizzato la sua prima indagine prospettica nel 1970 e da allora ogni 5 anni lancia una nuova iniziativa basata sul metodo Delphi⁴³. Inoltre altre istituzioni pubbliche, fra cui il Ministero dell'industria e del commercio (MITI) realizzano indagini settoriali ricorrendo anche ad altre metodologie. Negli Stati Uniti accanto ai primi esercizi di prospezione tecnologica realizzati dal *Department of Defence* negli anni '80 in relazione alle iniziative cui si è accennato, sono da ricordare altri progetti lanciati dal *Departement of Commerce* (1990), dal *Council on Competitiveness* (1991) e dall'*Office of Science and Technology Policy*, ma anche da alcuni enti industriali operanti nell'elettronica e nell'aerospaziale a dimostrare la possibilità di utilizzare un ampio ventaglio di metodologie con obiettivi più limitati. In Europa solo la Francia ha iniziato nella prima metà degli anni '80 ad occuparsi di questi temi con alcune iniziative di un certo peso i cui risultati sono stati utilizzati per individuare i temi prioritari sia all'interno di istituzioni pubbliche di ricerca come il Cnrs, sia nell'ambito dei programmi nazionali di ricerca. In Gran Bretagna, nella seconda metà degli anni '80, sono stati realizzati vari studi a carattere sperimentale (Martin, 1993) In particolare il *Department of Trade and Industry* (DTI) ha sviluppato nel 1987 un modello a matrice che è stato seguito anche dal *Science and Technology Assesment Office*, mentre l'*Advisory Council on Science and Technology* ha privilegiato un approccio per settori (ACOST 1994). Nessuno di questi tentativi è tuttavia arrivato a concretizzarsi in analisi su scala generale e nazionale, mentre sul piano metodologico sono state evidenziate numerose carenze che, di fatto, hanno bloccato per alcuni anni ogni iniziativa in proposito.

scientifico. Questo ha provocato da un lato il proliferare di nuove discipline e dall'altro una crescente complessità in molti settori che hanno assunto caratteri marcatamente interdisciplinari⁴⁴, dovuto tra l'altro a un forte processo di interconnessione internazionale delle attività di ricerca reso possibile sia dalle tecnologie informatiche e delle telecomunicazioni, sia dai cambiamenti intervenuti nei sistemi economici, sociali e politici.

Rispetto a questo cambiamento di condizioni i governi e i responsabili nazionali della ricerca pubblica, i dirigenti delle imprese e i laboratori di ricerca, si sono trovati costretti ad affrontare il problema dell'impossibilità di finanziare tutte le potenziali iniziative di ricerca e quindi di dover operare delle scelte⁴⁵. Una prima conseguenza di questa evoluzione è che nella terminologia corrente si è cominciato a distinguere il termine di tecnologie avanzate o tecnologie innovative e quello di tecnologie critiche⁴⁶.

In Italia l'unica iniziativa importante nell'ambito della definizione delle tecnologie critiche è stata attivata nel 1995 dall'AIRI, Associazione Italiana per la Ricerca Industriale, nata nel 1974 attraverso la costituzione di commissioni di esperti tra i propri associati che ha portato all'identificazione di 94 tecnologie prioritarie per l'industria italiana, come fattore di sviluppo del futuro e fra queste ha individuato le nanotecnologie. L'AIRI è stata inoltre la prima associazione a costituire sin dal 2003 al suo interno Nanotec IT – Centro Italiano per le Nanotecnologie – centro autonomo di

⁴⁴ Rottura dei confini interni secondo l'interpretazione di Martin e Irvin (1989).

⁴⁵ Questo problema si è aggravato negli anni con le spinte verso la riduzione dei bilanci pubblici, ormai presenti in tutti i paesi occidentali, e con la crescente necessità per i ricercatori di molti paesi e di molte imprese di dimostrare il *value-for-money*, cioè di provare la redditività dell'investimento finanziario realizzato dalla collettività nel sostenere finanziariamente i singoli progetti.

⁴⁶ Il concetto di tecnologie critiche è nato negli Stati Uniti in ambito militare nella prima metà degli anni '80 in relazione alla necessità di assicurare il controllo delle esportazioni. Infatti poiché le tradizionali liste di prodotti da sottoporre al controllo presentavano una serie evidente di inconvenienti, una legge del 1979 spostò l'attenzione dai prodotti alle tecnologie e il controllo dal *Department of Commerce* a quello della *Difesa*. Una lista non classificata di tecnologie critiche militari fu pubblicata tuttavia solo nel 1984 e una definizione puntuale fu offerta da una legge del 1989 che ha definito come critiche "le tecnologie la cui messa a punto è necessaria per assicurare nel tempo la superiorità qualitativa dei sistemi d'arma degli Stati Uniti". L'anno successivo, la pubblicazione della lista, prevista con cadenza annuale dalla stessa legge, fornì l'occasione per un ampliamento dei criteri da usare con l'esplicito riferimento alle tecnologie in grado di rafforzare la base industriale. Il caso americano rileva come il concetto di criticità possa essere soggetto a forti mutamenti e come sia necessario definire con grande rigore i criteri da utilizzare per individuare le tecnologie critiche. Il successo di questa nuova terminologia ha portato in questi anni ad una certa proliferazione di liste di tecnologie critiche, fra le quali in alcuni paesi si rileva la presenza delle nanotecnologie. Questo ha consentito però di migliorare enormemente le tecniche di rilevazione e analisi per cui le liste di tecnologie critiche oggi non sono quasi più il risultato del lavoro di piccoli gruppi di studiosi ed esperti, ma sono al contrario uno dei risultati possibili di più importanti e complessi esercizi di prospezione tecnologica.

Airi con funzioni di agenzia pubblica assimilabile a quelle esistenti in altri Paesi, a proporre pubblicamente la necessità di una Iniziativa Nazionale sulle Nanotecnologie in Italia (INN); oggi lavora con le Istituzioni italiane ed europee per creare le opportune sinergie per uno sviluppo responsabile delle nanotecnologie.

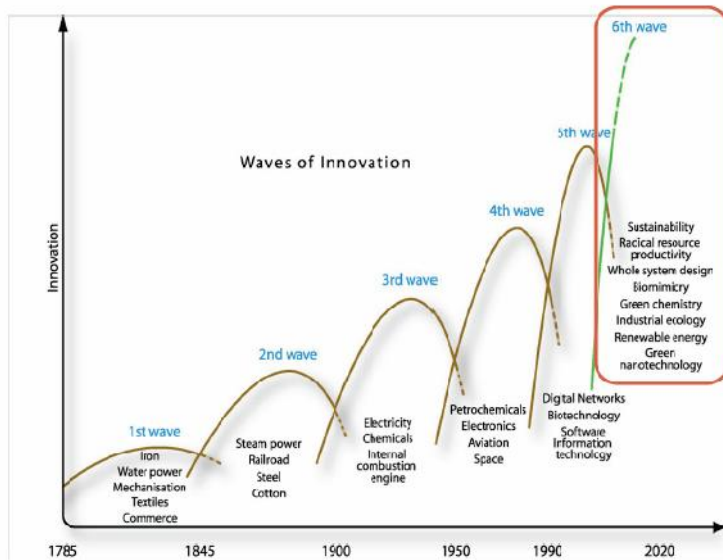
All'AIRI, al Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e a Veneto Nanotech si deve per esempio l'istituzione di NanotechItaly⁴⁷, il convegno internazionale che costituisce appuntamento annuale dal 2008 dedicato alle nanotecnologie al quale partecipano rappresentanti delle più importanti realtà italiane impegnate nel settore ed esperti di fama riconosciuta provenienti da vari paesi.

L'interesse rivolto alle tecnologie a scala nanometrica in tutto il mondo dunque confermano la necessità di superare pregiudizi e piuttosto che considerare tali tecnologie critiche aprioristicamente, bisogna attendersi una corretta analisi e successiva divulgazione.

A differenza dei secoli trascorsi in cui l'avvento di una tecnologia o l'impiego di un nuovo materiale ha definito ciò che Marinella Ferrara in "Materiali e innovazione nel design. Le microstorie"⁴⁸ definisce "paradigma tecnologico-materico", si può affermare che il XXI secolo si configura per il design il "paradigma del processo di progettazione" ed il contesto socio-culturale in cui si sviluppa è fortemente condizionato dalle scoperte scientifiche nell'ambito dei materiali. Il promettente rapporto tra design e tecno-scienza è divenuto un argomento di riflessione di varie istituzioni di ricerca che si interrogano sul futuro con la consapevolezza che esso sarà sempre più contraddistinto dagli sviluppi delle nanotecnologie, della robotica, e da quelle innovazioni verdi che gli economisti (P.Hawken, H.Lovins, M.H.Smith e K.Hargroves) definiscono "la sesta ondata delle innovazioni", caratterizzata da approcci aventi quale obiettivo comune la risoluzione delle problematiche ambientali.

⁴⁷ Gli scopi del convegno sono: fornire un quadro completo circa attività, prospettive ed esigenze delle nanotecnologie in Italia; presentare gli sviluppi più recenti e le tendenze, a livello mondiale, per ciò che riguarda ricerca, applicazioni e governante delle nanotecnologie; promuovere il confronto tra i rappresentanti dell'industria, della ricerca pubblica, della comunità finanziaria e degli enti governativi per lo sviluppo delle nanotecnologie e facilitare la cooperazione tra le parti.

⁴⁸ Marinella Ferrara, *Materiali e innovazioni nel Design. Le microstorie*. Roma 2004



Source: Hunter Lovins, Paul Hawken, 1999

Nel 2005, proseguendo le riflessioni dei Lovins e di Hawken, Karlson Hargroves e Michael H. Smith ipotizzano che ci troviamo di fronte alla sesta ondata di innovazioni dalla prima rivoluzione industriale.

Tratta da: L. Badalucco, *Design sostenibile sviluppo di concept e la progettazione per l'efficienza energetica*, Università IUAV-Venezia

1.3 Immaginario tecno-scientifico e visioni del progetto

Sulla base definita dalla cultura e dalle ricerche scientifiche del XX secolo e dagli immaginari da essi generati, hanno origine nell'ambito del design tre scenari di ricerca, derivanti da differenti visioni del progetto: lo scenario della biomimetica, l'advanced material design e il generative design.

Per tutto il XX secolo il designer si è confrontato con le scoperte tecnico-scientifiche, restandone sempre un utilizzatore, la sensibilità per le problematiche di carattere ambientale alla fine del secolo e la svolta epocale del XXI secolo, determinata dalle nanotecnologie nel campo della scienza dei materiali, ha portato alla riconsiderazione degli stessi scenari e alla ridefinizione del ruolo del designer, che inizia ad avere una partecipazione attiva alla scoperta scientifica. Egli diviene “designer scientist”, in alcuni casi artefice del materiale, oltre che creatore dell'oggetto e riconfigura il processo ideativo che da deduttivo diviene induttivo. Al designer è affidato il compito di stabilire le azioni per gestire il progetto, rivisitando le questioni della bellezza, della funzionalità, dell'utilità e valutando il prodotto per il duplice aspetto di oggetto d'uso quotidiano e al tempo stesso rifiuto⁴⁹.

Il design che si è sempre configurato, nella multidisciplinarietà del processo progettuale, la disciplina in grado di sperimentare le possibili applicazioni delle innovazioni tecnologiche e verificare le stesse sviluppando nuove tipologie di prodotti, con l'avvento delle nanotecnologie pone dunque nuove attenzioni alla relazione materiale-oggetto. L'impetuoso sviluppo che ha avuto negli ultimi tempi la scienza dei materiali, moltiplicando il numero dei materiali disponibili attraverso la modifica o la combinazione di quelli già esistenti e la creazione di nuovi, nonché spingendo il controllo della materia sempre più verso un livello atomico, permette di riconsiderare tale relazione in modo del tutto nuovo e visionario. La materia, da vincolo diviene libertà nella fase di progettazione, nel momento stesso in cui la potenzialità quasi infinita di concepire materiali avanzati o ultramateriali spalanca le porte ad una nuova accezione del termine di design, come quella disciplina in grado di trasformare il binomio “artefatto-materiale ideale” in un'unica e inscindibile entità, in grado di

⁴⁹ L'argomento è trattato nel testo di William McDonough, Michael Braungart, *Dalla culla alla culla*, San Mauro (To) 2003

soddisfare esigenze funzionali, emozionali e sensoriali e di generare quelle superfici “aumentate” che preludono alla possibilità di palesare nuove realtà attraverso un processo innovativo di comunicazione e progettazione⁵⁰.

Questa capacità di comunicare in modo reale sensazioni ed emozioni diventa il principio-guida nell’ideazione del materiale e nel processo di ottimizzazione delle sue caratteristiche, in un gioco di rimandi dove il *tuning* raffinato delle funzionalità della materia si deve accordare di continuo con il *feed-back* proveniente dall’informazione immateriale che proprio la funzionalizzazione della materia rende possibile comunicare, fino ad avvicinarsi indefinitamente ad un concetto ideale di realtà aumentata⁵¹. L’uomo è in grado di intervenire profondamente nell’essenza della materia in modo da cambiare o modificare il mondo degli artefatti, generando emozioni ed interazioni con gli utenti, ampliando percezioni e sensazioni, generando la scoperta di nuove esperienze visive e nuove tattilità e sviluppando prestazioni che amplificano le dinamiche di coinvolgimento utente–artefatto.

I nuovi materiali, afferma già alla fine degli anni ’90 Vitta, hanno «sconvolto i tradizionali paradigmi progettuali e rivoluzionato i vecchi rapporti di prestazione tra resistenza e leggerezza, densità e trasparenza, durezza e flessibilità»⁵².

Anche Manzini parla di “materia dell’invenzione”⁵³, sottolineandone la performatività e evidenziando come in poco tempo la scienza dei materiali sia passata da una fase dei materiali a complessità controllata, in cui l’obiettivo era quello di produrre materiali perfetti, privi di impurità e anisotropie, ad una dei materiali a complessità “gestita”, nella quale anisotropie ed impurità vengono progettate appositamente per ottenere prestazioni molto precise, che fanno sì che i materiali avanzati assomiglino ai materiali organici naturali in grado di risolvere problemi di alta ingegneria proprio attraverso la

⁵⁰ Tratto da www.puntoquantico.it Punto Quantico nasce per progettare materiali innovativi basati su strutture nanoparticellari che conferiscono alle strutture composite particolari proprietà fisico-chimiche e per trasferire conoscenze ed esperienze nel campo dei nuovi materiali e delle nuove tecnologie a settori come il design. L’attività riguarda tanto la preparazione dei materiali, che la loro caratterizzazione morfologico-strutturale e l’ingegnerizzazione dei materiali ottenuti.

⁵¹ Manovich, teorico dei nuovi media, introduce il concetto di “spazio aumentato”, definendolo come lo spazio fisico sovrapposto da informazioni che cambiano dinamicamente. In questo modo riconcettualizza l’aumento come un’idea ed una pratica estetica e culturale più che meramente tecnologica, dove spazio aumentato deriva dal termine “realtà aumentata” generalmente opposto alla realtà virtuale (VR), in cui tutto si svolge in maniera virtuale rispetto alla AR dove il soggetto lavora su una cosa reale in un luogo reale.

⁵² M. Vitta, *La materia manipolata*, L’Arca, n.136. 1998

⁵³ E. Manzini, *La materia dell’invenzione*, Varese 1989

realizzazione di strutture complesse e profondamente anisotrope. La materia diventa così sempre più simile ad un vero e proprio organismo vivente in grado anche di sentire e reagire a stimoli, rendendo il mondo degli artefatti sempre più simile a quello degli ecofatti.

Le visioni di design che hanno posto quale approccio base la possibilità di ispirarsi alla natura, imitandone caratteristiche funzionali, strutturali, logiche e formali fino ad elaborare artefatti, hanno portato alla definizione dello scenario della biomimetica. Tale scenario, grazie all'impiego delle più avanzate tecnologie a scala nanometrica, nel secolo corrente mostra tensioni verso la definizione di nuove interazioni tra soggetto e oggetto.

Le possibilità della materia vivente infatti sono limitate e considerando che la nanotecnologia è insita nella natura e che le sue applicazioni artificiali consentono di implementare ed integrare soluzioni naturali, permettendo di creare condizioni estreme in termini di vuoto, purezza resistenza ecc., si comprende che le sorprendenti proprietà della materia a livello nanometrico costituiscono un chiaro spunto progettuale per questo scenario.

Lo scenario dell'advanced material design, invece, prende avvio dall'avvicinamento del design alla scienza dei materiali, indaga il rapporto tra la struttura dei materiali su scala atomica o molecolare e le loro proprietà macroscopiche. Proprio a seguito delle scoperte nell'ambito delle nanotecnologie, la scienza dei materiali negli ultimi anni ha destato l'interesse di numerosi centri di ricerca e ha accresciuto fra l'altro le prospettive dei designer, che si ritrovano velocemente accresciuto l'ipermercato dei materiali di progetto.

Ottimi esempi di materiali avanzati e al contempo di imitazione e implementazione della natura, a dimostrazione del fatto che un materiale avanzato è in alcuni casi anche un materiale bioispirato, sono gli *smart materials*, che rispondono all'applicazione di un campo di forze esterno modificando una o più proprietà, adattandosi ai cambiamenti dell'ambiente, sentendo e agendo e imparando dall'ambiente. Sono materiali che permettono una relazione fisica ed emozionale con l'utente, che esaltano i sensi e che generano nuove modalità interattive⁵⁴.

⁵⁴ F. Nicolais, G. Cardone, G. Carotenuto, Ultramateriali per nuovi modelli di comunicazione, in Articoli www.puntoquantico.it

Rappresentativa è l'attività condotta dalla società Punto Quantico⁵⁵, presentata di seguito, relativa alla preparazione dei materiali, alla loro caratterizzazione morfologico-strutturale e all'ingegnerizzazione.

Il terzo scenario è il generative design, che si definisce a seguito dell'impiego sempre più massiccio dei software nell'ambito della progettazione. Esso può essere esplicito come il processo progettuale generativo che riconfigura il ruolo del designer, da utente della tecnologia e della scienza a sperimentatore ideatore e progettista del materiale appropriato ai fini del progetto dell'oggetto, mediante l'impiego di software, che consentono di gestire sistemi complessi quali quelli naturali.

Anche questo scenario, definitosi da visioni di design non totalmente differenti per alcuni principi dai precedenti, ha potuto ampliare le proprie sperimentazioni progettuali a seguito delle scoperte a scala nanometrica.

Il generative design si traduce in una nuova corrente di pensiero, quella della progettazione generativa, fondata sul concetto di DNA, il codice genetico portatore di tutte le informazioni di una specie. Ed è proprio ispirandosi al concetto di DNA che sarebbe possibile sintetizzare le caratteristiche di un oggetto in una sorta di codice, per ripartire dallo stesso e "generare" tanti oggetti diversi tra di loro, sebbene appartenenti ad una stessa "specie". Oggetti customizzabili partendo da "variabili casuali". In futuro, mediante software e tecnologie sempre più sofisticate potrebbe essere possibile avere macchine capaci di stampare oggetti tutti diversi tra loro seguendo le logiche della progettazione generativa. Nel capitolo dedicato al generative design si presenterà il caso-studio della designer Neri Oxman, che evidenzia il concetto di unicità della produzione, identificando la stessa designer quale artista-artigiano, che progetta materiale e forme ispirandosi alle logiche dalla natura.

In un mercato in continua evoluzione e soprattutto dominato dal consumismo, i tre scenari oltre a valutare la dimensione estetica e funzionale del prodotto, non possono esimersi dall'affrontare il tema comune della sostenibilità.

Per quanto concerne l'idea di rifiuto, intrinseca al concetto stesso di ciclo di vita del prodotto, superata l'idea della fine del XX secolo, che il riciclo o il riuso sono le uniche soluzioni ai fini di una produzione sostenibile e che anzi in alcuni casi possono essere

⁵⁵ Punto Quantico Srl nasce, nella seconda metà 2008, per analizzare e studiare materiali innovativi basati su strutture nano particellari e per trasferire conoscenze ed esperienze nel campo dei nuovi materiali e delle nuove tecnologie a settori come il design.

dannosi per l'ambiente, i concetti di minimizzazione delle risorse, di risparmio energetico, di riduzione di CO₂ e di prolungamento della vita media di un prodotto, divengono alcuni dei nuovi orientamenti cardine del processo progettuale del XXI secolo. Poiché le nanotecnologie si fondano fra l'altro proprio su tali concetti, stanno dimostrando, la reale possibilità di mirare con il loro impiego a una produzione attenta e consapevole fornendo suggerimenti interessanti al design sostenibile.

Appendice

Metodo Delphi⁵⁶

Un metodo d'indagine socio-politica di prospezione tecnologica

La crescita del Giappone non solo come grande concorrente industriale e commerciale, ma anche come sistema nazionale di innovazione, ha indotto molti paesi in occidente a studiare con attenzione le scelte compiute dalle autorità nipponiche in merito alle politiche scientifiche e tecnologiche da adottare e incentivare ai fini del progresso socio-economico del Paese e a tentare di replicarle in Europa. L'istituto giapponese di politica scientifica e tecnologica (Nistep) ha realizzato a tal proposito un'indagine denominata "Metodo Delphi". Tale metodo consente, tramite la somministrazione ripetuta di questionari a esperti selezionati, costituendo il cosiddetto *panel*, di ottenere opinioni singole e sollevare un confronto, una sorta di dibattito "virtuale", intorno all'oggetto di una ricerca. Si tratta di un metodo qualitativo, partecipativo, revisionale e di confronto.

Esistono diverse interpretazioni del Metodo Delphi, ma quello classico è caratterizzato dalle seguenti fasi:

- fase esplorativa;
- fase analitica;
- fase valutativa.

La selezione del gruppo Delphi è la fase fondamentale; è necessario scegliere un gruppo di esperti privilegiando la qualità piuttosto che la quantità. Il gruppo selezionato può essere suddiviso in più sotto-gruppi divergenti tra di loro per alcune caratteristiche, in modo da ottenere un confronto, una dialettica, uno scambio di opinioni, conoscenze e punti di vista sul tema della ricerca.

Nella fase esplorativa si costruisce il primo questionario, da somministrare al campione, con una serie di domande, per lo più aperte e di carattere generale, che hanno l'intento di far emergere punti di vista che andranno poi affinati e nei successivi *round* (come vengono chiamate le fasi). Si tratta di una fase che ha lo scopo di inquadrare il tema, di disegnare un quadro generale sul problema indagato, un quadro che permetterà ai ricercatori di delineare con precisione i concetti, gli argomenti su cui verterà il resto della ricerca.

L'analisi delle risposte date al primo questionario è l'ultimo momento della prima fase e il primo momento della seconda fase, fase analitica, dal quale deriva la costruzione di un secondo questionario il quale, nella prima parte, riporta i concetti emersi dall'analisi del precedente e successivamente affronta in maniera più dettagliata gli aspetti venuti fuori nella fase esplorativa. In questa fase ogni esperto del campione ha la possibilità, non solo, di ritrovare alcune sue affermazioni che può ritrattare, cambiare, modificare, ma ritrovare anche la sintesi dei concetti espressi dagli altri esperti con i quali può confrontarsi commentando e mostrando il proprio accordo o meno.

La struttura del Metodo Delphi consente di creare un processo di comunicazione tra i partecipanti al gruppo di esperti, consentendo a ciascuno di esprimere il proprio sapere, punto di vista, opinione su una certa problematica e rivederla, dopo aver conosciuto, in forma aggregata e anonima (feedback), il giudizio espresso dagli altri.

Quello che emerge dall'analisi del secondo questionario viene incanalato verso una progressiva quantificazione dei dati ed è proprio questa la fase (fase valutativa) che dà originalità all'intero processo, questa integrazione tra elementi qualitativi ed elementi quantitativi.

⁵⁶ Paper, Ceris-CNR, W.P. N° 15/1996, *Uno strumento di politica per l'innovazione: la prospezione tecnologica*.

Il terzo ed ultimo questionario consente ad ogni esperto di esprimere il proprio giudizio riguardo ai possibili futuri cambiamenti ai quali potrà essere sottoposto il problema oggetto della ricerca. Questo è possibile elencando al campione una lista di probabili tendenze da valutare, attraverso una rappresentazione numerica, in relazione alla probabilità di verificarsi.

Il Metodo Delphi offre diversi vantaggi nel suo utilizzo, rispetto ad altre metodologie che presuppongono sempre uno scambio d'informazioni, un confronto e una comunicazione di gruppo (come per esempio: conferenze, *brainstorming* ed altri processi interattivi).

Numerosi esperimenti condotti durante gli anni sessanta e settanta hanno dimostrato che l'applicazione del Metodo Delphi è particolarmente adatta per quelle problematiche in cui l'informazione più utile, che si auspica di ricavare, è il giudizio informato di persone esperte e competenti del settore di riferimento.

Il giudizio informato è quel tratto che sta tra la conoscenza (informazione che è provata da un'evidenza empirica) e la pura speculazione (basata su fondamenti deboli o inesistenti), cioè «è il rifiuto di etichettare come mera speculazione ogni cosa non definibile come conoscenza».

La struttura a stadi del Metodo Delphi, consente un processo di comunicazione, all'interno del gruppo di esperti, che possono essere anche geograficamente distanti, in modo da facilitare un confronto e uno scambio reciproco di conoscenze; ma non solo, favorisce anche la risoluzione di problemi decisionali e di intervento, tramite l'autocorrezione e la convergenza di valutazioni individuali, consentite dal processo di *feedback*.

Tale processo di comunicazione, che avviene in forma anonima, consente la riduzione dell'influenza del *leader* e di qualsiasi barriera psicologica e professionale: ogni membro è libero di dare il proprio contributo senza temere il giudizio degli altri interlocutori. Il questionario dà la possibilità ad ogni membro del *panel* di proporre nuovi problemi o nuove strategie politiche di intervento da sottoporre alla valutazione degli altri. L'altro fattore positivo, dato sempre dalla struttura che procede per fasi, è la possibilità che ha il team di ricercatori di monitorare la ricerca in itinere, in modo da "calibrarla", qualora ce ne fosse bisogno. Per quanto riguarda gli svantaggi, uno dei grandi limiti di questo metodo è il costo della sua applicazione e la mancanza di rigore scientifico. L'utilizzo del metodo Delphi, con la sua struttura a stadi, è particolarmente indicato quando gli universi o le problematiche, da esplorare, hanno una natura incerta, quando le informazioni che abbiamo relative all'oggetto di ricerca sono poche, difficili da reperire o non sono disponibili.

La sua applicazione è particolarmente efficace quando c'è difficoltà, tra gli esperti del contesto, nello scegliere strategie politiche adeguate per la risoluzione di eventuali problemi emersi e se il processo è condotto in maniera appropriata può apportare delle modalità innovative e motivanti negli scambi comunicativi e informativi, tra gli esperti di un determinato settore.

In Europa il metodo Delphi è stato riconosciuto ed adottato da alcuni paesi quali la Francia e la Germania. La Commissione Europea, ha creato nel 1996 l'*Institute for Prospective Technological Studies* il cui obiettivo primario è la costituzione di una rete (*European Science and Technology Observatory*) insieme a 50 istituzioni scientifiche europee per il supporto alle scelte europee di politica scientifica e tecnologica (IPTS).

Il numero crescente di studi di prospezione tecnologica sembra indicare una necessità di conoscenza fortemente sentita sia a livello degli organi nazionali incaricati di fare le grandi scelte di politica scientifica e tecnologica, sia a livelli minori, settoriali o regionali o aziendali.

Si ritiene possibile pertanto che attraverso l'esperienza maturata in vari paesi, gli studi di prospezione tecnologica stiano perdendo il carattere di improvvisazione che avevano agli inizi per assumere connotazioni più rigorose sul piano metodologico e scientifico. Questo consente ovviamente di attribuire ai risultati di questi studi una maggiore rilevanza e quindi di poterli utilizzare sia per le grandi scelte di politica scientifica e tecnologica, sia come supporto alle decisioni di vari organismi, dagli enti di ricerca ai governi locali, fino alle imprese e alle loro associazioni.

Si riportano di seguito schemi estratti dal documento n°9 elaborato dal NISTEP pubblicato nel mese di Maggio 2005, poiché si ritiene che da questo studio sia possibile comprendere in che modo i paesi extraeuropei ed europei analizzano i settori di ricerca fondamentali per uno sviluppo globale dei governi e delle società, per giungere alla definizione di tematiche che possano avere un notevole impatto socio-economico in seno i prossimi 30 anni e nei confronti dei quali pertanto il governo deve assumere una posizione di incentivazione. Il metodo ampiamente accettato e applicato da diversi paesi del mondo ha evidenziato fra l'altro le potenzialità prospettate dalla Scienza dei materiali con l'avvento delle scoperte nel mondo nanometrico.

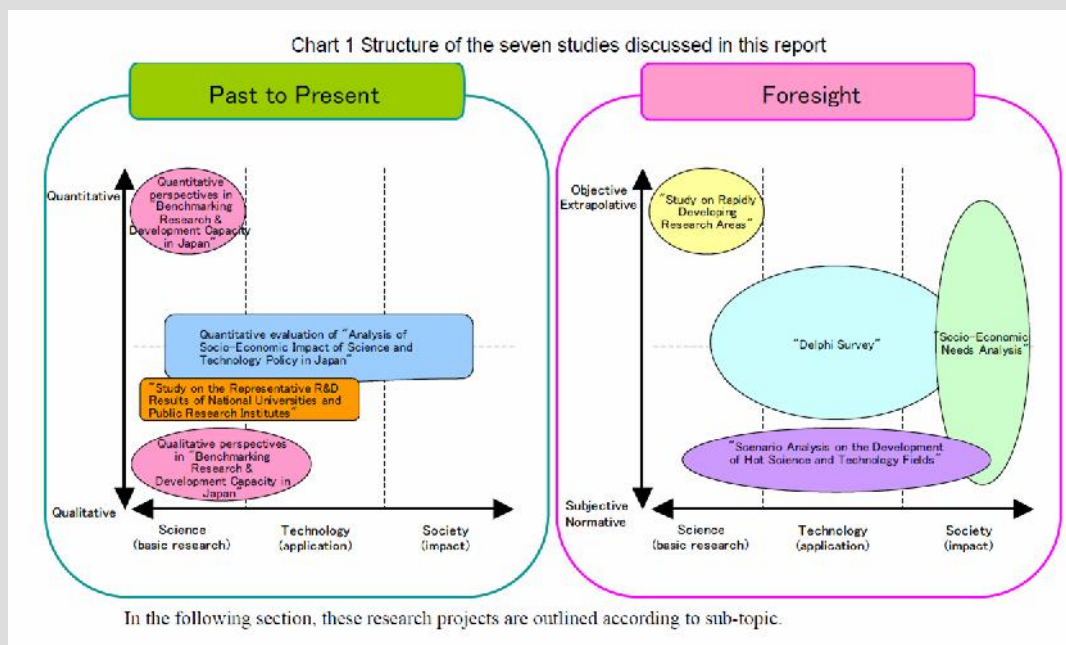


Chart 7 Delphi Analysis

Basic concept

Goal

Seek a consensus on a future vision of science and technology among experts using the Delphi method (a process for forming a group consensus using a series of questionnaires), while focusing on the application side of science and technology but also looking at basic and social aspects.

○ **Fields, areas, and topics**

Define areas (technology groups with potential for development in each field), based on the hierarchical structure consisting of the field, area, and topic layers. For each area, examine the impacts on science and technology, society, and the economy, as well as Japan's R&D standard in the international context.

○ **Timeframes for technological realization & social application**

Examine each topic in two timeframes for realization: one so that the technological environment is ready and the other so that the technology is available as products and services.

○ **Effective measures to be taken by the government**

Examine for each topic the policy measures (funds, collaborations, human resources, etc.) that the government should take for technological realization and social application.

<Research procedure>

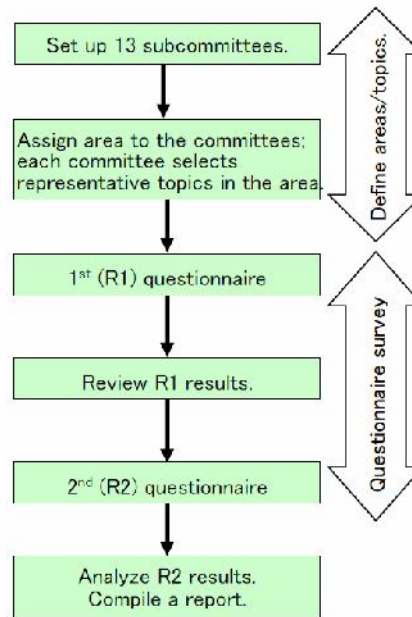


Chart 8 Scenario Analysis

Basic concept

Goal

To address the concern that any future vision involves uncertainty, write future development scenarios for individual topics, identify from these topics actions that Japan should take to follow the scenarios, as a supplementary study to the Delphi surveys (seeking consensus among a group of experts).

• **Definition of the development scenario**

The Scenario Analysis subcommittee defined the terms "development scenario" and "scenario theme," as used in this study, and set up the "specifications" for scenario writing.

• **Method of theme extraction**

The Scenario Analysis subcommittee selected 48 themes in basic science, technology, and social science from a list of candidates proposed by other subcommittees.

• **Selection of scenario writers**

Experts who are so outstanding that their future visions are worth listening to were selected through a participatory process involving recommendations and votes, and they were asked to write scenarios according to the given specifications.

<Research procedure>

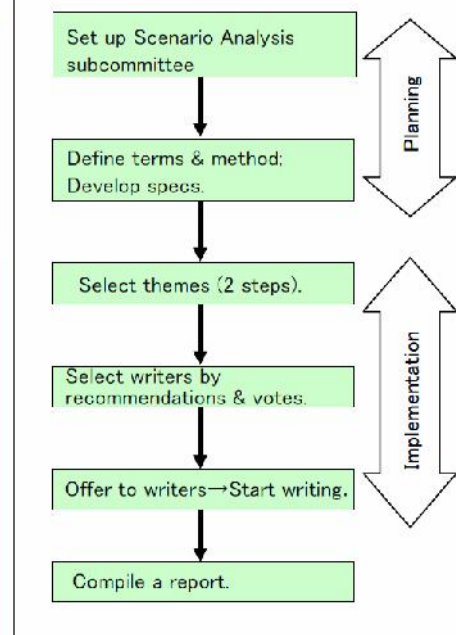


Chart 11 Changes in the national output of scientific papers by field

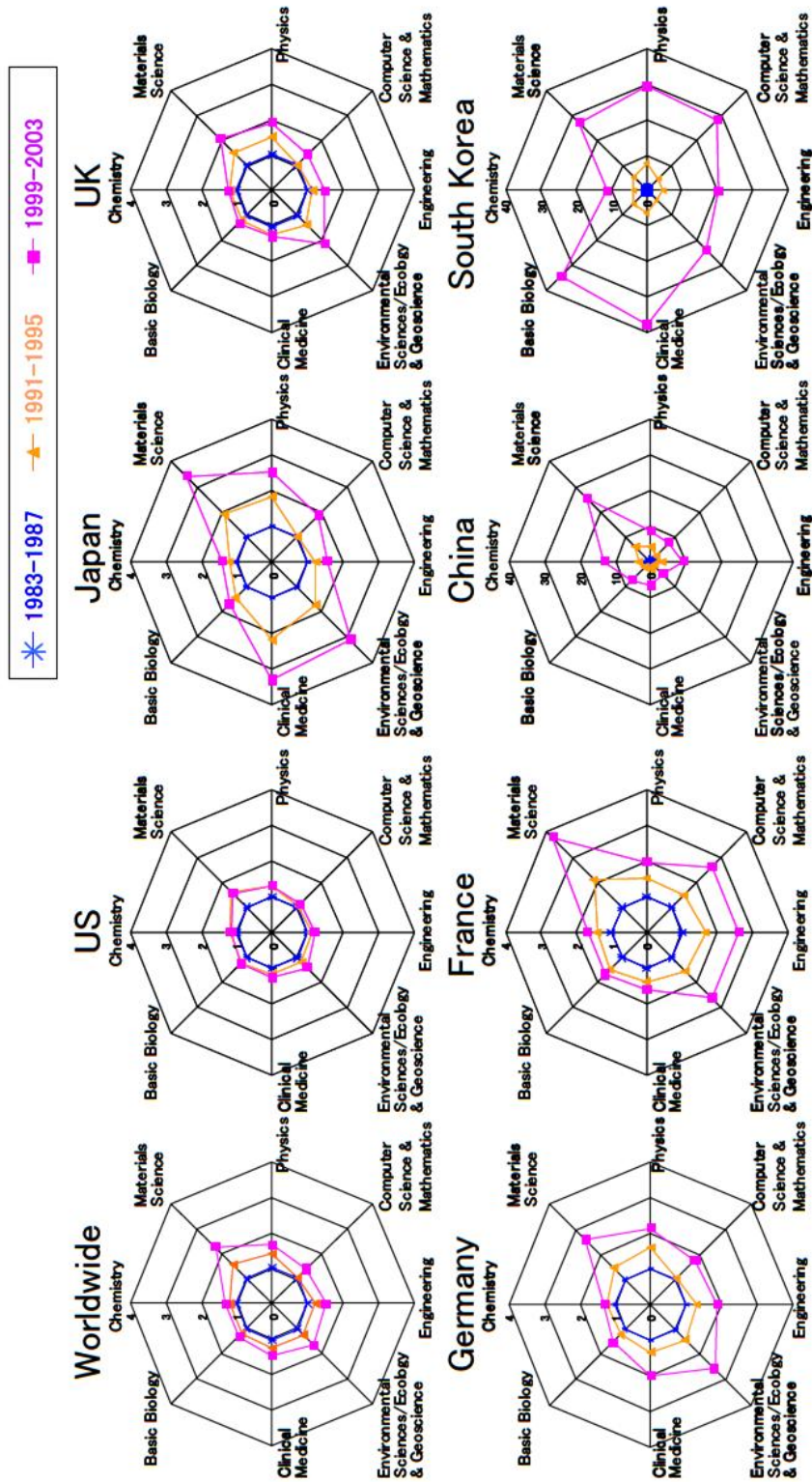


Chart 13 Change in Japan's share of world papers and the top 10% papers over the past 20 years

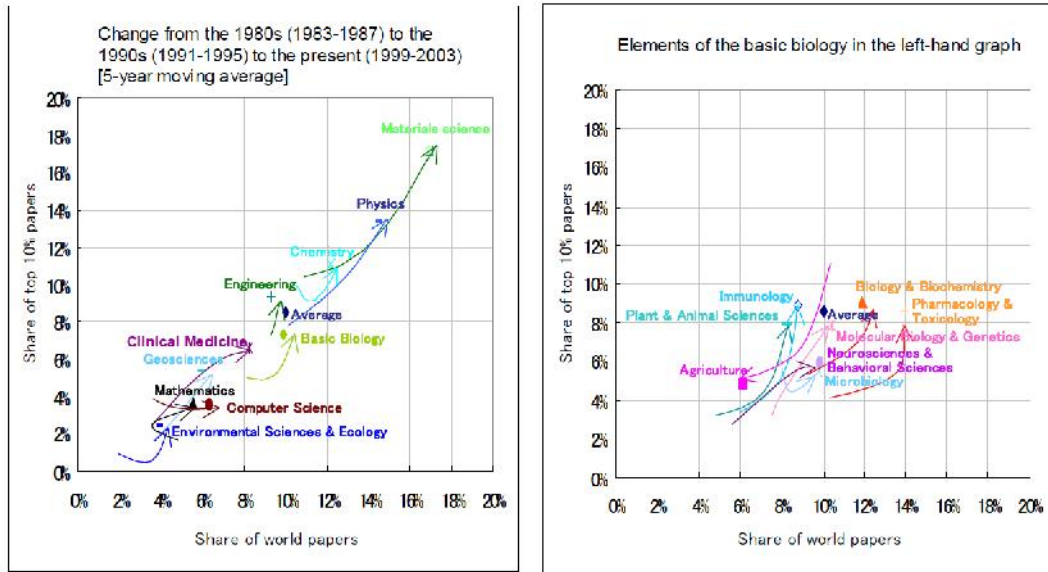


Chart 38 Gap in time between technological realization and social application

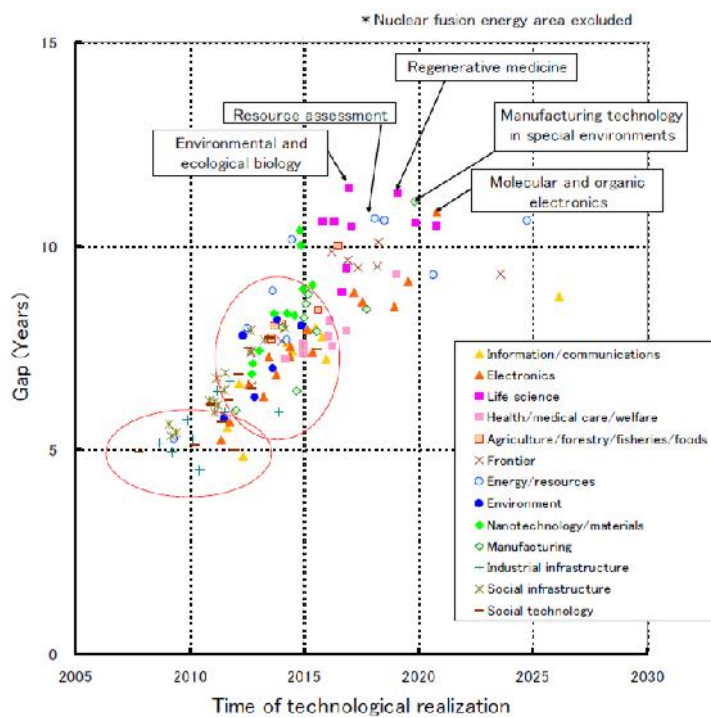
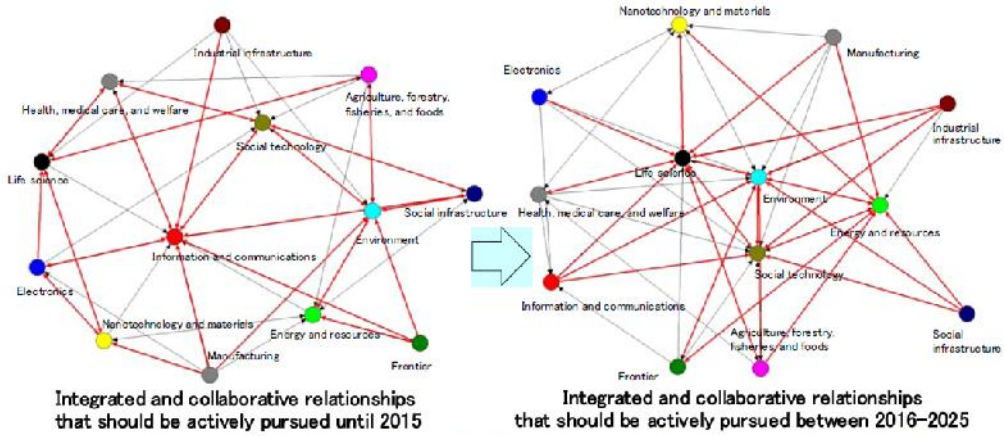
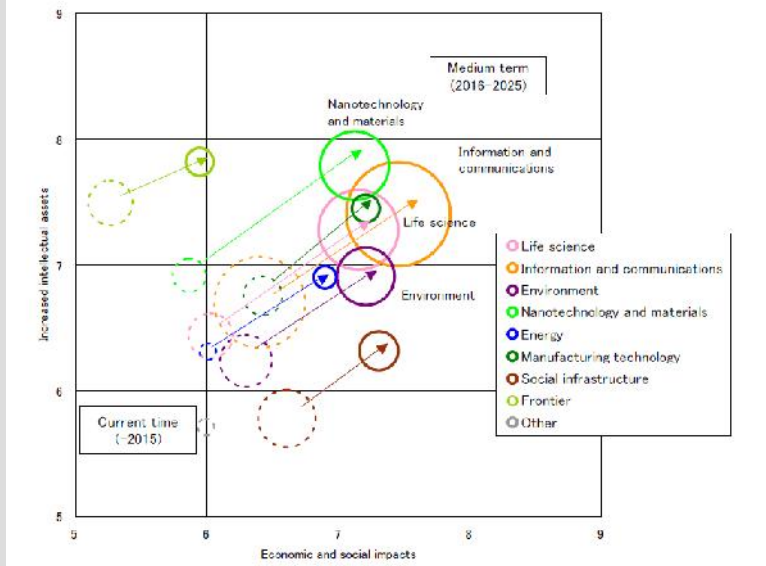


Chart 44 Integrated and collaborative relationships that should be actively pursued



(Note 1) Up to three fields other than the respondent's field with which the respondent's field should seek integration and collaboration
 (Note 2) Fields indicated for integration and collaboration by over 30 percent of a field's respondents are connected by an arrow. Mutual cases are indicated by a double pointed arrow.
 (Note 3) Red lines connect fields indicated by 50 percent or more of a field's respondents.

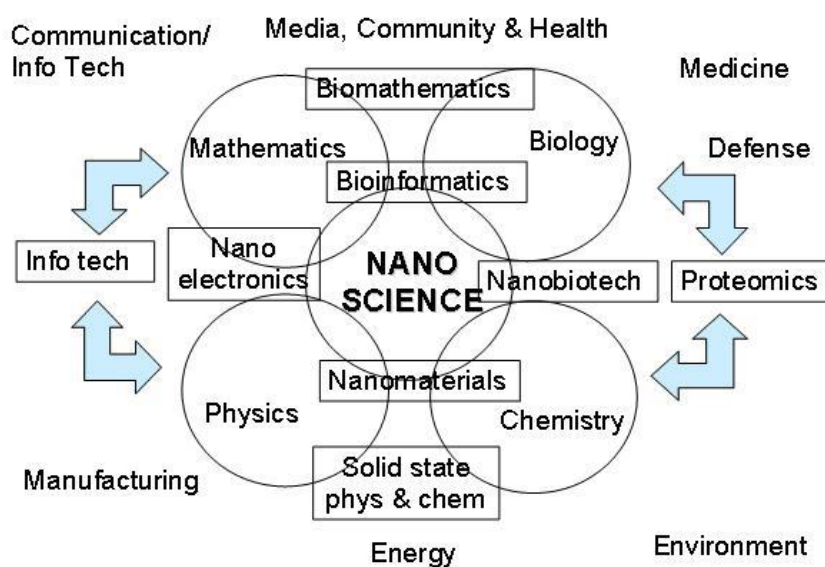
Chart 45 Changes in the impacts of areas in the eight fields of the Basic Plan



Capitolo 2

La macroinvenzione del XXI secolo

Con il termine nanoscienza s'intendono le numerose e diverse aree scientifiche interessate allo studio dei fenomeni a livello atomico, molecolare e macromolecolare. Le nanoscienze sono considerate scienze "orizzontali", beneficiano di approcci interdisciplinari convergenti, collocandosi all'intersezione delle scienze tradizionali, dell'ingegneria, della meccanica quantistica, della chimica e della fisica, nonché dei processi biologici di base e della fisiologia.



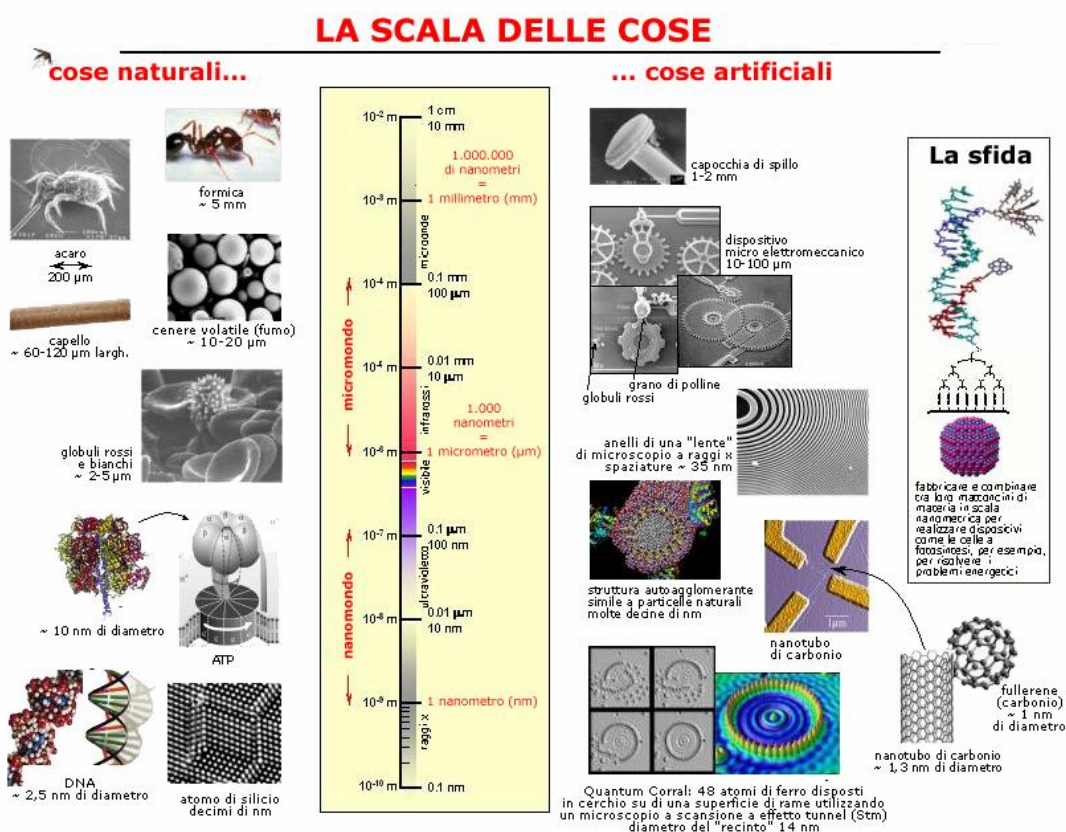
Tratto dalla lezione del Prof. Granozzi, Dipartimento di Chimica, Università di Padova

Il termine nanotecnologia si riferisce piuttosto alle tecniche ed agli strumenti che consentono di visualizzare e manipolare gli atomi e le molecole, al fine di controllare la struttura fondamentale ed il comportamento della materia.

Più precisamente, per nanotecnologie si intende l'insieme di quegli approcci sperimentali che consentono di costruire componenti, dispositivi, materiali su scala molecolare e quindi delle dimensioni dell'ordine dei nanometri ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} = 0,000000001 \text{ m}$).

Con l'impiego di tali tecnologie si possono ottenere prodotti con caratteristiche notevolmente migliorate o del tutto nuove in quanto, a livello nanometrico le proprietà ed il comportamento non tradizionali della materia offrono l'opportunità di ottenere strutture e dispositivi che operano e si utilizzano in maniera radicalmente diversa rispetto a quelli con dimensioni macro.

Per comprendere la dimensione nanometrica si riporta di seguito uno schema.



La figura è tratta dal *The National Nanotechnology Initiative*.

(http://www.nano.gov/html/facts/home_facts.html)

Nonostante le prerogative positive prospettate dalle nanoscienze e dalle loro applicazioni, esse sono state da parte di alcuni definite come potenzialmente “perturbatrici”⁵⁷ principalmente perché sono ancora da stabilire i possibili impatti ambientali e sulla salute umana, ma ciò ovviamente non può precluderne l’interesse. Tali preoccupazioni, infatti, come visto nei capitoli precedenti, non hanno arrestato né ristretto gli ambiti di ricerca a livello nazionale e internazionale, che invece al contrario investono enormi risorse al fine di poter comprendere se queste nuove tecnologie possano essere definite competitive rispetto le tradizionali e prospettare degli scenari positivi.

Uno dei principali obiettivi del 7° programma quadro (2007-2013) dell’Unione Europea per esempio, è di fare dell’Europa il primo polo scientifico e tecnologico mondiale in tale campo.

Il programma specifico «Cooperazione» mira a sostenere la cooperazione tra università, industrie, centri di ricerca e enti pubblici sia in seno all’Unione europea (UE) che con il resto del mondo. Questo programma scientifico prevede 9 tematiche che corrispondono ai principali settori di progresso delle conoscenze e delle tecnologie in cui occorre rafforzare la cooperazione transnazionale per affrontare le sfide che si pongono in Europa sul piano sociale, economico, ambientale e industriale⁵⁸.

L’obiettivo è rafforzare la competitività dell’industria europea e garantire la sua trasformazione da un’industria di risorse ad un’industria di conoscenze. A tal fine si prevedono due tipi di strategia: quella a breve termine, che prevede di concentrarsi sulla convergenza delle conoscenze e delle competenze e quella a lungo termine, che prevede di valorizzare al massimo le prospettive delle nanoscienze e delle nanotecnologie per creare un’industria e un’economia basate sulla conoscenza. In termini di attività, sarà attribuita la priorità all’elaborazione interdisciplinare di nuovi prodotti e materiali, ma anche di nuovi processi e tecniche⁵⁹.

Scopo primario delle nanotecnologie è stato da sempre la produzione di materia con prestazione *ad hoc*. Le nanotecnologie applicate alla fabbricazione di materiali, branca definita in letteratura anche come nanofabbricazione, stanno dimostrando la

⁵⁷ Ezio Andrete, direttore “Tecnologie industriali” Direzione generale della Ricerca Commissione europea, La nanotecnologia Innovazione per il mondo di domani, 2004

⁵⁸ Fra le tematiche le nanoscienze, le nanotecnologie, i materiali e nuove tecniche di produzione

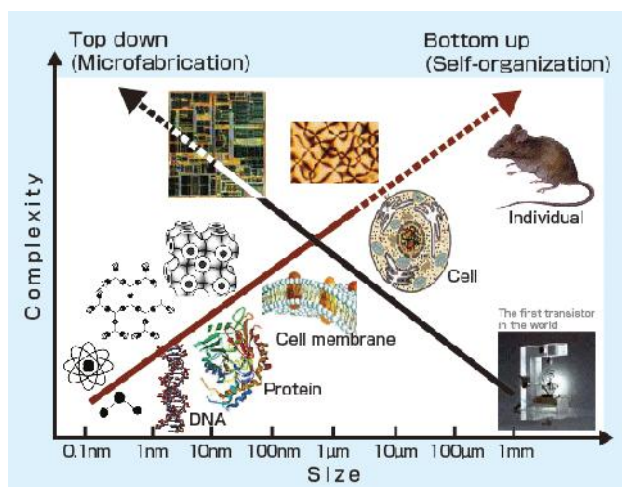
⁵⁹ Lo stanziamento di bilancio per questo capitolo di spesa ammonta a 3,475 milioni di euro. Tratto da www.europa.eu. Nel presente studio si riportano alcuni diagrammi estratti da questo programma.

possibilità di modificare le proprietà dei materiali esistenti e di crearne dei nuovi con estrema precisione, aumentando l'efficienza e riducendo i costi di produzione.

I materiali nanostrutturati possono essere creati attraverso due metodi definiti *top down* e *bottom up*. L'approccio *top down*, che si basa sul principio della "scalabilità", prevede appunto la riduzione con metodi fisici delle dimensioni delle strutture verso livelli nano, sono le tecniche proprie della microelettronica; il metodo *bottom up* invece prevede la possibilità di assemblare il materiale nanostrutturato a partire dalle nanoparticelle che lo costituiranno ed è il metodo che sta sempre più emergendo negli ultimi anni.

Da entrambi i metodi si ottengono nanomateriali caratterizzati dall'aver almeno una delle dimensioni inferiore a 100 nm e un elevato rapporto tra volume e area superficiale, con conseguente prevalenza delle caratteristiche degli atomi di superficie su quelle degli atomi interni.

Il metodo *bottom up* rappresenta il tentativo di costruire entità complesse sfruttando le capacità di autoassemblamento o di autorganizzazione dei sistemi molecolari, capacità come visto nei capitoli precedenti proprie della natura. Il metodo *bottom up* dunque è un approccio di tipo fisico-chimico o biologico, potenzialmente in grado di creare strutture tridimensionali complesse.



Tratto dalla lezione del Prof. Fabrizio Mancini, *Nanosistemi*, Dipartimento di Scienze Chimiche Università Padova

Il primo passo decisivo nell'ambito della fabbricazione dei nanomateriali è stato compiuto dal fisico giapponese Leo Esaki⁶⁰ con la prima realizzazione di un superreticolo, costituito da una sequenza di strati nanometrici di materiali semiconduttori diversi.

A partire dal 1977, Eric Drexler, al *Massachusetts Institute of Technology*, ha posto le basi sperimentali e computazionali su cui si sono sviluppate, concettualmente e operativamente molte nanotecnologie.

Nel 1991, John Armstrong, ex direttore scientifico dell'IBM, presso i cui laboratori Esaki ha svolto le proprie ricerche, poteva osservare che la nanoscienza e le nanotecnologie sarebbero state centrali nel successivo stadio dell'era dell'informazione, e sarebbero state tanto rivoluzionarie quanto la scienza e la tecnologia sulla scala del micron lo sono state dagli anni settanta in poi.

Si è osservato, infine, negli anni più recenti che l'organizzazione sistematica della materia su scala nanometrica è un aspetto chiave dei sistemi inorganici e dei sistemi biologici, i quali sotto opportune condizioni termodinamiche, sono in grado di realizzare strutture complesse attraverso processi di autoassemblaggio.

Attualmente le tecniche di produzione più diffuse delle nanoparticelle sono l'assemblamento *bottom-up* e l'autoassemblamento molecolare.

Assemblamento *bottom-up*

Consente di produrre nanosensori attraverso l'assemblamento di minuscoli componenti composti da atomi o molecole. Questa metodica deve utilizzare lo spostamento degli atomi di una particolare sostanza, uno per uno, fino alla posizione desiderata, è ancora molto difficoltosa, specialmente per la produzione industriale per ragioni logistiche ed economiche.

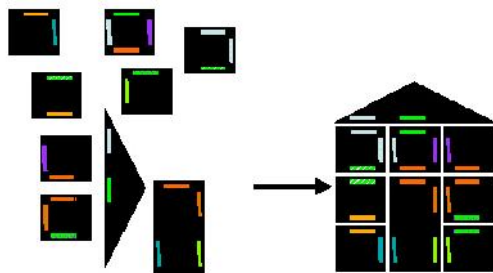
Autoassemblamento molecolare

È un fenomeno che in natura avviene in modo spontaneo ed ordinato. Consiste nella possibilità di costruire e manipolare oggetti partendo da elementi base più piccoli, sfruttandone le proprietà chimico-fisiche.

L'idea alla base del *bottom-up assembly* è che i "mattoni" che permettono di fare nanocostruzioni possano contenere già le informazioni per autoassemblarsi, se posti

⁶⁰ Fisico giapponese, vincitore del premio Nobel per la fisica nel 1973, per «*per le loro scoperte sperimentali riguardanti i fenomeni di tunneling nei semiconduttori e superconduttori*»

nelle condizioni adatte per farlo, senza un intervento dall'esterno da parte di qualche "agente" di dimensioni più grandi.



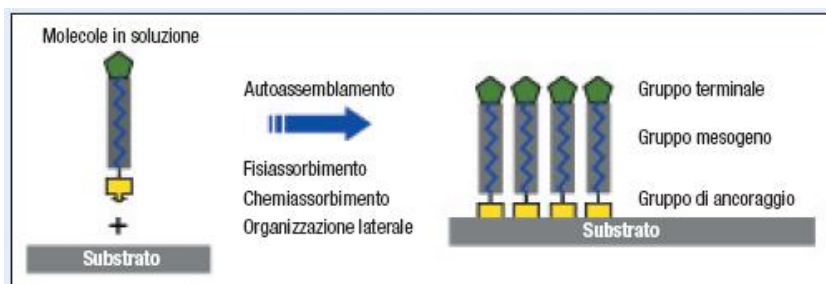
Schema rappresentativo dell'autoassemblamento

In letteratura si distinguono tre diversi tipi di autoassemblamento, ciascuno legato al tipo di costituenti elementari, atomi, molecole e aggregati (*cluster*):

- autoassemblamento chimico
- autoassemblamento fisico
- autoassemblamento colloidale

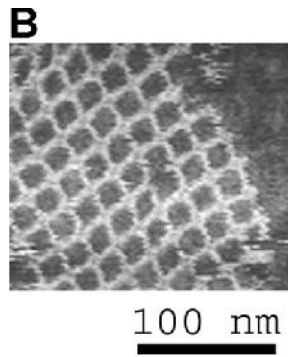
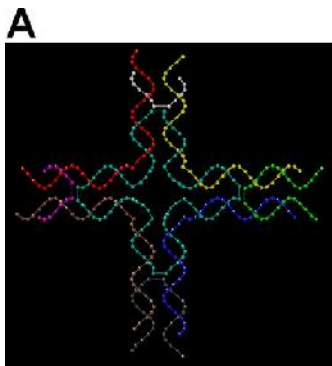
L'auto-assemblamento chimico interviene nell'ordinamento su scala molecolare di composti aventi architetture atomiche esattamente predefinite per la realizzazione di strutture funzionali con un livello dimensionale superiore.

Una caratteristica di tale tecnica consiste nel fatto che, controllando la sintesi chimica delle unità elementari, si possono sintonizzare la struttura e le proprietà del sistema ordinato risultante. Tali strutture sono facili da preparare e veloci da fabbricare, sono ordinate a livello molecolare, termodinamicamente stabili e si formano spontaneamente.



Schema dell'autoassemblamento chimico.

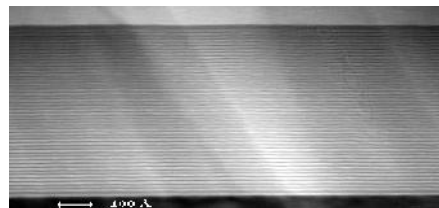
Tratto da www.mondodigitale.net n.3 Settembre 2004 p.5



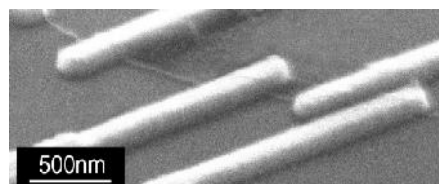
(A) Un esempio di molecola di DNA usata come starter per un più ampio autoassemblamento. (B) Una immagine ottenuta dal microscopio ad energia atomica di una griglia nanometrica autoassemblante. Una “mattonella” di DNA si autoassembla in una nanogriglia di DNA bidimensionale.

L'autoassemblamento fisico viene spesso riferito al comportamento auto-organizzante a livello nanometrico di materiali inorganici durante processi di deposizione. Queste tecniche sfruttano il comportamento dei materiali quando vengono depositati in condizioni disomogenee, quando cioè “imperfezioni” indotte su scala atomica nel substrato guidano la localizzazione o l'aggregazione delle specie chimiche depositate successivamente, dando luogo a proprietà nuove e utili ai fini delle applicazioni nanoelettroniche. Da questo tipo di processi sono state create strutture come i *quantum dot*. Dall'associazione (contestuale o sequenziale) dell'autoassemblamento fisico con quello chimico, è stato possibile creare strutture mono, bi e tri-dimensionali su scala nanometrica aventi proprietà innovative. Gli esempi sono numerosi, quelli più noti e significativi riguardano i nanotubi di carbonio, i nanofili di silicio nanowire, nanotubi di boro, di disolfuro di molibdeno, cluster metallici da aerosol ecc.

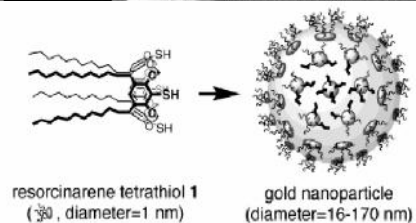
Nanoscala in 1D
Film sottili multistrati



Nanoscala in 2D
Nanotubi di carbonio

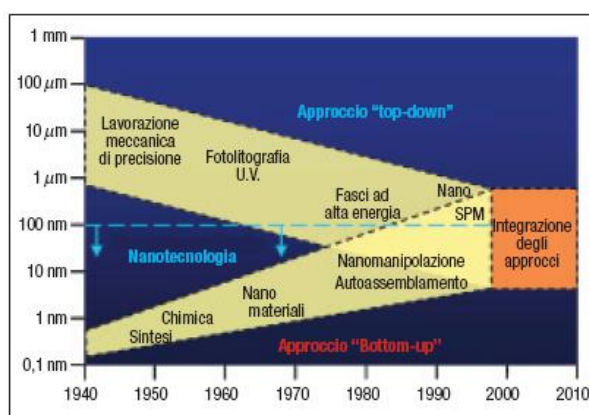


Nanoscala in 3D
Nanoparticelle d < 250 nm



L'autoassemblamento colloidale è capace di produrre nanoparticelle o aggregati (*cluster*) di diversi materiali aventi dimensioni caratteristiche comprese tra 1 e 20 nm, e che manifestano proprietà di tipo ibrido, che si collocano a cavallo tra le proprietà dei singoli atomi e le proprietà di tipo “bulk” di una struttura a stato solido. In questo ambito, si ottengono significative proprietà quantistiche e di confinamento della carica per la realizzazione di nanodispositivi.

Esempi significativi sono la fabbricazione di nanoparticelle semiconduttrici, conduttrici, organo-metalliche, ferromagnetiche. Partendo poi da queste si possono ottenere, su di una scala dimensionale superiore, sistemi organizzati di nanoparticelle in matrice organica isolante, che possono essere parte integrante di vere e proprie nanoarchitetture autoassemblate.



Sintesi tra le metodologie presenti nelle nanotecnologie.
 Tratto da www.mondodigitale.net n.3 Settembre 2004 p.5

Un parametro fondamentale per comprendere i nanomateriali è il rapporto tra la superficie e il volume dell'oggetto. Negli oggetti macroscopici, che hanno un piccolo rapporto area/volume, le proprietà chimiche e fisiche sono essenzialmente determinate dalla struttura del solido (*bulk*). Negli oggetti più piccoli, con un elevato rapporto area/volume, le caratteristiche della superficie diventano determinanti, influenzando fortemente le proprietà ottiche, l'adesività, la bagnabilità, l'attrito, la reattività chimica ecc⁶¹.

⁶¹ Per comprendere numericamente su quale scala dimensionale ciò avviene, si introduce il concetto di “dispersione”, ovvero il rapporto tra il numero di atomi della superficie rispetto al numero di atomi totali in una particella. Si osservi l'andamento della dispersione al variare del raggio della particella riportato

Fra le tecniche di fabbricazione di strutture nanometriche sono da menzionare anche le cosiddette tecniche di nanolitografia definite in letteratura anche litografie *top-down*, utilizzate per la fabbricazione della nanocircuteria d'avanguardia di circuiti integrati semiconduttori o di sistemi nano elettromeccanici, definiti NEMS⁶². Si tratta di partire con un blocco di alcuni materiali e “scavare” la forma desiderata. Questi dispositivi in genere raggiungono solo la micro dimensione, ma recentemente hanno cominciato a includere componenti di dimensione nanometrica.

nel diagramma sottostante al di sotto di un raggio pari a 1 nm, si può notare come il numero di atomi della superficie diventi confrontabile al numero di atomi totali, indicando chiaramente come la fisica e chimica delle nanotecnologie siano dominate dalle proprietà delle superfici.

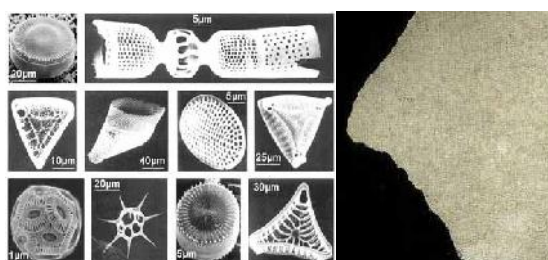
⁶² La definizione di sistemi nanoelettromeccanici o NEMS viene usata per descrivere i dispositivi che integrano funzionalità elettriche e meccaniche nell'ambito della nanoscala

2.1 Nanomateriali e loro classificazione per il design

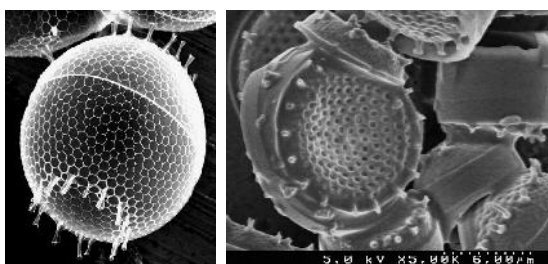
Le nanotecnologie, come detto nei capitoli precedenti, sono insite nella natura, pertanto una prima classificazione potrebbe riguardare appunto la distinzione fra nanostrutture naturali e nanostrutture artificiali, quest'ultime sono spesso ispirate alle prime con lo scopo di riprodurre le proprietà altrimenti non possedute dai materiali massivi tradizionali. Fra le nanostrutture naturali vi sono le diatomee, la superficie della foglia del fior di loto, le zampe del gecko ecc., nanotecnologie che hanno ispirato la progettazione di nuovi materiali con elevato rapporto resistenza/peso, con migliori proprietà meccaniche ecc., le nanostrutture artificiali si potrebbero intendere le corrispettive create in laboratorio. Si portano di seguito alcuni esempi.

Le diatomee sono microalghe unicellulari esistenti da oltre cento milioni di anni, alla base della catena alimentare, sono protette da una corazza rigida dalla foggia fantasiosa e altamente simmetrica detta frustulo. I ricercatori dell'Università di Stato dell'Oregon (OSU) e dell'Università di Stato di Portland, hanno messo a punto un nuovo metodo per costruire celle solari a pigmenti sensibili alla luce ispirandosi appunto alla corazza delle diatomee. I fotoni rimbalzano intorno alla cella solare colpendo questi coloranti e producono energia elettrica.

Si può definire nanostruttura naturale quella della corazza della diatomea e artificiale quella della cella solare.



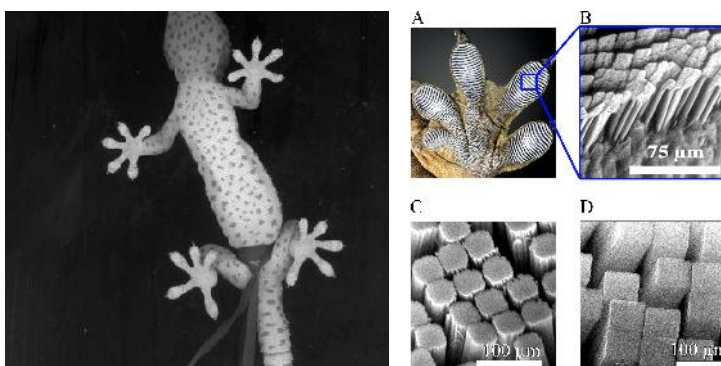
Selection of planktonic diatoms
(not representative for the mesozoarion)



La proprietà nota come “effetto loto”, è stata studiata all’Università di Bonn ed è già utilizzata in una gamma di prodotti, come le pitture per esterni, vetri e ceramiche autopulenti ecc. Le foglie dei fiori di loto, infatti, sono rivestite da microscopici cristalli di cera, in grado di trasformare le gocce in piccole perle d’acqua che scivolano via.



I polpastrelli del gecko sono ricoperti di peli finissimi talmente adattabili che possono avvicinarsi a qualche nanometro dal supporto, ricoprendo superfici molto ampie. Sono attualmente in fase di studio dei super-adesivi che possano simulare le proprietà del gecko.



La distinzione fra nanostrutture naturali e nanostrutture artificiali, essendo generica, la si ritiene poco adatta ai metodi di classificazione specifici del design e per questa ragione è poco impiegata.

Un secondo tipo di classificazione, di tipo didascalico, riguarda la natura degli oggetti elementari di dimensione nanometrica che compongono il materiale finale.

Si distinguono pertanto tre categorie di nanostrutture: singole nanoparticelle isolate o disposte su un substrato (nanocristalli), materiali in cui la nanostruttura è limitata a un sottile strato superficiale (dispositivi scolpiti con tecniche litografiche), materiali macroscopici interamente o prevalentemente costituiti da nanoparticelle, materiali nanostrutturati propriamente detti ⁶³.

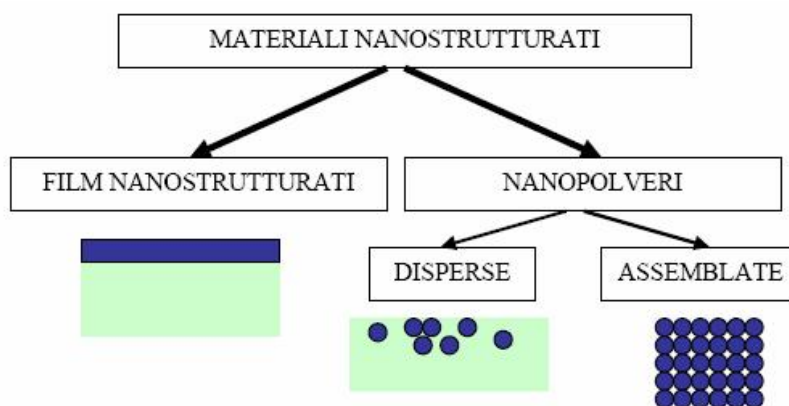
Una classificazione più scientifica e ampiamente adottata in letteratura, pertanto si riportata in appendice un approfondimento, concettualmente simile alla precedente, viene fatta in base alla dimensione del materiale strutturato: materiali a 0D, ovvero i quantum Dot o cluster, nanoparticelle o nanocariche; materiali a 1D i nanofili, nanofibre, nanotubi (nanowires); materiali a 2D nanomembrane, film sottili o piastre; materiali a 3D nanomateriali massivi formati da vari cluster di varia struttura. Per comprendere il concetto di dimensione bisogna definire il comportamento dell'atomo in ambiente confinato, limitiamo lo spazio a disposizione della particella a 10 nm cubi, la natura ondulatoria dell'elettrone inizia a diventare determinante. In tali condizioni, secondo le leggi della meccanica quantistica, l'energia dell'elettrone può assumere solo valori discreti⁶⁴. La "nano stanza" o "nano scatola" così costruita costituisce un "sistema confinato" o "nanostruttura". Se il confinamento di un materiale avviene lungo una sola dimensione il sistema è detto 2D perchè la particella è libera di muoversi nelle restanti due dimensioni) si costituisce un "*quantum well*" (Pozzo quantico), mentre se il confinamento avviene lungo due dimensioni si ha un sistema 1D ovvero "*quantum wires*" (Fili quantici), infine se il confinamento avviene lungo tutte le direzioni si costituisce un sistema 0D detto "*quantum dots*"(punti quantici). La bassa dimensionalità di un materiale ne influenza notevolmente le proprietà, magnetiche, ottiche ed elettroniche.

Nanomateriali tipici	Dimensione	Materiali
(0-D) Nanocristalli e cluster (quantum dot) Altre nanoparticelle	diametro 1-10 nm diametro 1-100 nm	Metalli, semiconduttori, materiali magnetici Ossidi ceramici
(1-D) Nanowire Nanotubi	diametro 1-100 nm diametro 1-100 nm	Metalli, semiconduttori, ossidi Carbonio
(2-D) Matrici di nanoparticelle Superfici e film sottili	svariati nm ² - µm ² Spessori 1-1000 nm	Metalli, semiconduttori, materiali magnetici Materiali vari (organici e non)
(3-D) Strutture tridimensionali	diversi nm nelle 3 dimensioni	Metalli, semiconduttori, materiali magnetici

⁶³ Enciclopedia Treccani On-line, voce nanostrutture- www.treccani.it

⁶⁴ In pratica, la natura ondulatoria di una particella diventa determinante quando le dimensioni della "scatola" in cui è confinata sono comparabili con la sua lunghezza d'onda di de Broglie.

Un'altra classificazione fa riferimento a quanto esposto nel capitolo precedente in merito alle tecniche di fabbricazione secondo sintetizzato nello schema sotto riportato.



Ai fini di un possibile impiego delle classificazioni nelle tematiche di seguito esposte, inerenti le applicazioni delle nanotecnologie in ambito del design, si ritiene utile fare riferimento a una classificazione più comunemente usata nell'ambito del progetto, ovvero la seguente:

- Materiali nanostrutturati o nanomateriali: materiali ottenuti mediante l'aggregazione controllata degli atomi costituenti la materia e che hanno componenti strutturali con almeno una dimensione nell'intervallo 1-100 nm, cioè dell'ordine del nanometro.
- Nanocompositi: classe di materiali ottenuti inserendo particelle di rinforzo dette nanofiller in una matrice che può essere di diversa natura. L'utilizzo di nanofiller permette di raggiungere un elevatissimo rapporto superficie/volume del rinforzo; in questo modo si ottiene un miglioramento delle proprietà, mantenendo una lavorabilità del materiale simile a quello di partenza.

Il termine nanomateriale genericamente racchiude in sé i due tipi definiti.

Infine un prodotto realizzato mediante l'impiego anche parziale di nanomateriali è stato definito all'interno della presente ricerca nanoprodotto.

2.2 Nanocompositi

L'idea di creare materiali compositi che possiedono caratteristiche tecniche e prestazionali generate dalla "somma" delle singole proprietà dei materiali costitutivi ha sempre accompagnato l'idea progettuale, basti pensare alla paglia mischiata con il fango per ottenere un materiale da costruzione più resistente. Nel XIX secolo l'aggiunta di tondini di ferro al calcestruzzo ha permesso di realizzare strutture più resistenti e negli ultimi decenni nuove leghe e nuovi materiali sono stati usati per fabbricare motori, computer o aerei. Anche nell'ambito della concezione dei materiali compositi le nanotecnologie hanno indotto un'evoluzione.

Un nanocomposito è un materiale multifase dove una delle fasi ha una, due o tre dimensioni minori di 100 nanometri (nm), o strutture aventi distanze che ripetono la nano-scala nelle diverse fasi che costituiscono il materiale. Nel senso più ampio questa definizione può includere mezzi porosi, colloidali, gel e copolimeri, ma di solito si intende la combinazione solida di una matrice grossolana (bulk) e la fase (o fasi) nano-dimensionale definiti filler, che differiscono per le proprietà a causa delle differenze nella struttura e nella chimica. L'uso di nanoparticelle come rinforzante ha consentito di ottenere materiali dalle proprietà migliorate sia rispetto ai più tradizionali materiali, sia rispetto agli attuali compositi, fra le quali:

- miglioramento delle proprietà meccaniche quali resistenza all'urto, rigidità e stabilità dimensionale.
- nel caso di nanocompositi a matrice polimerica, diminuzione della permeabilità ai gas, al vapor d'acqua e agli idrocarburi (rispetto alla sola matrice), maggiore stabilità termica e resistenza chimica;
- buona conduttività elettrica e termica;
- buona resistenza all'abrasione.

Tali sorprendenti proprietà sono dovute essenzialmente, come si è accennato precedentemente, alle minute dimensioni delle particelle usate come rinforzante. Infatti quando si comincia a lavorare su dimensioni nanometriche, tutte quelle forze che siamo normalmente abituati a trascurare, come le forze di Van der Waals, cominciano ad avere un'importanza rilevante ai fini delle proprietà del materiale.

Al di là delle buone proprietà dei materiali nanocompositi, ciò che è veramente interessante è dato dal fatto che l'utilizzo di nanorinforzanti, consente di ridurre

drasticamente la quantità di carica da aggiungere alla matrice per poterne migliorare almeno una sua proprietà. Le nanocariche che vengono utilizzate normalmente per la produzione di nanocompositi possono presentarsi come particelle isodimensionali, se le loro tre dimensioni caratteristiche sono tutte dell'ordine del nanometro, oppure come nanoparticelle bidimensionali se solo due delle tre dimensioni sono delle dimensioni del nanometro oppure, infine, nanoparticelle lamellari se solo una delle loro dimensioni è dell'ordine del nanometro. Così come visto per i nanomateriali anche per i nanocompositi la letteratura scientifica fa differenti classificazioni. Per esempio a seconda che un nanocomposito contenga al suo interno un rinforzo che appartiene a una categoria anziché ad un'altra, verrà classificato come nanocomposito isodimensionali oppure come nanocomposito bidimensionale oppure come un nanocomposito lamellare⁶⁵.

La classificazione che si ritiene più appropriata nell'ambito del design è quella che si basa sul tipo di *filler* utilizzato, poiché si osserva che le proprietà tecniche e prestazionali del materiali finale dipendono dall'introduzione delle nanoparticelle introdotte e poiché le proprietà prestazionali sono parametro di valutazione per il progetto finito. Risulta interessante riflettere sul fatto che i nanocompositi, come visto anche per ciò che si è definito nanomateriale, si trovano anche in natura, per esempio nella struttura delle ossa e dunque anche nel caso dei nanocompositi la ricerca scientifica spesso si è posta come obiettivo, la creazione di questi materiali mediante l'analisi e la successiva imitazione dei principi intrinseci della natura.

Si descrivono di seguito sinteticamente alcuni degli usi delle nanopolveri e in appendice si approfondirà il tema.

Le nanopolveri di Silicio e di Allumina trovano impiego negli abrasivi per la lucidatura e la pulizia dei wafer di Silicio o dei dischi rigidi dei PC, mentre le nanopolveri di ossido di zinco o di diossido di titanio sono ottime se disperse nelle creme protettive solari, poiché migliorano l'azione schermante ai raggi UV. Le nanopolveri a base di ossido di ferro o di diossido di titanio conferiscono alle vernici ed alle tinture nelle quali vengono disperse migliori proprietà tribologiche, miglior resistenza al graffio, maggiore facilità di pulizia e maggiore resistenza ai solventi organici. Gli utilizzi sono nel campo

⁶⁵ Questa classificazione si ritiene adottabile qualora si accetti la classificazione riportata per i nanomateriali a 0D, 1D, 2 e 3D.

della verniciatura dei metalli, nella tintura dei tessuti e nel campo dell'impressione grafica e fotografica.

Le nanopolveri di diossido di Titanio trovano impiego inoltre nei catalizzatori utilizzati nell'industria chimica per aumentarne l'efficacia.

Le nanopolveri possono essere disperse all'interno del materiale da sinterizzare oppure possono essere sinterizzate esse stesse in toto. I materiali che si ottengono sono ceramici e metalli con migliori proprietà meccaniche. Attraverso le tecniche di *ball milling* si ottengono nanopolveri che dopo essere state sinterizzate, danno origine a leghe difficilmente ottenibili con altre metodologie. Alcuni esempi sono gli intermetalli, le soluzioni solide ed i metalli amorfi, impiegati per la realizzazione delle protesi. Esse garantiscono oltre alla biocompatibilità, anche una più rapida e migliore riuscita dell'impianto osseo grazie alla nanoporosità superficiale che le caratterizza.

È stata sperimentata con buoni risultati la possibilità di impiegare nanoparticelle per l'invio dei farmaci in modo mirato sugli organi colpiti da tumori.

L'aggiunta dei nanocompositi all'elenco dei materiali di progetto ha aperto nuovi orizzonti di sperimentazione. Si è verificata la possibilità di realizzare materiali compositi fotocromici, mediante l'aggiunta di filler di biossido di titanio in idrossido di nichel, si tratta di materiali che se esposti alla luce diventano scuri per poi ritornare trasparenti quando questa viene spenta, con applicazioni che vanno dalle finestre intelligenti alla fotonica. Gli impieghi dei nanotubi e dei fullereni sta riscuotendo un enorme interesse in molti settori: nell'industria cosmetica, nell'industria elettronica (per i transistor), nella metallurgia (leghe e metalli più leggeri e resistenti), nell'industria automobilistica, quali additivi di vernici antigraffio, nelle mescole dei pneumatici e negli attrezzi sportivi quali scioline per gli sci, mazze da golf e racchette e palle da tennis.

2.3 Nanoprodotti

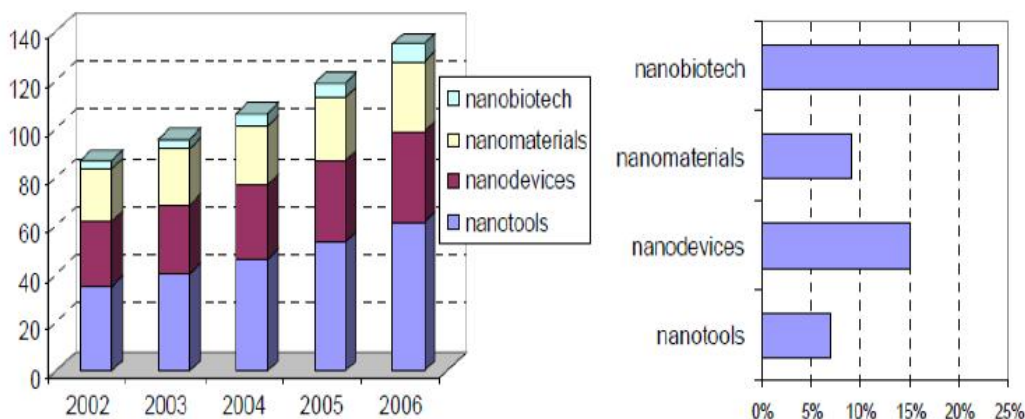
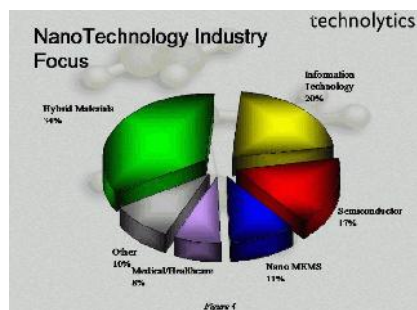
Nei precedenti capitoli è stata stabilita una classificazione dei materiali strutturati a scala nanometrica e dei nanocompositi, giungendo alla conclusione che nell'ambito del design, in sintonia con il linguaggio consolidato nel tempo, è idoneo distinguere il materiale nanostrutturato come il nuovo materiale ottenuto dall'aggregazione controllata a livello subatomico e nanocomposito il materiale ottenuto dall'aggiunta di nanostrutture a un materiale di base.

Volendo definire nel presente capitolo cos'è un nanoprodotta, si può assentire che è l'oggetto progettato facendo uso anche solo per una sua parte di nanotecnologie: costituito in parte o interamente da materiale progettato a scala nanometrica. Ad oggi alla crescita sostenuta dei nanomateriali è corrisposta un'altrettanta veloce produzione di nanoprodotti, grazie anche agli investimenti che i governi nazionali, le comunità scientifiche e le società private dedicano allo sviluppo delle nanotecnologie. Si stimano attualmente oltre 700 prodotti nanotecnologici sul mercato internazionale e dieci milioni di nuovi impieghi nella produzione correlata alle nanotecnologie entro il 2014⁶⁶. Dagli anni 2000 la ricerca applicata sui nanomateriali, inizialmente limitata ai soli settori aerospaziale e biomedico, ha cominciato ad interessare in maniera crescente altri campi scientifici, per esempio l'ambito dell'edilizia che riguarda le seguenti tipologie di prodotti:

- materiali cementizi autopulenti e fotocatalitici impiegati per intonaci e pavimentazioni
- compositi fibrorinforzati nanostrutturati per strutture leggere e resistenti
- vernici e rivestimenti nanostrutturati antiusura, anticorrosione, termici o fotocatalitici
- materiali organici per la conversione fotovoltaica
- isolanti trasparenti nanostrutturati
- vetri autopulenti, fotocromici e termocromici con nanoparticelle
- sorgenti luminose con nanotubi di carbonio

L'aerogramma sotto riportato fornisce un'idea relativa all'attuale produzione industriale nel settore delle nanotecnologie e i diagrammi successivi forniscono dati in merito all'andamento del mercato in Europa

⁶⁶ ISPEL, Dipartimento di Medicina del Lavoro - Direttore: Dott. Sergio Iavicoli



Tratto da Ricerca Europea nel campo della Nanoscienza e Nanotecnologia -7° Programma Quadro

Si riporta di seguito la classifica dei 10 migliori prodotti Nanotech, stilata nel 2004 dalla rivista Forbes/Wolfe⁶⁷ e di seguito a titolo esemplificativo delle schede distinte per settore produttivo di progetti o *concept* naotech.

1. Suolette per calzature super isolanti

Il prodotto si basa su un gel che grazie alla sua struttura nanoporosa aumenta l'isolamento termico di 3-20 volte rispetto a un materiale convenzionale dello stesso spessore. Sono state usate per la prima volta dal vincitore della Maratona del Polo Nord 2004, dalla squadra canadese di sci e dalle forze speciali dell'esercito americano durante operazioni in climi molto freddi.

2. Coprimaterasso lavabile

Si tratta di un coprimaterasso costituito di tre strati: il primo composto di fibre che impediscono l'assorbimento del sudore e dell'umidità durante il sonno e permettono

⁶⁷ Federica Lodato e Galdino Baldon, *La ricerca sulle nanotecnologie*, La Ricerca in Europa Foc pp.65-66

una rapida asciugatura del tessuto, il secondo strato, prodotto da Nano-Tex, crea una barriera semipermeabile nanostrutturata che intrappola i fluidi che verranno rimossi in fase di lavaggio e il terzo strato, quello superficiale, è realizzato in tessuto terry, una fibra tessile antibatterica perché ricoperta in modo permanente da nanocariche d'argento.

3. Palle e mazze da golf

L'azienda giapponese Maruman & Co produce mazze da golf con teste in titanio rinforzato con fullereni. Esse presentano maggiore durezza superficiale, risultano più resistenti e permettono di incrementare la gittata.

Le palle da golf nanostrutturate sono prodotte dall'americana NanoDynamics e permettono un maggior controllo della traiettoria.

4. Cura della pelle personalizzata

L'azienda Bionova offre dei prodotti personalizzati per la cura della pelle. A tale scopo ha creato creme contenenti nanoparticelle diverse a seconda delle esigenze degli utilizzatori.

5. Bendaggi contenenti nanoparticelle d'argento per ustioni della pelle

Prodotti dall'azienda canadese Nucryst Pharmaceutical sono dei bendaggi per vittime di gravi ustioni e di ferite croniche. Le nanoparticelle contenute nel bendaggio conferiscono un'efficace azione antibatterica. Esse risultano attive contro oltre 150 tipi di batteri e la loro azione è svolta in tempi rapidi e con una lunga efficacia.

6. Disinfettanti

L'azienda americana EnviroSystems ha prodotto il disinfettante commercializzato con il nome EcoTrue. Molte compagnie aeree lo utilizzano per prevenire eventuali diffusioni virulente di SARS.

Le sue peculiari caratteristiche sono dovute all'emulsione di nanoparticelle. Esse consentono l'impiego di quantità minime di principi disinfettanti, pur garantendo l'efficacia contro germi e batteri.

7. Spray superidrofobico BASF

L'azienda BASF ha sviluppato lo spray superidrofobico Mincor applicabile su materiali da costruzione quali cementi, mattoni, pietre calcaree e intonaci. L'estrema

idrorepellenza minimizza l'adesione fra le goccioline d'acqua che si depositano sulle superfici e impedisce ai liquidi di penetrare in profondità.

8. Trattamento per la trasparenza dei cristalli delle automobili.

Lo spray protettivo Clarity Defender, prodotto dall'azienda Nanofilm, applicato sui cristalli delle automobili li rende repellenti alla pioggia, alla neve, al ghiaccio e al catrame. Il prodotto aumenta la visibilità di circa il 34% e, se modificato, può essere applicato anche sulle lenti degli occhiali da sole per conferire proprietà antiriflesso.

9. Crema contro i dolori muscolari

Flex Power è una crema in grado di lenire i dolori muscolari degli atleti o delle persone che durante la vita di tutti i giorni sono sottoposti ad attività fisiche particolarmente gravose grazie ai liposomi nanometrici presenti nel prodotto.

10. Adesivi per protesi dentali

Il nuovo adesivo per protesi dentali fisse prodotto da 3M consente una salda adesione all'arcata dentale senza l'ausilio del dentista. Le nanoparticelle di silice consentono l'efficace adesione della protesi senza creare altri inconvenienti.

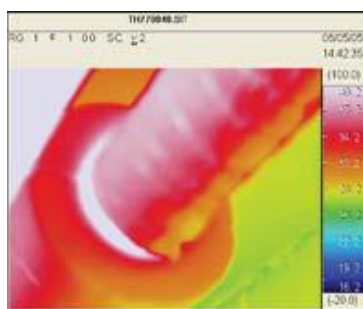
Schede nanoprodotti

Nome: Spaceloft®

Autore: Aktarus Group

Luogo e anno: Laives (BZ) 2007

Spaceloft® è un materassino isolante flessibile composto da aerogel. Le proprietà del materiale sono: la bassissima conducibilità termica, l'estrema flessibilità, la resistenza alla compressione, l'idrorepellenza e la facilità di utilizzo. Impiegato nelle applicazioni che richiedono le massime prestazioni in termini di isolamento termico, rappresenta ad oggi uno dei materiali maggiormente isolanti. Utilizzando nanotecnologie brevettate, l'isolante Spaceloft® combina aerogel di silice amorfa e fibre di rinforzo per fornire un prodotto ad altissime prestazioni, di facile maneggevolezza, sicuro e rispettoso dell'ambiente. Spaceloft® è oggi utilizzato nell'isolamento di gasdotti, oleodotti, costruzioni commerciali, residenziali, applicazioni aerospaziali, automobilistiche, celle frigo ed altre installazioni ove è previsto il massimo isolamento con spessori e peso ridotti. La figura a destra mostra una tubazione isolata in parte con un isolante preformato e in parte con Spaceloft®. Il confronto evidenzia che gli spazi d'ingombro sono drasticamente ridotti a parità di resistenza termica.



Tratto da: www.aktarusgroup.com

Nome: Airglass

Autore: Team Airglass - Università di Lund

Luogo e anno: Svezia 1977

La composizione dell'aerogel conferisce al materiale oltre la caratteristica di estrema leggerezza (densità = 3-100 kg/m³) e di ottimo isolante termico interessanti proprietà ottiche, quali l'elevata trasmittanza luminosa. L'azienda svedese Airglass, sfruttando tale proprietà sta mettendo a punto dei vetri o meglio un materiale trasparente che sembra vetro, che isola meglio della lana minerale ed è resistente al calore più che l'alluminio. Il vetro ad aerogel⁶⁸, ad oggi solo prototipo è definito anche vetro TIM (*Transparent Insulating Materials*)⁶⁹. E' costituito da due fogli di polimetilmetacrilato incorporati in vetrocamera bassoemissiva, costituiti da una struttura di silice microcellulare porosa e trasparente, la quale è in grado di fornire ottime prestazioni ottiche e termiche. I pori di tale struttura se mantengono un diametro minore della lunghezza d'onda della luce naturale, determinano un risultato di trasparenza molto elevato, ma in caso contrario, cioè quando il loro diametro ha dimensioni uguali o superiori a quelli della lunghezza d'onda della luce naturale, si hanno fenomeni di colorazioni tendenti al blu o al giallo. Una buona struttura è in grado di raggiungere valori di trasmissività luminosa e di guadagno solare pari a quelli di un vetro chiaro.



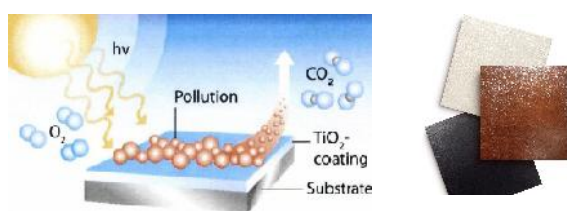
Tratto da: www.airglass.se

⁶⁸ L'aerogel viene prodotto in mattonelle di dimensioni tipicamente 10x10 cm e di spessori comunemente di 1 cm. Si producono attualmente due tipi di aerogel: igroscopico, o idrofobico, cioè impermeabile al vapor d'acqua.

⁶⁹ Un'altra tipologia di vetri TIM è quella a sistemi geometrici, questa categoria di vetri sfrutta le strutture geometriche ottenute con l'estrusione di materiale plastico o del vetro, che minimizzano le perdite termiche dovute agli scambi convettivi e radiativi all'interno di un doppio vetro.

Nome: Piastrella fotocatalitica
Autore: Oxigena - Gruppo ceramiche Gambarelli
Luogo e anno: Buonconvento (Si) 2003

L'azienda Oxigena ha prodotto delle piastrelle fotocatalitiche con anima in biossido di titanio che, imitando il processo della fotosintesi clorofilliana, producono ossigeno. La fotocatalisi è il fenomeno naturale per cui una sostanza, chiamata fotocatalizzatore, attraverso l'azione della luce naturale o artificiale, attiva un forte processo ossidativo che porta alla trasformazione di sostanze organiche e inorganiche nocive (ossido e biossido di azoto, biossido di zolfo, materiale particolato sospeso organico, composti aromatici volatili, monossido di carbonio e ozono) in composti assolutamente innocui. La fotocatalisi è quindi un acceleratore dei processi di ossidazione che già esistono in natura. Favorisce così la più rapida decomposizione degli inquinanti evitandone l'accumulo. L'ossido di titanio nanometrico miscelato con vernici o solventi per il trattamento delle superfici degli edifici rende inoltre le superfici autopulenti ed esercita un'azione antibatterica. Oxigena ha vinto importanti premi come il 2006 Woman's Day Specials della rivista americana "Kitchens & Baths", è stata finalista del *Sodalitas Social Award* nella categoria prodotti innovativi ed è stata inserita nell'annuario "ADI Design Index 2006" edito dall'Associazione per il disegno industriale.



R. Meier *Chiesa Dives in Misericordia* Roma

Nome: Metcast e Powerplant
Autore: ItN Nanovation AG
Luogo e anno: Germania 2000

La ItN Nanovation produce i filtri e sistemi di filtraggio ceramici cilindrici “Nanopore®” usando le nanoparticelle e i sistemi di filtraggio “CFM Systems®” composti da diversi moduli filtro. Il settore dei rivestimenti ceramici Nanocomp® comprende le categorie di prodotti “Metcast” e “Powerplant”. I prodotti della serie MetCast trovano impiego come rivestimento semipermanente nelle fonderie in conchiglia e come protezione permanente per colate in staffa nelle fonderie di metalli non ferrosi. Questo rivestimento offre alle superfici di minerali e metalli una protezione duratura e conferisce loro buone proprietà di sformatura quando vengono a contatto con i metalli liquidi.

I prodotti della serie Powerplant vengono impiegati come rivestimenti ceramici antiaderenti per processi industriali, al fine di evitare sedimentazioni e per facilitare il processo di pulizia in centrali termoelettriche a combustibile fossile, a rifiuti o biomassa, sistemi di colata elettronici, silos per materiali solidi. Essi impediscono fenomeni di sedimentazione e adesione in sistemi di condotte di fluidi, cosicché è possibile raddoppiare i tempi intercorrenti tra gli interventi di manutenzione e tra i cicli di pulizia.



Nome: Nano~tex
Autore: Nano~care®
Luogo e anno: Germania 2006

Il settore del tessile è uno dei più attivi nella ricerca delle applicazioni delle nanotecnologie⁷⁰. Le tecnologie impiegate sono di due tipi: la prima è quella dei trattamenti superficiali sia delle singole fibre che dei tessuti finiti come il trattamento al plasma, spray coating o la deposizione elettrostatica, che garantiscono una deposizione delle nanocariche superficialmente ai tessuti conferendo al prodotto finale proprietà anti-infeltranti, idrorepellenti, antistatiche, antimacchia e antipiega, antibatteriche e metallizzati a seconda delle nanocariche che si intende depositare, dando così alle fibre migliori caratteristiche estetiche senza alterarne la sensazione al tatto. La seconda tecnologia è quella dell'implementazione delle nanocariche direttamente nel polimero dando origine così a delle fibre in nanocomposito. Tale processo avviene chiaramente prima della realizzazione delle fibre, le quali vengono ottenute direttamente con le nanocariche disperse nella matrice polimerica. Questo processo conferisce funzionalità alle fibre e migliora le prestazioni del tessuto finale.

L'azienda Nano~care® ha prodotto un tessuto innovativo, waterproof, Nanotex, che ricoperto di “peluria” nano-whiskers rende la superficie simile a quella della pesca, garantendo così il cosiddetto “effetto loto”. Il tessuto con l'impiego di nanotecnologie è reso impermeabile, resistente alle macchie e alle pieghe ed è anche traspirante.



⁷⁰ Il paese che ha il maggior numero di pubblicazioni e brevetti (circa il 33 %) relativi ad applicazioni delle nanotecnologie per il tessile è la Cina, seguita dagli Stati Uniti, ma fra i primi dieci paesi al mondo che stanno lavorando in tale direzione vi sono anche Corea e Hong Kong.

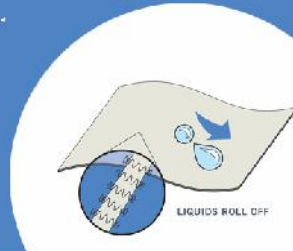
RESISTS SPILLS

Nano-Tex Resists Spills provides breakthrough spill resistance. Each fiber has been fundamentally transformed through nanotechnology, and the result is a fabric that:

- Resists spills
- Outperforms conventional fabric treatments
- Provides long-lasting protection
- Extends the life of the fabric
- Retains fabric's natural softness
- Allows fabric to breathe naturally
- Meets or exceeds ISO compliance

APPLICATIONS

Automotive
Home Textiles
Residential Furniture
Commercial Interiors



RELEASES STAINS

The revolutionary Nano-Tex releases fights with stains. Its innovative long-lasting technology and longevity in the home stops stubborn stains from becoming permanently transformed through nanotechnology, and the result is a fabric that:

- Allows stains to wash out easily
- Retains natural absorbency
- Provides long-lasting protection
- Looks better longer
- Retains its natural softness
- Allows fabric to breathe naturally

APPLICATIONS

Automotive
Home Textiles



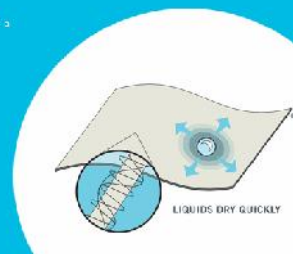
COOLEST COMFORT

Nano-Tex Cool Comfort provides breakthrough moisture-wicking. Each fiber has been fundamentally transformed through nanotechnology, and the result is a fabric that:

- Balances body temperature
- Enhances comfort
- Retains fabric's natural softness
- Allows fabric to breathe naturally

APPLICATIONS

Automotive
Home Textiles



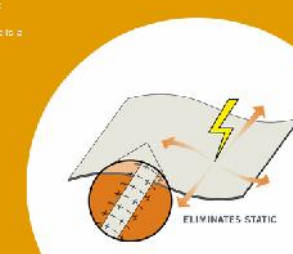
RESISTS STATIC

Nano-Tex Resists Static provides revolutionary static resistance. Each fiber has been fundamentally transformed through nanotechnology, and the result is a fabric that:

- Provides permanent static protection
- Retains its natural absorbency
- Enhances appearance and comfort
- Retains fabric's natural softness
- Allows fabric to breathe naturally

APPLICATIONS

Automotive
Home Textiles



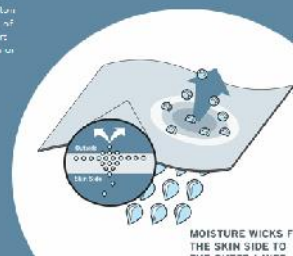
DRY INSIDE PERFORMANCE COTTON

Nano-Tex introduces a revolutionary new fabric known as Performance Cotton. This new Performance Cotton fabric combines the moisture management capabilities of the best synthetic active-wear garments with the comfort of 100% cotton. You can now fully enjoy your favorite activities without being hot on the inside.

- Wicks moisture away from skin
- Won't leave heavy and damp
- Won't irritate with like wet fabrics
- Will dry quicker than normal cotton
- Retains its natural softness
- Meets or exceeds ISO compliance

APPLICATIONS

Automotive



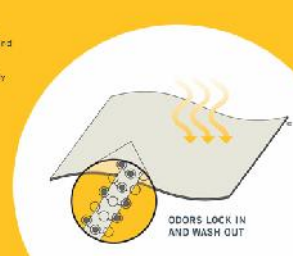
NEUTRALIZER

Nano-Tex Neutralizer provides a breakthrough in odor resistance. Each fiber has been fundamentally transformed through nanotechnology, and the result is a fabric that:

- Allows odors to lock in and wash out
- Keeps you fresh and confident
- Allows fabric to breathe naturally
- Maintains performance over time
- Retains its natural softness
- Meets or exceeds ISO compliance

APPLICATIONS

Automotive
Home Textiles



Tratto da: www.nano-tex.com

Nome: Quota Zero Jacket
Autore: GZE Grado° Zero Espace⁷¹
Luogo e anno: Montelupo (Fi) 2001-2007

Quota Zero jacket è un capo di abbigliamento sportivo per chi opera ad alta quota. È stato impiegato il cosiddetto sistema coperto da brevetto Pro-Hand[®] studiato per proteggere la mano e per evitare la perdita dei guanti dovuta alle improvvise raffiche di vento.

La struttura è caratterizzata da più livelli di tessuto. Lo strato esterno è impermeabile e antivento, lo strato interno è isolante e termico.

Partendo dallo strato più esterno, i materiali componenti sono: un tessuto impermeabile e traspirante con una speciale membrana attiva termoregolante, un tessuto a struttura tridimensionale applicato sulla schiena, un tessuto *stretch* nella zona laterale della scapola, un inserto in Turtleskin⁷² sulle spalle nella zona di scarico dello zaino, un tessuto più rigido sui gomiti e un rinforzo antiscivolo sotto il guanto. Grazie alle tecnologie ad alta frequenza e alle termonastrature delle cuciture, viene garantita una perfetta tenuta stagna.

L'imbottitura della giacca è removibile e intercambiabile a seconda delle necessità e dal contesto d'uso. In questo modo è possibile utilizzare Quota Zero Shell, la versione priva di imbottitura interna, come un impermeabile attivo e anti vento, utile in diverse situazioni dove non è necessaria un'estrema coibentazione termica, come per esempio nel settore nautico. L'imbottitura interna è proposta in tre versioni diverse a seconda della tipologia di isolante termico.



Quota Zero - HIGH PERFORMANCE

Questa imbottitura utilizza un materiale che garantisce l'isolamento termico in ambienti estremamente rigidi trasmettendo calore e allo stesso tempo garantendo un'alta

⁷¹ Società di ricerca, consulenza e prototipazione nata nel 1998 a Montelupo (Fi)

⁷² Azienda americana che con il marchio turtle skin ha brevettato tessuti unici nel loro genere per leggerezza, resistenza e compattezza, tanto da essere impiegati anche dall'ente spaziale NASA per le missioni su Marte.

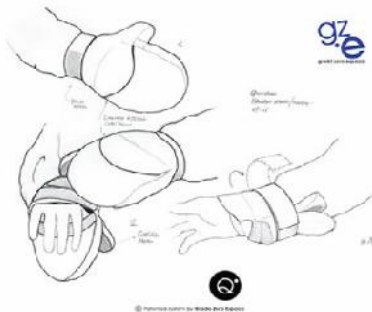
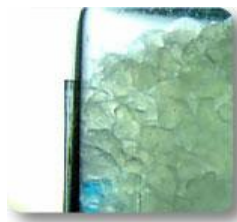
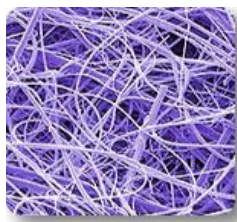
traspirazione. È leggera e soffice al tatto, inoltre è un materiale durevole e conserva le sue proprietà a lungo.

Quota Zero - AEROGEL DESIGN SYSTEM

Imbottitura composta da uno dei materiali più isolanti al mondo: l'aerogel. All'interno del capo sono state individuate delle aree che necessitano un maggiore controllo della temperatura corporea e che quindi vengono protette da sagome anatomiche di questo materiale.

Quota Zero - BLUE AIR

Traspirante e leggera questa imbottitura è dotata di straordinaria resistenza termica. Ha la capacità di mantenere costante la temperatura corporea grazie alla sua struttura porosa che può assorbire l'umidità emanata dal corpo e rilasciarla gradualmente all'esterno.



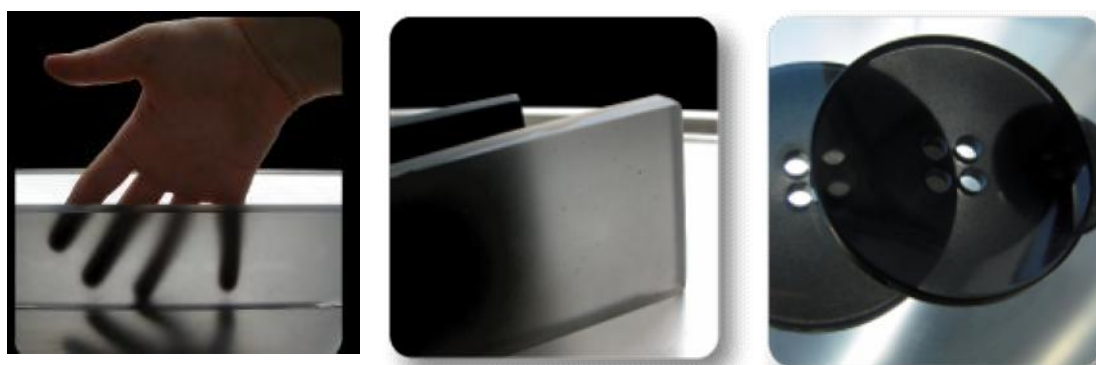
Nome: Absolute Black
Autore: GZE Grado° Zero Espace
Luogo e anno: Montelupo (Fi) 2001-2007

Grado Zero Espace, integrando nanoparticelle all'interno di matrici polimeriche di vario genere, ha realizzato una serie di prototipi dalle particolari caratteristiche estetiche, resistente ai graffi, lavorabile e che assorbe efficacemente la radiazione visibile incidente. Absolute Black è il brand con il quale si identifica il processo che permette di ottenere diversi materiali polimerici, contenenti percentuali variabili di Nanotubi in Carbonio (CNTs) ed altre micro-cariche, in grado di assorbire efficacemente tutte le radiazioni dello spettro visibile.



Per l'ottenimento di un buon effetto nero, sono stati utilizzati i CNTs, composti chimici formati da soli atomi di carbonio organizzati in una struttura cilindrica ad esagoni. Essi si presentano come una polvere nera finissima totalmente insolubile ma che può essere dispersa in varie matrici mediante l'utilizzo di tecniche e additivi appropriati.

L'Absolute Black Crystal è una versione di Absolute Black, con le stesse caratteristiche a eccezione dell'assorbimento della radiazione visibile, per questo motivo è traslucido.



Nome: Confort Feet
Autore: Aspen Aerogels
Luogo e anno: Massachusetts 2004

È una soletta per scarpe composta da materiale nanoporoso l'aerogel, che blocca sia il freddo sia il caldo pur rimanendo leggero, sottile e confortevole da essere indossato in tutti i tipi di scarpe. L'aerogel ha un potere isolante da -200°C a $+200^{\circ}\text{C}$. La foto sotto riportata dimostra che il piede poggiato sul ghiaccio alla temperatura di -40°C con la soletta interposta mantiene la temperatura a $+20^{\circ}\text{C}$. Sono state usate per la prima volta dal vincitore della "Maratona del Polo Nord 2004", dalla squadra canadese di sci e dalle forze speciali dell'esercito americano durante operazioni in climi molto freddi. Il prodotto si basa su un gel che grazie alla sua struttura nanoporosa aumenta l'isolamento termico di 3-20 volte rispetto a un materiale convenzionale dello stesso spessore.



Tratto da: www.teknoolnanotecnologie.com

Nome: Dog Gone Smart Technology™
Autore: Dog Gone Smart pet products
Luogo e anno: Wilton- Stati Uniti 1990

Il fondatore dell'azienda produttrice di questo nanoprodotto è Chris Onthank. Si tratta di un cuscino realizzato con cotone organico certificato e bambù. Il materiale di riempimento è un kapok, che è una fibra ecologica naturale. Grazie all'utilizzo di nanoparticelle il tessuto è sempre pulito, riduce la diffusione dei batteri, delle allergie e delle infezioni, evita la formazione di sgradevoli odori e ha un'elevata resistenza all'usura. Il tessuto ha ottenuto l'approvazione Bluesign®, una rete mondiale di rappresentanti dell'ambiente scientifico, dell'industria e delle associazioni ambientali che stabiliscono le norme per assicurare che i prodotti tessili siano sicuri per l'uomo e per l'ambiente. Bluesign raccomanda l'uso del tessuto Nanosphere® (tessuto con cui è realizzato questo nanoprodotto) in quanto garantisce la totale esclusione di sostanze nocive all'uomo nonché un razionale utilizzo di risorse per la produzione dello stesso. Nanosphere® è utilizzato da importanti aziende a livello mondiale: Polo Ralph Lauren, North Face, Adidas, Quiksilver, Hugo Boss, Woolrich ecc.



Nome: Kitchen life Spices
Autore: TVS World⁷³
Luogo e anno: Urbino 2008

Kitchen life Spices è la nuova linea ecologica TVS con rivestimento ceramico nanotecnologico, Eco-ok, ideato per rispettare l'ambiente. La sua produzione è a bassa emissione di CO₂; anche il packaging è totalmente riciclabile e si trasforma in un vasetto dove coltivare i semi della piantina di spezia allegata, che riassorbirà la CO₂ emessa per la produzione della padella.

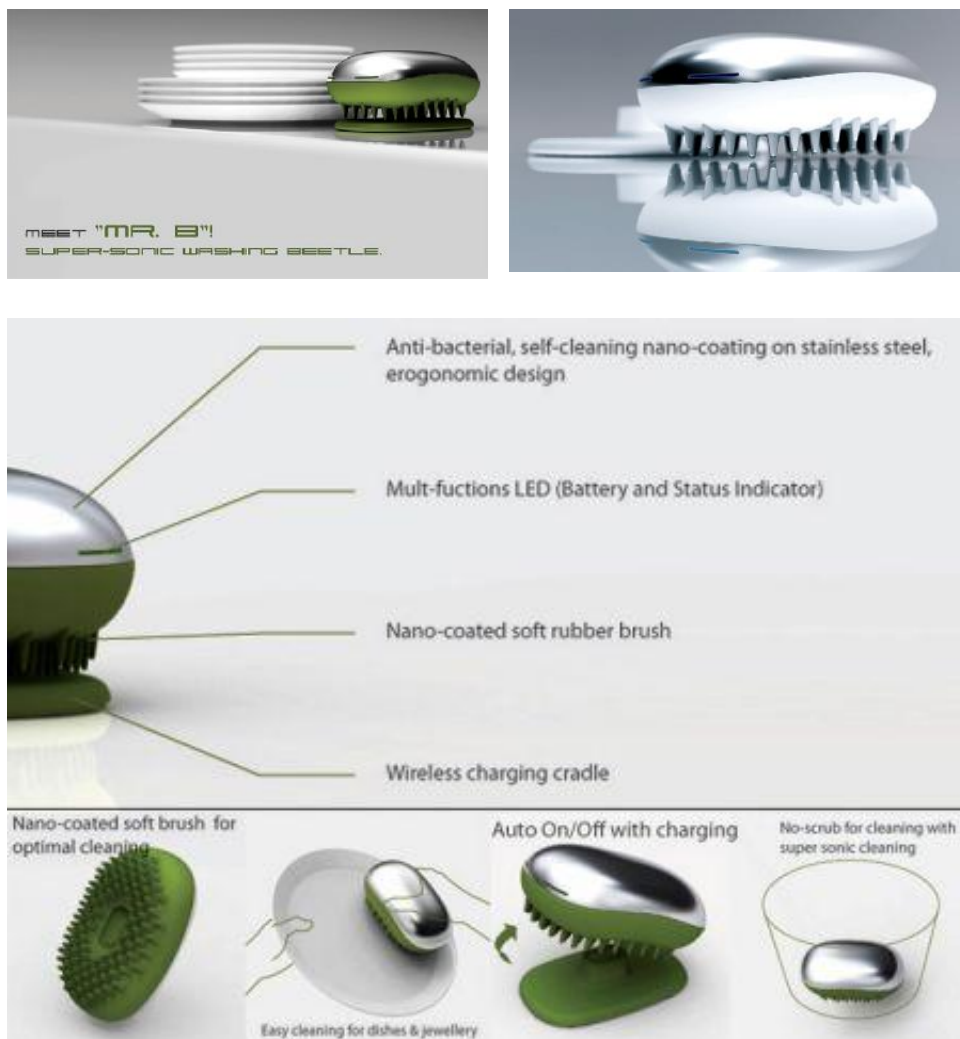


Tratto da: www.tvs-spa.it

⁷³ Società nata a Urbino nel 1968

Nome: Mr. B
Autore: Jinsoo Park - Cube2
Luogo e anno: Corea del Sud 2009

Mr. B è un prototipo di spugna per lavare i piatti, è realizzato nella parte inferiore con naocomposito che garantisce l'antibattericità e nella parte superiore in metallo con rivestimento nanostrutturato che lo rende autopulente e anti-batterico. La spazzola in gomma morbida è sicura su tutte le superfici e la forma ergonomica consente una ottima presa. Viene fornito con una "culla" di ricarica wireless, e la presenza di led comunica lo stato della batteria.



Nome: Stazione 820 della EKO S.r.l.
Autore: Tecnologia & Design⁷⁴
Luogo e anno: Treviso 2006

A partire dal 1998 la Camera di Commercio di Treviso ha favorito l'acquisto di impianti per aumentare la tipologia e la disponibilità di servizi di prototipazione rapida a beneficio delle aziende della marca trevigiana.

La gestione di questi servizi è stata affidata alla Società Consortile di Montebelluna Tecnologia & Design, già noto alle aziende per la sua presenza in questo settore e per la sua presenza a livello internazionale in attività di ricerca e sviluppo nelle aree del Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Time Compression Engineering e produzione di piccole preserie.

La Treviso Tecnologia è un'azienda Speciale della Camera di Commercio di Treviso che promuove la diffusione dell'innovazione tecnologica, la qualificazione dei prodotti e dei sistemi produttivi, lo sviluppo di *know-how* e professionalità emergenti, in un contesto di collegamenti in rete fra mondo delle imprese, dei professionisti, delle università, dei parchi scientifici e dei giovani che accedono al mondo del lavoro.

Il progetto si è svolto in collaborazione con l'azienda trevigiana EKO S.R.L., che ha messo a disposizione appunto un nuovo prodotto, di cui stava avviando lo sviluppo. In questo progetto si è voluto verificare la possibilità di utilizzare una nuova resina per stereolitografia, ottenuta a partire da nanocomponenti, per realizzare sia campioni atti a prove funzionali, oltre che estetiche e geometriche, sia preserie di prodotti o componenti in ottica di Rapid Manufacturing. Si tratta di una resina che si caratterizza, fra l'altro, per la resistenza a temperature elevate e questa sua particolarità ha orientato inizialmente la ricerca di sperimentazione verso prodotti con problemi di temperatura interni; la concomitante disponibilità di un progetto di sviluppo di nuovo prodotto in un'azienda del trevigiano ha orientato la scelta su un elettrodomestico: una stazione stirante.

⁷⁴ Tecnologia & design è una società consortile a responsabilità limitata costituita nel 1998, i cui soci sono la Camera di Commercio di Treviso, VI Holding (Società della Regione Veneto), Unindustria Treviso (Unione degli Industriali della Provincia di Treviso), Confartigianato (Marca Trevigiana) e il Comune di Montebelluna. Il progetto è stato curato dall'Ing. Andrea Pagnossin, Ing. Alessandro Bellio, Ing. Roberto Santolamazza, Ing. Osvaldo Carlon.

La resina cui si è accennato è la 15120 (NanoForm™, denominazione brevettata assieme al materiale) dell'azienda statunitense SOMOS ed è stata il primo materiale introdotto nel mercato alla fine del 2004, basato su nanoparticelle per i processi di prototipazione rapida in stereolitografia.

È caratterizzato nelle sue specifiche tecniche dalla capacità di resistere a temperature elevate. Il progetto di ricerca poneva attenzione alle due parti dell'elettrodomestico che normalmente si surriscaldano maggiormente e dunque i supporti della caldaia e l'involucro esterno o base, che solitamente vengono realizzate con materiale sintetico PVC o polipropilene.

Fino ad oggi non era possibile realizzare prototipi stereolitografici con caratteristiche di elevata rigidità alle alte temperature. L'oggetto "prototipato rapidamente" pertanto era sì adatto a valutazioni di tipo estetico, alle verifiche di assemblaggio e ad alcune funzionali, ma non ad alcuni test a questi livelli di temperatura. L'introduzione recente nel mercato del NanoForm™, che resiste a temperature elevate, ha dato lo spunto al presente progetto di ricerca applicata.

La sperimentazione è stata inserita in un ciclo di sviluppo di un nuovo prodotto effettivo, che aveva come riferimento i materiali tradizionali e che vedeva la prototipazione rapida come uno strumento di industrializzazione per le valutazioni estetiche e dimensionali.

Il NanoForm™ presenta molte caratteristiche interessanti, accompagnate allo stesso tempo da quelle peculiari delle resine per stereolitografia e cioè tolleranza dimensionale e tolleranza di forma strette nonché accurata finitura superficiale.



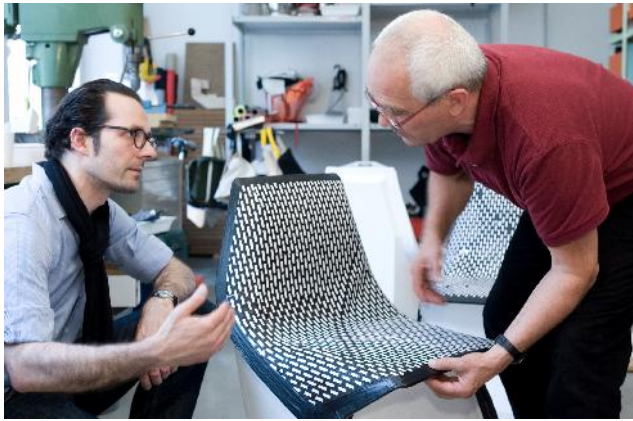
Nome: Myto Konstantin
Autore: Konstantin Grcic, Azienda Plank⁷⁵
Luogo e anno: Ora (Bz) 2008

Myto è una sedia comoda, leggera e impilabile, realizzata con un materiale brevettato dall'azienda Basf denominato Ultradur® High Speed, una plastica potenziata dall'aggiunta di nanoparticelle uniformemente distribuite, che determinano una riduzione della viscosità della plastica fusa. Ciò riduce la temperatura e il tempo impiegato nel processo di stampaggio. Le nanoparticelle accelerano nel processo di iniezione il movimento della catena polimerica, consentendo un risparmio di energia fino al 20% e una riduzione del 30% dei tempi necessari al ciclo. Il materiale essendo più resistente inoltre può essere impiegato in quantità minori. Il materiale Ultradur® High Speed, ha ricevuto la cosiddetta “etichetta di eco-efficienza”



Tratto da www.interstudio.com.au

⁷⁵ Fondata nel 1893 da Karl Plank



Nome: Racchetta da tennis
Autore: Wilson
Luogo e anno: Chicago 2006

Molti articoli sportivi high-tech vedono l'impiego di nanocompositi. La tecnologia nCode è stata messa a punto dalla Wilson. Tutte le racchette sono fatte da miliardi di fibre di carbonio legate insieme da fonti di calore. Quest'adeguamento effettuato su scala molecolare rafforza e migliora considerevolmente la stabilità globale della matrice di carbonio. Questo metodo rivoluzionario, associato ad una nuova forma di telaio, ed una nuova tecnologia (nZone), garantisce potenza, facilita il gioco e longevità del prodotto. Le racchette nCode sono due volte più stabili e garantiscono fino al 22% in più di potenza delle racchette normali.



Nome: Palline da tennis double core
Autore: Wilson
Luogo e anno: Chicago 2006

La Wilson sta producendo una tipologia di palline da tennis definite Double Core in cui si utilizza uno strato interno in nanocomposito che migliora notevolmente la durata delle palline. L'effetto barriera del nanocomposito, infatti, ritarda notevolmente la perdita di performance dovuta alla fuoriuscita di aria, portandole ad una durata di circa 4 settimane.

Il guscio interno delle palline da tennis è stato rivestito con un barriera chiamata Air Defense™ elaborata da Mat™ LLC, che ostacola il flusso d'aria che esce lentamente dall'interno. La permeazione dell'aria è ridotta del 200% aumentando nel complesso la longevità delle palline. In altri articoli sportivi come mazze da golf, palline da golf, palle da bowling, ecc. la stessa azienda impiega da alcuni anni nanocompositi.



Nome: Nano Ti.tour
Tipologia: prodotto
Autore: Head

La Head ha realizzato un modello di racchetta da tennis prodotta affiancando nanocompositi rinforzati con nano tubi, ai tradizionali compositi in fibra di carbonio. In particolare con questa tecnologia sono stati prodotti gli stabilizzatori laterali della racchetta, ottenendo un effetto molto significativo in termini di incremento della rigidità.

Il gioco del tennis è un esempio lampante di come la nanotecnologia sta avendo un interessante applicazioni anche nelle attrezzature sportive. La racchetta prodotta dalla Head è realizzata in graphite composite titanium, è un materiale più resistente dell'acciaio e molto più leggero, circa 1/6 del peso con materiali tradizionali.



Nome: Nanodynamics ball
Autore: Algonquin Studios
Luogo e anno: Buffalo, New York 2005

È stata messa a punto una pallina da golf che può correggere il proprio percorso di volo in modo da mantenere la traiettoria più dritta possibile rispetto le convenzionali. La palla non si sposterà di 45 gradi a mezz'aria. In una pallina da golf tradizionale le imperfezioni nella composizione possono causare oscillazione durante la traiettoria. Il risultato ottenuto mediante l'impiego delle nanotecnologie è quello di una massa più uniforme nel nucleo. L'altro vantaggio deriva dall'aver un guscio più resistente esterno, che riduce le deformazioni che subisce la pallina una volta colpita, perdendo l'energia che le era stata conferita attraverso il colpo del giocatore. La palla ha un costo di 7 – 8 \$ dollari

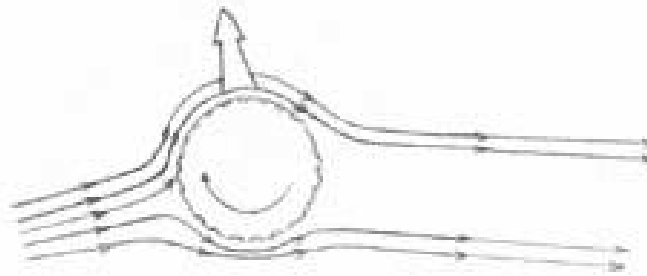
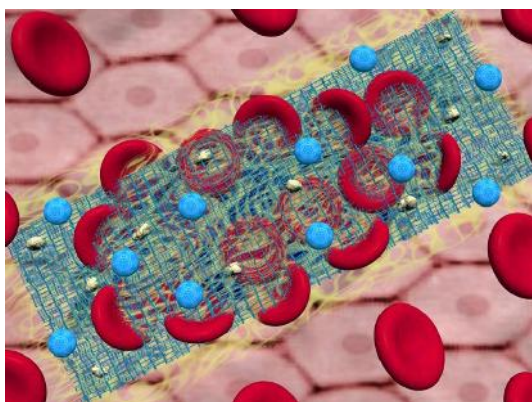


Diagramma delle forze fisiche che agiscono su una pallina da golf tradizionale



Nome: Compeed cerotto liquido
Autore: Johnson & Johnson
Luogo e anno: Stati Uniti 1990

Le applicazioni della nanotecnologia nell'ambito della medicina vanno dall'uso medico dei nanomateriali, alla formulazione di nuovi sistemi per la somministrazione dei farmaci (ad esempio attraverso i liposomi), ai biosensori nanotecnologici, al possibile utilizzo futuro della nanotecnologia molecolare. Un'azienda americana ha inventato un nanomateriale liquido che, a contatto con ogni tipo di ferita, blocca immediatamente il sangue creando una specie di cerotto, che non ha più bisogno di essere strappato via. Il liquido contiene peptidi artificiali, speciali molecole studiate per formare spontaneamente una barriera fibrosa al contatto con ambienti salati e umidi, cioè come la nostra pelle. Applicato su di una ferita, bastano pochi secondi per far reagire il cerotto liquido. In effetti, i peptidi sintetici sono un prodotto dei primi anni '90 (scoperto al Mit), solo recentemente è stata scoperta la loro straordinaria capacità di fermare il sangue: al punto che i ricercatori prevedono di poterli usare anche in sala operatoria, per bloccare o addirittura prevenire gravi emorragie, anche interne. Secondo le informazioni promozionali, inoltre, non brucia, dà sollievo immediato dal dolore, arresta il sanguinamento e favorisce una guarigione più rapida poiché crea una barriera contro acqua, sporco e batteri aiutando a prevenire le infezioni.



Tratto da www.focus.it.
Nanocerotto visto con gli occhi di un artista
(Disegno© Tim Fonseca)

Nome: Doxil®
Autore: ALZA Corporation
Luogo e anno: Stati Uniti 2005

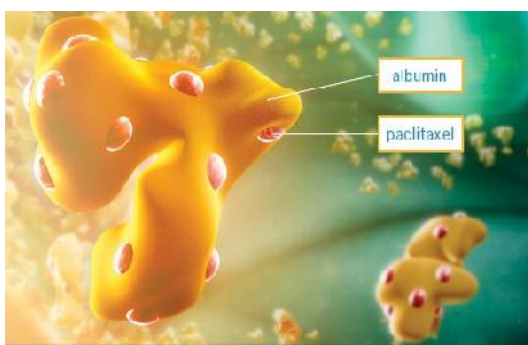
Si tratta di un farmaco anticancro per il trattamento del carcinoma ovario refrattario, realizzato da laboratori americani impiegando la tecnologia Stealth®, sinteticamente spiegata dalla ditta produttrice consistente nell'incapsulare mediante nanoparticelle lipidiche glucosio polietilenico. Questo rivestimento aiuta ad eludere l'impatto potenziale del sistema immunitario. Inoltre la tecnologia Stealth® garantisce l'invio del farmaco in specifiche aree del corpo. Il prodotto è stato approvato nel 2005 dalla FDA Food and Drugs Administration. Il Food and Drug Administration è l'ente governativo statunitense che si occupa della regolamentazione dei prodotti alimentari e farmaceutici. Esso dipende dal Dipartimento della Salute e dei Servizi Umani degli Stati Uniti. L'FDA, presieduta da un Commissario che viene nominato e confermato dal Senato, ha come scopo la protezione della salute dei cittadini attraverso regolamenti che controllino la messa sul mercato dei prodotti che sono sotto la sua giurisdizione, tra cui i farmaci, gli alimenti, gli integratori alimentari e gli additivi alimentari, i mangimi e farmaci veterinari, le attrezzature mediche, il sangue e gli emoderivati per trasfusioni e i cosmetici. Tra gli strumenti di controllo sono previsti sia valutazioni prima della messa sul mercato, sia il monitoraggio post-commercializzazione.



Nella figura a sinistra: Cryo-tomografia dei liposomi Vitrobot congelati contenenti il farmaco anti-cancro Doxil (Nature Medicine, 2003) per gentile concessione del campione del Dr. P. Frederik e Mr. Bomans P., Università di Maastricht, Paesi Bassi. Tratta da www.fe.i.com

Nome: Abraxane™ paclitaxel
Autore: American Pharmaceutical Partners, Inc.
Luogo e anno: Stati Uniti 2006

Si tratta di un farmaco per curare il cancro metastatico al seno, approvato nel 2005 dall'FDA. Appartiene al gruppo di medicinali antitumorali noti come "taxani". Paclitaxel blocca la capacità delle cellule tumorali di scindere il loro "scheletro" interno e ciò consente alle cellule stesse di dividersi e moltiplicarsi. Se questo scheletro rimane intatto, le cellule non possono dividersi e pertanto muoiono. Questo medicinale utilizza l'albumina, una proteina umana, per fornire la chemioterapia, non contiene solventi chimici tossici e ciò elimina la necessità di premedicazione con steroidi o antistaminici nei casi di ipersensibilità. Sono stati riscontrati in alcuni casi (1 su 10) effetti indesiderati quali neutropenia (diminuzione del numero di neutrofilo), anemia (diminuzione del numero di globuli rossi), leucopenia (riduzione del numero di globuli bianchi), linfopenia (riduzione dei livelli di linfociti, un tipo di globuli bianchi), parestesia (sensazione anomala di formicolio e pizzicore), nausea, diarrea, vomito, stitichezza, stomatite (infiammazione della mucosa della cavità orale), alopecia (caduta di capelli e peli) ed altri. Questo medicinale ha infine il vantaggio di essere somministrato in soli 30 minuti rispetto ai più comuni farmaci dello stesso tipo che richiedono dei tempi di somministrazione più lunghi.



Appendice

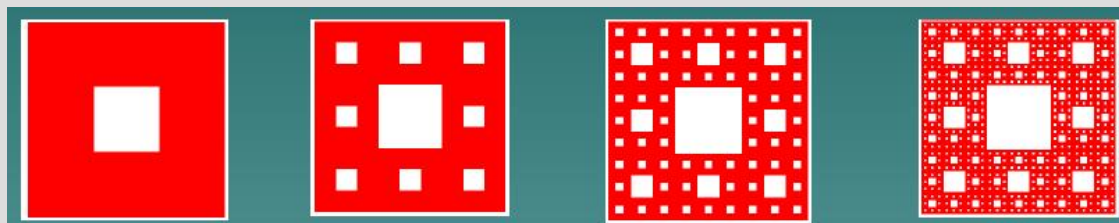
Classificazione dei nanomateriali nella letteratura scientifica

Nanomateriali a base di carbonio

Aerogel

È possibile nanostrutturare materiali composti quasi esclusivamente da aria, seguendo un processo di sottrazione di volume di materia, secondo il modello matematico della “spugna di Menger”.

Un materiale cosparso di tante bollicine ha una grande superficie interna. La superficie interna più estesa è quella della spugna di Menger, derivante dal cosiddetto “tappeto di Sierpinski”, il cui volume tende a zero e la superficie ad infinito. Il concetto matematico è assimilabile alla meringa. Essa è composta da bianco d'uovo montato a neve, zuccherato e cotto e tenendola in mano si avverte immediatamente una sensazione di calore. Questo fenomeno è dovuto al fatto che l'aria contenuta nella meringa è intrappolata in milioni di bollicine microscopiche. Non può quindi circolare e scambiare calore e in questo modo diventa un ottimo isolante termico.



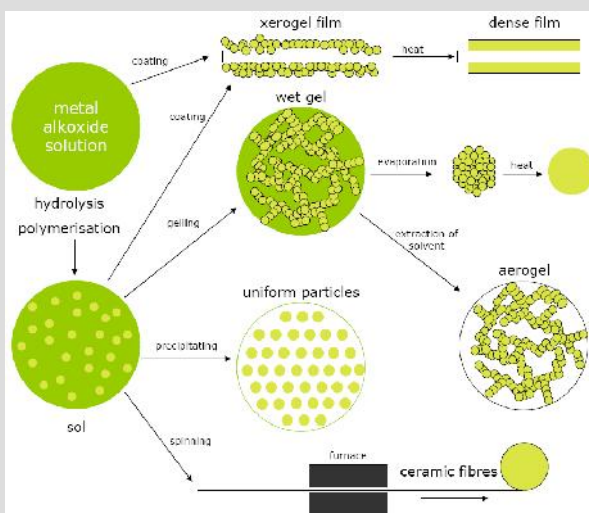
L'aerogel, inventato nel 1931 da uno scienziato tedesco, Steven Kistler, è un solido nanoporoso, realizzato con il suddetto principio. Lo scienziato riuscì ad eliminare la maggior parte dei liquidi presenti all'intero di un gel al silice, senza distruggere la catena molecolare che teneva in piedi la struttura. Il suo peso è di poco superiore a quello dell'aria, la superficie interna effettiva è tanto ampia da produrre particolari effetti. Un pezzo di aerogel a base di carbonio, delle dimensioni di una zolletta di zucchero, può avere una superficie interna di 2000 m². L'aerogel è il materiale più leggero e coibente esistente al mondo. Esso è prodotto disidratando un gel siliceo in condizioni supercritiche. Il materiale finale risulta, pertanto, composto da una matrice solida estremamente porosa, dato che la parte solida rappresenta appena il 5% del volume del materiale. Le caratteristiche principali del materiale sono: leggerezza – pesa appena 3 volte l'aria e 10 volte meno del più leggero coibente termico – trasparenza – il diametro medio sia della particella primaria costituente il materiale sia dei pori risulta sensibilmente inferiore alla lunghezza d'onda della radiazione visibile – e resistenza al passaggio del calore – vista l'esigua frazione di solido di cui è composto il materiale.

La coibenza termica viene ulteriormente aumentata quando si elimina il trasporto di calore per convezione del gas interno ai pori, mediante applicazione sotto vuoto. I valori di coibenza, in questo caso, risultano sensibilmente maggiori di quelli dei migliori coibenti in fibra minerale. I problemi principali nell'applicazione consistono nella elevata fragilità e nel comportamento idrofobo della superficie, entrambi conseguenti ad una bassa resistenza a trazione del materiale.

Lo schema di seguito riportato illustra il procedimento sol-gel, mediante il quale si ottiene questo materiale ed altri. La tecnologia sol-gel costituisce uno dei principali metodi per la fabbricazione di materiali, tipicamente ceramici, a partire da precursori in fase liquida. Con il termine sol-gel si indica una sospensione colloidale in grado di solidificare formando un gel. Il prodotto poroso ottenuto viene quindi purificato chimicamente e scaldato ad alte temperature, formando ossidi di elevata purezza. Il gel può anche essere addizionato di sostanze dopanti con lo scopo di conferire particolari proprietà al solido vetroso ottenuto. Può essere sfruttato in

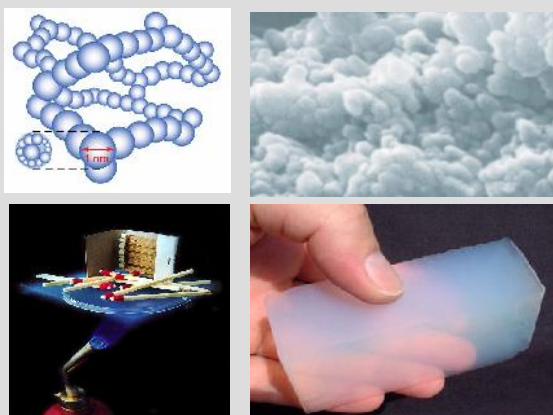
diversi ambiti produttivi, tra i quali la produzione di ceramiche, la fabbricazione di pezzi per colatura del fuso, per la produzione di aerogel e rivestimenti molto sottili di ossidi metallici. I vantaggi del processo sol-gel sono costituiti dall'economicità del processo in termini di impianti industriali e costo dei materiali di partenza.

I materiali ottenuti attraverso tecniche sol-gel sono utilizzabili in diversi settori: rivestimenti autopulenti basati sull'effetto fotocatalitico del biossido di titanio, rivestimenti antiriflesso su vetro, lenti, teche per espositori rivestimenti protettivi su metalli preziosi in settori come bigiotteria, gioielleria, posateria ecc.



Tecnologie sol-gel e loro prodotti

L'aerogel è stato impiegato dall'azienda Aspen, attualmente fornitrice ufficiale degli indumenti della nazionale di sci canadese, da alcuni corpi speciali delle forze armate americane e come rivestimento per tute e giacche indossate dagli astronauti della Nasa: una sfoglia di 3 mm di questo gel è capace di isolare il corpo umano da temperature inferiori ai 50 gradi centigradi. È stato impiegato inoltre per la realizzazione di pannelli isolanti per aerei ed elicotteri. L'azienda svedese Airglass sta realizzando dei pannelli isolanti destinati a pareti e finestre.



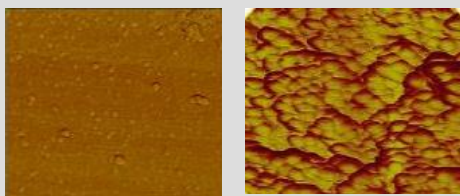
La Indesit Company sta elaborando un progetto di ricerca impiegando l'aerogel. Il progetto è chiamato Coolbricks è un "frigorifero intelligente", realizzato con aerogel. È un frigorifero costituito da contenitori modulari, ognuno separato dall'altro e con specifiche temperature per ogni tipologia di cibo da conservare, ottimizzando i consumi di energia e la resa della refrigerazione componibile e versatile, assolutamente personalizzabile a seconda delle esigenze di spazio, di consumo e di estetica del singolo consumatore. I moduli di Coolbricks possono anche essere smontati e trasportati su un ulteriore modulo, come fosse un trolley.



Nanomateriali a base vetrosa

Rivestimenti Ceramici

I rivestimenti di conversione al fosfato di ferro rappresentano da un secolo la colonna portante del pretrattamento del metallo. È stato messo a punto un nuovo rivestimento di conversione inorganico per la protezione a lungo termine dei substrati metallici verniciati con nanoparticelle autosedimentanti di ossidi di metallo miscelati (nanoceramica). Questo rivestimento di conversione consente di migliorare l'adesione della vernice al supporto ed elevare la resistenza alla corrosione, inoltre è esente da fosfati e da altri metalli pesanti e può essere applicato a temperatura ambiente in un ciclo normale di pretrattamento su acciaio grezzo, galvanizzato e su substrati di alluminio.



A sinistra una superficie ceramica non trattata
A destra nanoceramica

Nanomateriali a matrice polimerica

Si definisce nanomateriale a matrice polimerica un nanocomposito in cui si utilizza un polimero (termoplastico o termoindurente) come matrice e dei nanofiller quali rinforzi.

Le proprietà di questi materiali, in relazione ai filler aggiunti sono:

- ottime proprietà meccaniche quali resistenza, rigidità e stabilità dimensionale
- diminuzione della permeabilità ai gas, all'acqua, al vapor d'acqua e agli idrocarburi
- maggiore stabilità termica
- ritardo di fiamma ed emissioni ridotte di fumo
- resistenza chimica
- aspetto superficiale e resistenza all'abrasione
- conduttività elettrica
- opacità, rispetto ai polimeri rinforzati convenzionalmente

Uno degli aspetti sicuramente più interessanti dell'utilizzo di nanofiller è la possibilità di ridurre drasticamente la quantità da aggiungere al polimero, minimizzando gli effetti indesiderati determinati dall'aggiunta dei tradizionali additivi inorganici (aumento della densità, diminuzione della processabilità e modifica dell'aspetto superficiale del polimero).

Per garantire prestazioni comparabili di rinforzo, per esempio, è sufficiente una carica del 5-6% in peso di nanofiller, contro percentuali maggiori del 15% in peso di un filler classico come carbonato di calcio, o fibre di vetro corte. La prima notizia relativa all'ottenimento di un nanocomposito del tipo polimero/argilla risale al 1961, quando Blumstein ha dimostrato l'avvenuta polimerizzazione di un monomero vinilico intercalato nella struttura di una montmorillonite⁷⁶. Bisogna però arrivare al 1988 per trovarne la prima applicazione industriale per merito di Okada e altri presso i laboratori Toyota Central Research in Giappone. In quest'occasione il nanocomposito è stato ottenuto attraverso la polimerizzazione del monomero intercalato portando alla formazione di un composito a base di Nylon6.

⁷⁶ Classificato fra le argille è un minerale di colore verde grigiastro costituito da silicato idrato di alluminio, magnesio e sodio, in grado di assorbire grandi quantità d'acqua.

Questo materiale è stato poi commercializzato dall'azienda giapponese *UBE Industries* ed è attualmente utilizzato per la realizzazione della cinghia di trasmissione nei motori delle vetture Toyota e per la produzione di pellicole per confezionamento. Le nanocariche impiegate nei nanocompositi a matrice polimerica possono presentarsi come nanoparticelle isodimensionali se le tre dimensioni sono dell'ordine del nanometro, nanoparticelle bidimensionali se due delle tre dimensioni sono nell'ordine dei nanometri, formando una struttura allungata, e infine nanoparticelle lamellari se caratterizzati da una sola dimensione dell'ordine dei nanometri.

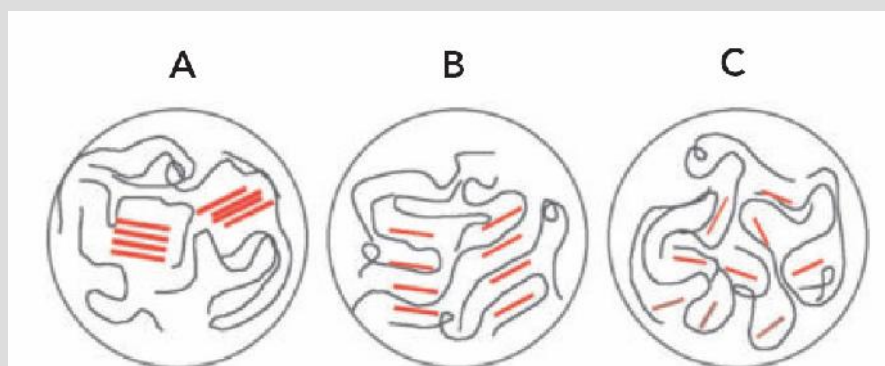


Figura A struttura di un composito
 Figura B nanocomposito intercalato
 Figura C nanocomposito esfoliato

Il rinforzo dei materiali polimerici mediante l'uso di cariche è una pratica ampiamente consolidata nell'industria della lavorazione dei materiali plastici, tuttavia oggi vi è un crescente interesse nello studiare la possibilità di sostituire i tradizionali compositi, ottenibili con cariche aventi dimensioni micrometriche, con i nanocompositi. I nanocompositi polimerici sono definiti come materiali strutturali e/o funzionali costituiti da nanoparticelle organiche e/o inorganiche disperse in una matrice polimerica; il termine nanoparticelle (o nanocariche) si riferisce a particelle di forma qualsiasi con almeno una dimensione inferiore ai 100 nm. La dispersione uniforme di queste nanoparticelle dà luogo ad un'interazione interfacciale estremamente elevata tra matrice e fase dispersa⁷⁷. Questo incremento di area interfacciale tra matrice polimerica e fase dispersa comporta un incremento delle caratteristiche dei materiali compositi ma con una minor quantità di carica e/o il conferimento di particolari funzionalità non possedute dal polimero di partenza. Cariche nanometriche consentono così di migliorare le proprietà meccaniche, barriera a gas e vapori, stabilità termica, resistenza all'abrasione e all'usura o di conferire proprietà ottiche, magnetiche ed elettriche ai materiali polimerici. Nel panorama dei nuovi materiali, i nanocompositi polimerici destano notevole interesse in virtù delle proprietà eccezionali ed uniche che si riescono ad ottenere sia rispetto ai convenzionali metodi di sintesi che alle tecnologie delle leghe e dei rinforzati.

L'incremento delle proprietà nei sistemi nanostrutturati dipende non tanto dall'effetto sinergico di interazione rinforzo-matrice, quanto piuttosto in quello che viene tipicamente definito "nanoeffect" e cioè l'enorme area di contatto matrice/filler che si viene a generare quando le cariche raggiungono dimensioni nanometriche. Ciò fa sì che si formi una zona di interfaccia tra fase organica e inorganica molto estesa, detta interfase, il cui spessore varia tra i 2 e i 50 nm circa; il materiale all'interfaccia, quindi, può rappresentare fino al 50% del volume dell'intero materiale.

⁷⁷ un cubo di lato 30 mm ha un'area superficiale di circa 0,54 m² ma suddiviso in cubetti da 1 nm ha un'area superficiale di circa 12 km²

L'interfaccia controlla l'entità dell'interazione tra il filler ed il polimero, determinando le proprietà finali del composito. Ne consegue immediatamente che la maggiore sfida nello sviluppo dei nanocompositi potrebbe essere imparare a controllare e modulare la regione interfacciale. In essa la mobilità delle catene polimeriche, la rigidità, la cristallinità ed altre proprietà risultano alterate con importanti conseguenze sul comportamento globale del materiale.

Per migliorare, dunque, le proprietà dei nanocompositi, risulta fondamentale definire un processo di conoscenza e controllo della distribuzione della carica, della sua dispersione e dell'interfaccia matrice/carica. Questi processi possono essere diversi a seconda del tipo di matrice polimerica o di filler che si considera, ma, in ogni caso, per la preparazione dei nanocompositi il requisito fondamentale risiede nel cosiddetto "principio di eterogeneità" o "nanoeterogeneità", ovvero, le nanoparticelle devono essere singolarmente disperse nella matrice polimerica in modo tale che la natura eterogenea del materiale si evidenzi solo per campionamenti su scala nanometrica. In teoria, ciascuna particella nanometrica dovrebbe contribuire allo stesso modo alle proprietà complessive del composito.

L'elevata energia di superficie e la natura normalmente polare delle nanocariche richiedono lo sviluppo di appropriati approcci sintetici che tengano conto dell'importanza del sopra citato principio di nanoeterogeneità. Tali approcci, oltre ad individuare la più opportuna tecnologia di preparazione devono necessariamente considerare la messa a punto di strategie di compatibilizzazione tra la fase continua, organica, ed il nanorinforzo, al fine di ridurre la tensione interfacciale e prevenire i fenomeni di agglomerazione delle nanocariche. Chiaramente, la scelta della più opportuna strategia è fortemente condizionata dalla natura del filler, ovvero dalla sua chimica di superficie, così come dalla tipologia e dalle funzionalità della matrice polimerica. In linea generale, le metodiche di compatibilizzazione possono riassumersi nella modifica di superficie delle nanocariche, nella modifica del polimero (inserzione di gruppi polari in catena o come terminali) ed infine nell'aggiunta di una terza fase, *coupling agent*, nel corso della miscelazione.

Per quanto riguarda invece l'approccio sintetico, a causa della molteplicità delle matrici polimeriche e delle cariche nonché delle differenze chimiche e fisiche dei sistemi non si può giungere ad una tecnica universale di preparazione dei nanocompositi. Infatti ogni matrice polimerica ha delle peculiari caratteristiche che richiedono diverse condizioni di lavorazione e in generale diverse strategie di preparazione portano a risultati diversi.

Appendice

Classificazione delle nanostrutture nella letteratura scientifica

Nanostrutture zero-dimensionali

Le nanostrutture zero-dimensionali sono i cosiddetti *cluster* atomici, i nanocristalli e i cosiddetti punti quantici o *quantum dots*, in queste strutture i livelli energetici discreti si spostano apprezzabilmente con l'aggiunta o la sottrazione di una singola carica elettronica. Possono essere sia nanocristalli semiconduttori come quelli di silicio e germanio, che nanocristalli di tipo colloidale. Questi ultimi possono essere sintetizzati a partire da materiali metallici come oro, argento o cobalto, da semiconduttori come solfuro o seleniuro di cadmio, arseniuro di gallio e da isolanti come ossido di ferro o di titanio. Possono essere impiegati come tali, dispersi in materiali diversi per formare nanocomposti (nanocariche o filler) o subire lavorazioni di compattazione per creare manufatti.

Nel 1480-1486 Nicolò da Varallo per colorare di rosso alcune tessere delle vetrate del Duomo di Milano, inserì particelle di oro nel vetro. Egli senza saperlo aveva fatto ricorso alla nanofabbricazione. Infatti le particelle d'oro, se opportunamente dimensionate, emettono luce di colore rosso. Nanoparticelle di oro sono un esempio di punti quantici, presentano una forte analogia con gli "atomi naturali", in quanto in essi gli elettroni si dispongono su livelli discreti di energia, ma hanno una dimensione maggiore rispetto agli atomi e per questo vengono spesso chiamati "atomi artificiali" o "macroatomi". Lo stesso materiale confinato su scala nanometrica, può assorbire o emettere luce di colore diverso a seconda delle sue dimensioni. Progettando opportunamente le dimensioni di un quantum dot si può, dunque, decidere il colore col quale ci appare.

Questo fenomeno permette un largo impiego dei quantum dots nello sviluppo di *laser* a semiconduttore che emettano alla frequenza voluta.

Hanno trovato applicazione nella diagnostica, dove sono stati utilizzati con successo per visualizzare le funzioni cellulari. Essi infatti, se opportunamente trattati, si legano esclusivamente all'elemento scelto permettendo così di mettere in risalto una determinata parte di una cellula che altrimenti risulterebbe indistinguibile perchè naturalmente trasparente.

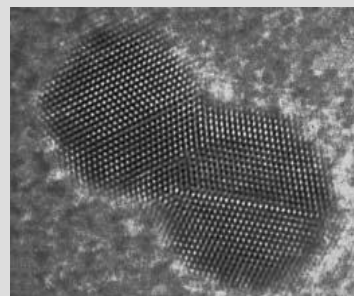


A sinistra quantum dots dello stesso materiale, (in questo caso, seleniuro di cadmio in sospensione CdSe), quelli rossi hanno dimensione maggiore rispetto agli altri, fino all'azzurro.
A destra esempio di una cellula investita da quantum dots metallici.

I quantum dots hanno inoltre applicazioni potenziali molto interessanti nel campo della diagnostica dei tumori, perché si può funzionalizzare la superficie dei punti quantici, in modo tale che questi vadano ad accumularsi dove c'è una formazione tumorale, rendendola facilmente localizzabile semplicemente illuminando l'essere vivente, senza ricorrere a raggi x o campi magnetici: una tecnica poco costosa e con un'ottima risoluzione. Questo è un esempio di ciò che si definisce *imaging ottico*, una delle nuove frontiere della diagnostica.

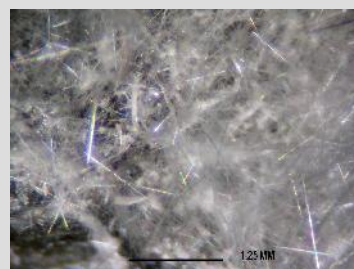
Nanocariche d'oro

I catalizzatori a nanoparticelle d'oro sono stati testati come dispositivi per l'eliminazione dei cattivi odori.



Sepiolite

È un'argilla molto rara, utilizzata come nanocarica trasmette al prodotto finito stabilità dimensionale, resistenza meccanica, termica e incrementa le proprietà di effetto barriera nei confronti di gas. Può assorbire vapori, odori e quantità di acqua o di altri liquidi equivalenti al suo stesso peso.

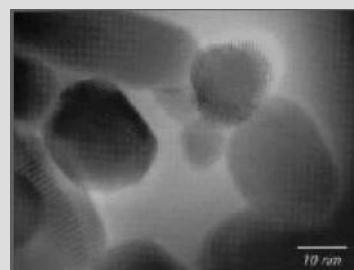


Ossido di zinco

Le nanoparticelle 30-60 nm di ossido di zinco vengono impiegate per le seguenti proprietà principali: elevata resistenza nei confronti dei gas e trasparenza.

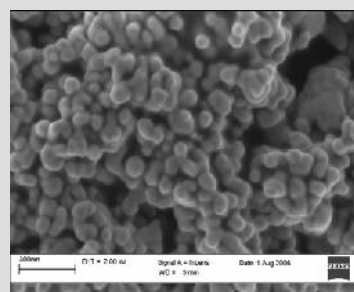
Le possibili applicazioni sono:

Creme solari, schermi UV vetri e finestre e celle fotovoltaiche.



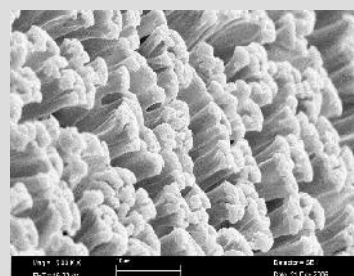
Nanopolveri di Argento

È impiegato per la cura di malattie, ha ottime proprietà antimicrobiche e azione antibatterica.



Biossido di titanio

È una polvere cristallina incolore, tendente al bianco con formula chimica TiO_2 . È presente in natura in tre forme cristalline diverse, il rutilio, l'antasio e la brokrite, colorate a causa di impurezze presenti nel cristallo.





A sinistra cristalli aghiformi di rutilo, al centro monocristallo di anatasio su quarzo ialino, a destra monocristallo di brookite sempre su quarzo ialino

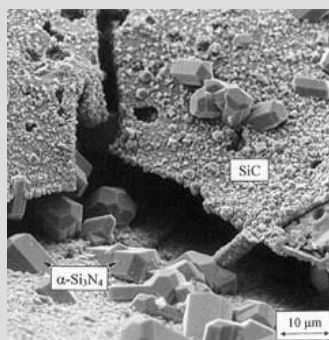
Il diossido di titanio è usato principalmente come pigmento bianco sia nelle vernici sia nelle materie plastiche, ma anche nei cementi e nei derivati. Le vernici fatte con il diossido di titanio sono eccellenti riflettrici della radiazione infrarossa e sono quindi usate estensivamente dagli astronomi. Un'importante proprietà dell'ossido di titanio è di essere una sostanza altamente reattiva quando colpito da raggi UV presenti nella normale radiazione solare. Le nanopolveri a base di ossido di ferro o di diossido di titanio conferiscono inoltre alle vernici ed alle tinture nelle quali sono disperse migliori proprietà tribologiche, miglior resistenza al graffio, maggiore facilità di pulizia e maggiore resistenza ai solventi organici. Gli utilizzi sono nel campo della verniciatura dei metalli, nella tintura dei tessuti e nel campo dell'impressione grafica e fotografica.

Silice

Chiamata anche anidride silicica o biossido di silicio, si trova in natura sotto forma di quarzo, ametista, opale, calcedonio, agata, diaspro, corniola, sabbia e diatomee.

La polvere di silice che si ottiene in seguito ad un opportuno procedimento di pulizia dei gusci delle diatomee, viene utilizzata nella farmacia casalinga.

Svolge un compito importante nella formazione delle strutture dei tessuti; è utile in caso di problemi cutanei, ai capelli e alle unghie.



Particolare ottenuto attraverso un microscopio elettronico a scansione (SEM) di un materiale a base di Si-C-N.
Copyright: J.H. Kleebe, University of Bayreuth.

Usata sotto forma di gel, la silice è un antinfiammatorio e riduce il prurito, aiuta la cicatrizzazione di piccole ferite e ne accelera la guarigione.

È inoltre importante per mantenere l'elasticità dei vasi sanguigni che di conseguenza possono adattarsi più facilmente ai cambiamenti di pressione del sangue tipici di chi è in età avanzata.

Gli ossidi di silicio sono molto diffusi nel settore dell'elettronica e come materiali per rivestimenti, è uno dei materiali più usati sia per il suo indice di rifrazione, sia per il fatto che può essere posto in opera con bassa dispersione. È inoltre un materiale relativamente duraturo e presenta una buona soglia di rottura al laser.

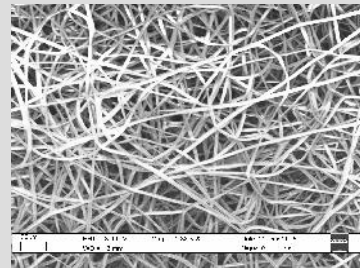
Nanostrutture mono-dimensionali

I nanofili vengono prodotti artificialmente nei laboratori e sono impiegati come rivestimenti di materiali di cui si vogliono modificare le proprietà superficiali, i film sottili nanostrutturati, conferiscono proprietà superiori, come una maggiore resistenza all'abrasione ed una durezza superiore anche al 60% rispetto a quelli tradizionali. I nanofili sono. La fabbricazione dei nanofili, ancora oggetto di ricerca, richiede tecniche di lavorazione piuttosto complesse e ad oggi non esistendo ancora una tecnica di tipo industriale, si può effettuare solo in laboratori universitari o di ricerca scientifica.

I parametri che influenzano la crescita dei nanofili sono molti: per esempio, l'orientazione del substrato su cui avviene la crescita stessa, i trattamenti della sua superficie, la temperatura e la durata della crescita; cambiando uno o più di questi fattori si ottengono fili differenti per dimensioni, densità e morfologia e pertanto prestazioni diverse, che a volte possono avere anche impatto negativo. Scienziati svedesi recentemente hanno scoperto nuovi modi per controllare la crescita e la struttura dei nanofili a livello di singolo atomo. Le loro scoperte, che offrono importanti approfondimenti nel campo della fisica dei materiali, sono il risultato del progetto NODE («Nanowire-based one-dimensional electronics»), finanziato nell'ambito del Sesto programma quadro dell'Unione europea.

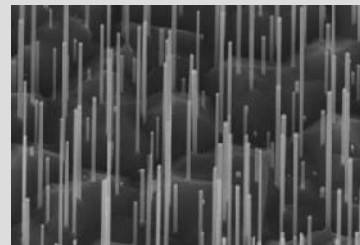
Nanofibre di Biossido di Titanio

Sperimentalmente si è compreso che le nanofibre di TiO_2 pure e drogate con Fe vengono cresciute mediante la tecnica dell'elettrospinning sol-gel. Questa metodica, semplice, efficace e poco costosa offre nuovi approcci alla sintesi di ossidi dei materiali.



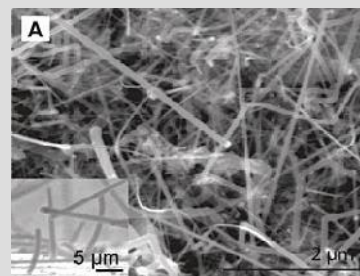
Nanofili Arseniurio di Gallio

GaAs è un semiconduttore che sta sostituendo il silicio in circuiti integrati, diodi, celle fotovoltaiche e altri dispositivi elettronici.



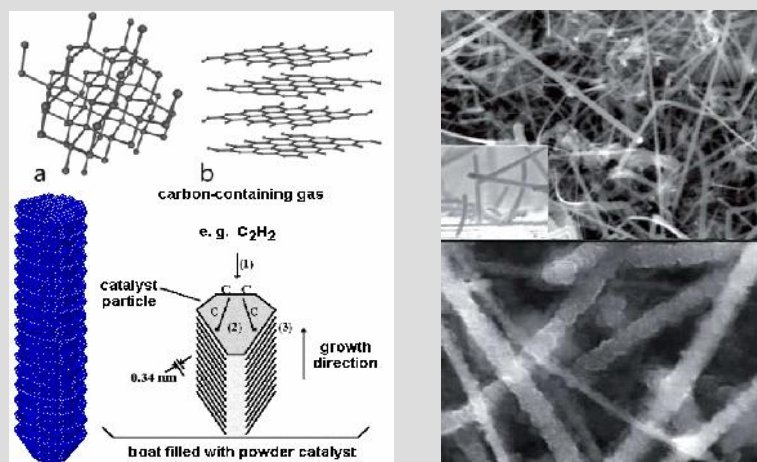
Nanofili di Silicio

L'ingegnere Yi Cui, dell'Università di Stanford ha inventato un tipo di batterie al litio che contiene fino a 10 volte l'energia di una batteria convenzionale. Ha incluso nel metallo nanofili di silicio. Questi nanofili rendono il litio molto più utilizzabile del normale nelle reazioni chimiche che avvengono durante la carica e scarica della batteria.



Nanofibre di Carbonio

Le forme usuali del carbonio solido sono la grafite o il diamante. Tuttavia su scala nanometrica il carbonio assume nuove forme. Le nanofibre, o nanofilamenti, sono delle strutture fibrose il cui diametro è compreso tra qualche decina e qualche centinaio di nanometri. Queste fibre possono avere strutture molto differenti, spaziando dai “*graphite whiskers*”, costituiti da uno strato di grafite arrotolato più volte su se stesso, fino alle fibre “*platelet*”, costituite da strati di grafite perpendicolari all’asse della fibra. In generale è possibile dividere i nanofilamenti in tre grandi famiglie, a seconda dell’angolo esistente tra l’asse del filamento e il piano degli strati di grafite.



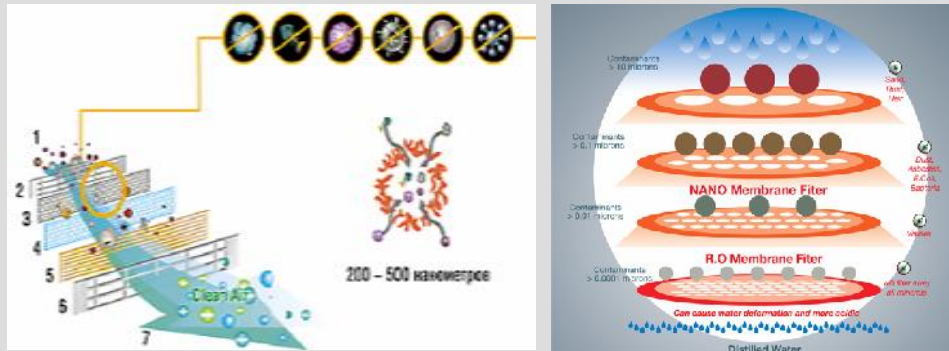
Nanostrutture bi-dimensionali

Le nanomembrane appartengono a questa categoria. Attualmente il progetto più importante che ricorre all’impiego di nanomembrane è un progetto europeo dal titolo «*Nanomembranes against Global Warming*» (NANOLOWA ossia Nanomembrane contro il riscaldamento globale) mediante il quale i ricercatori stanno tentando di individuare nuove modalità di cattura emissioni di CO_2 dalle centrali nucleari. Le membrane nanostrutturate potrebbero ridurre il consumo di energia e i costi correlati alla cattura del carbonio. L’Europa produce una gigatonnellata l’anno di biossido di carbonio, che viene emesso nell’atmosfera. Circa un terzo proviene da centrali elettriche alimentate a combustibili fossili. La cattura e l’immagazzinamento del carbonio (CCS) potrebbe ridurre tali emissioni fino al 90%. L’idea consiste nell’immagazzinare sottoterra il carbonio sinora catturato, ad esempio in giacimenti vuoti di gas e in falde acquifere. Gli attuali metodi di cattura prevedono l’assorbimento e il raffreddamento non selettivo.

La separazione della CO_2 tramite le membrane consumerebbe invece soltanto fino all’8% dell’energia prodotta, e ridurrebbe i costi di installazione.

Sono in fase di progettazione cinque diversi tipi di nanomembrane:

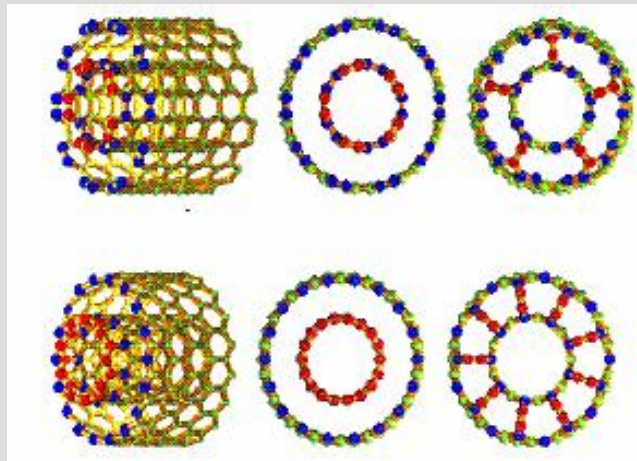
- membrane polimeriche:
- membrane per il trasporto di diffusione, copolimeri in blocco;
- membrane fisse di tipo portante, acetato di cellulosa o poliammidi;
- membrane ionomeriche a voltaggio elevato, materiali elettricamente modificati;
- membrane di carbonio: membrane di carbonio a setaccio molecolare;
- membrane di ceramica.



I nanotubi di Carbonio

Nel 1985 il chimico americano Richard E. Smalley ha scoperto che, in particolari situazioni, gli atomi di carbonio compongono delle strutture ordinate di forma sferica. La struttura, dopo un successivo rilassamento, tende ad arrotolarsi su sé stessa, ottenendo la tipica struttura cilindrica: questi sono i nanotubi al carbonio.

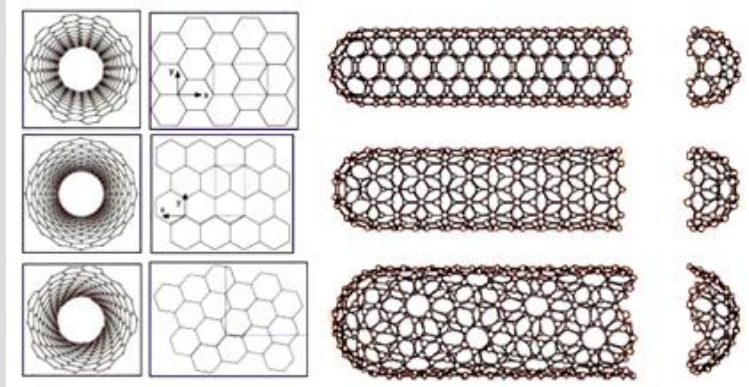
Le pareti sono costituite da atomi di carbonio legati tra loro in una rete di maglie esagonali, simile alla grafite, arrotolata in modo da generare la struttura tubolare; una o entrambe le estremità possono essere chiuse da frammenti di fullerene. I nanotubi di carbonio esistono nella versione a parete singola (SWNT) oppure a pareti multiple (MWNTs), costituiti da vari tubi concentrici; il diametro interno varia da 1 nm ad alcune decine e la lunghezza può raggiungere alcune centinaia di micron. La conducibilità elettrica di queste nanostrutture dipende dalla disposizione degli atomi del nanotubo, dal suo diametro e dall'angolo di avvolgimento; notevoli poi la resistenza e l'elasticità che permettono la realizzazione di nanofili.



Accanto ai nanotubi di carbonio sono disponibili anche altre nanostrutture analoghe, di origine sia inorganica sia organica (nanotubi molecolari). Questi ultimi sono costituiti da una successione di subunità molecolari a forma di anello legate tra loro in modo da costituire una struttura tubolare. Le proprietà dei nanotubi di carbonio e in generale delle nanostrutture inorganiche suggeriscono applicazioni nei settori più diversi: dalla nanoelettronica, all'ottica, alla realizzazione di materiali compositi resistenti e conduttivi, di sensori, di contenitori per l'immagazzinamento dell'idrogeno e del litio. Le macchine molecolari sono strutture costituite da un numero definito di componenti molecolari aventi

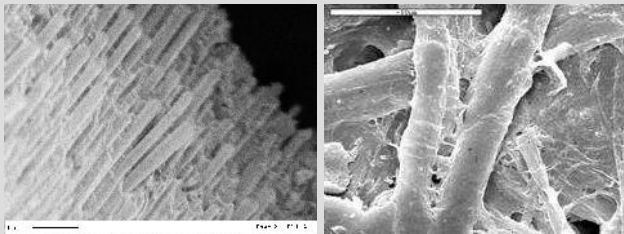
dimensioni dell'ordine di grandezza dei nanometri, opportunamente scelti e assemblati in modo da compiere movimenti meccanici sotto l'azione di stimoli esterni.

Le applicazioni delle nanofibre e dei nanotubi sono identiche, infatti presentano un'elevata resistenza meccanica, un basso peso specifico rispetto a metalli con *performance* meccaniche comparabili e sono dei conduttori di elettricità.



Tipologie di nanotubi. Immagine tratta da: Tesi di Laurea di Matteo Ventrella, *Realizzazione di una stazione di misura per la caratterizzazione elettrica di nanodispositivi elettronici*, Relatore Prof. Ing. Ermanno Di Zitti Corso di laurea in Ingegneria Elettronica, Settembre 2005

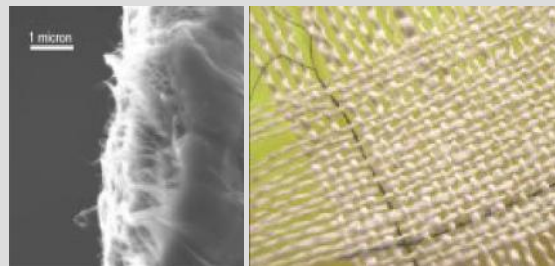
I nanotubi in carbonio possiedono caratteristiche meccaniche di altissimo livello, associate a un peso specifico (quello del carbonio) che è di molte volte inferiore a quello della maggior parte dei metalli utilizzati in campo industriale. È stato calcolato che un nanotubo può avere una resistenza alla trazione cento volte più grande dell'acciaio pesando però sei volte di meno rispetto a quest'ultimo. Senza contare che i nanotubi non presentano solo un'elevatissima resistenza alla rottura per trazione, ma sono dotati anche di una buona flessibilità, dato che sono in grado di piegarsi senza rompersi o danneggiarsi fino ad angoli di 90°. L'estrema resistenza alla trazione unita alla loro flessibilità rende i nanotubi ideali per l'uso come rinforzo per i materiali polimerici, producendo nanocompositi dalle prestazioni elevatissime. Inoltre, l'uso dei nanotubi nella produzione di fibre può portare alla produzione di compositi estremamente più resistenti degli attuali compositi basati sulle fibre di carbonio tradizionali.



Fotografie in microscopia SEM di nanotubi in carbonio

Filando i nanotubi si ottengono fibre per tessuti più tenaci del filo della tela del ragno. In figura un esempio di fibra di gel di nanotubi. Le possibili applicazioni:

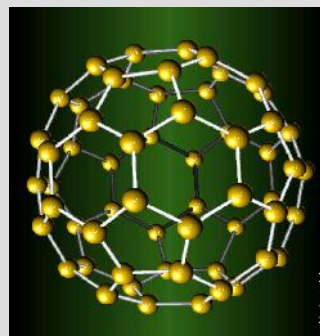
- Corde per imbracatura di sicurezza
- Giubbotti e schermi antiproiettile
- Coperte anti-esplosione



Nanostrutture tri-dimensionali

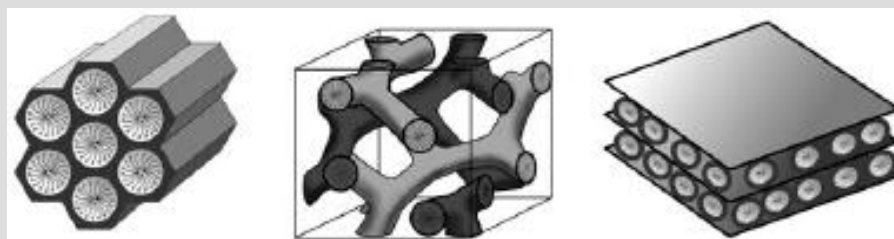
Il fullerene

Il Premio Nobel per la Chimica del 1996 è stato assegnato per la scoperta del C_{60} , il Fullerene, che si presenta come in figura. Il fullerene ha importanti proprietà elettriche ed ha la capacità di legarsi con alcuni elementi metallici. È uno dei nanofiller isodimensionali poiché il diametro della molecola è nell'ordine di alcuni nanometri.



Nanostrutture mesoporese

I mesostrutturati sono i materiali caratterizzati dalla presenza di pori di dimensioni nanometriche circa 2,50 nm. Questi materiali sembrano offrire prospettive innovative in numerosi campi applicativi che si rivolgono agli impieghi più disparati: catalisi per riduzione di carboni pesanti, preparazione di farmaci, emodialisi, membrane per analisi chimiche, separatori (di agenti inquinanti o gas), fino ai ceramici avanzati come sensori di gas, guide d'onda, matrici per nanoconduttori, materiali dielettrici, materiali per applicazioni fotovoltaiche. La flessibilità di questi nanomateriali deriva oltre che dall'opportunità di modellare morfologia e tessitura dei pori, anche dalla possibilità di utilizzarli come materiali ospitanti. Attraverso processi chimici, più o meno complessi, che avvengono in fase di sintesi della matrice o anche post-calcinazione, si può innestare sulla superficie del materiale una tipologia pressoché infinita di molecole che ne funzionalizzano la superficie. In altri casi, le porosità vengono sfruttate come contenitori.



Questi motivi rendono i materiali mesoporosi oggetto di intensa attività di studio, in quanto, si può progettare una matrice sia in termini di composizione chimica, sia in termini di porosità controllata che ottimizzano le prestazioni nei confronti di una specifica applicazione. Il gruppo di ricerca dell'Università degli studi di Padova ha messo a punto un dispositivo sensoristico per la rilevazione di bassi valori di umidità relativa e uno per la rilevazione di alcoli nell'aria basato su materiali mesoporosi. Entrambi i tipi di sensori si avvalgono di un film sottile (100,250 nm) di silice (SiO_2) mesoporosa come materiale sensibile.

I materiali mesoporosi si sono dimostrati particolarmente promettenti quali strutture ospitanti di diversi agenti dopanti quali, ad esempio, complessi organometallici di grande interesse nel settore elettro-ottico. La presenza di gruppi organici all'interno del reticolo conferisce, infatti, a questi materiali ibridi interessanti proprietà quali rigidità strutturale, funzionalità ed un modulabile grado di idrofobicità, tutte importanti per numerose applicazioni inclusa la creazione di materiali elettro-ottici avanzati.

Appendice

Fabbricazione dei nanocompositi a base polimerica

Fra i nanocompositi ad oggi prodotti e sperimentati mediante applicazioni brevettuali, quelli a matrice polimerica hanno avuto uno sviluppo più elevato. In virtù delle interazioni che si instaurano a livello nanoscopico fra la matrice polimerica e i filler dispersi, questi materiali possono essere considerati degli ibridi organici/inorganici (ove per inorganico si intendono materiali silicei), che presentano allo stesso tempo, un incremento generalizzato delle prestazioni e la comparsa di nuove proprietà. Di seguito si riportano le tecniche di fabbricazione finora utilizzate che hanno consentito anche nell'ambito del design applicazioni innovative. Si tratta di tecniche simili alle tradizionali utilizzate per le materie plastiche, con la principale differenza dei componenti aggiuntivi i filler di dimensioni appunto nanometriche. Il rinforzo dei materiali polimerici mediante l'uso di cariche è una pratica ampiamente consolidata nell'industria della lavorazione dei materiali plastici, tuttavia oggi vi è un crescente interesse nello studiare la possibilità di sostituire i tradizionali compositi, ottenibili da cariche aventi dimensioni micrometriche, con i nanocompositi. I nanocompositi polimerici sono definiti come materiali strutturali e/o funzionali costituiti da nanoparticelle organiche e/o inorganiche disperse in una matrice polimerica. La dispersione uniforme di queste nanoparticelle dà luogo ad un'interazione interfacciale estremamente elevata tra matrice e fase dispersa (es. un cubo di quarzo di 50 g ha un'area superficiale di 0,44 m² ma suddiviso in cubetti da 1 nm ha un'area superficiale di 12 km²). Questo incremento di area interfacciale tra matrice polimerica e fase dispersa comporta un incremento delle caratteristiche dei materiali compositi, ma con una minor quantità di carica e/o il conferimento di particolari funzionalità non possedute dal polimero di partenza. Cariche nanometriche o nanostrutturate consentono di migliorare le proprietà meccaniche, barriera a gas e vapori, stabilità termica, resistenza all'abrasione e all'usura o conferire proprietà ottiche, magnetiche ed elettriche ai materiali polimerici. Nei precedenti capitoli sono stati esposti i processi di fabbricazione dei nanomateriali in generale, in questo capitolo si esporranno le tecniche che riguardano i nanocompositi.

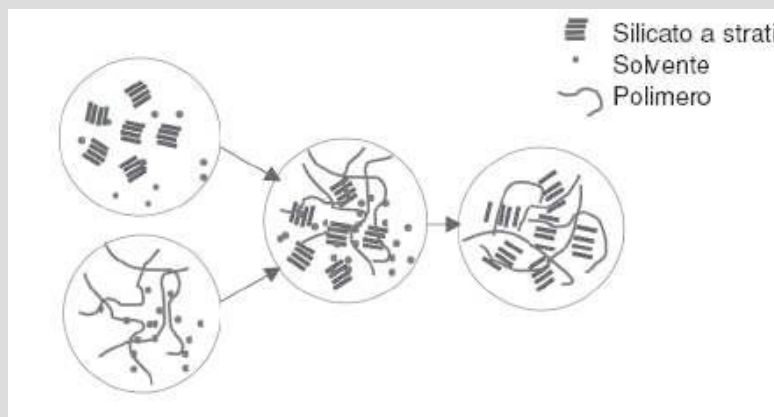
Miscelazione nel fuso e in soluzione

Tra le varie tecniche per l'ottenimento dei sistemi polimerici nanocompositi quelle che sono più facilmente trasferibili su scala industriale sono la miscelazione nel fuso nel caso dei materiali termoplastici e la miscelazione in soluzione per quelli termoindurenti. In entrambi i casi la ricerca è rivolta principalmente alla modifica di polimeri commercialmente disponibili (sotto forma di granuli o di soluzioni liquide) con particelle e nanoparticelle di diversa natura per incrementare determinate prestazioni o per conferire proprietà che non sono proprie del polimero di partenza.

Queste tecnologie permettono lo sviluppo di materiali polimerici che si è preferito definire nel presente studio nanocompositi, strutturali e/o funzionali, in grado di conferire al prodotto finale proprietà meccaniche migliorate. Fra le tecniche di produzione, dal punto di vista applicativo, le tecniche suddette sono le più interessanti sia perché presentano il vantaggio di non utilizzare solventi, sia perché permettono l'impiego delle tecnologie tradizionali di lavorazione dei polimeri: estrusione, stampaggio ad iniezione soffiaggio, stiro-soffiaggio, termoformatura, *hand lay up*, *spray up*, infusione, ecc. Sono risultate pertanto di grande interesse perché utilizzabili in diversi settori industriali per applicazioni nel *packaging* rigido e flessibile, l'automotive, lo *sport-system*, l'edilizia, la nautica, l'ottica e l'elettronica, l'arredamento, le vernici, gli adesivi ecc. La miscelazione nel fuso è una tecnica che consiste nel combinare le fasi mediante un processo meccanico alla temperatura di fusione o di rammollimento del polimero. È il metodo di preparazione, dal punto di vista applicativo più interessante perché presenta il vantaggio di non utilizzare solventi.

Occorre sottolineare che gli studi fino ad ora condotti hanno dimostrato che una particolare attenzione deve essere posta al potere abrasivo della carica per l'eventuale danneggiamento delle apparecchiature di miscelazione, di lavorazione e di formatura. Infine, va considerato che per alcuni polimeri l'aumento di viscosità a seguito dell'introduzione del nanofiller può generare la degradazione del polimero stesso.

La miscelazione in soluzione è un processo a due stadi dove nel primo stadio la miscelazione della fase inorganica e del polimero avviene in presenza di un solvente; nel secondo il solvente viene rimosso. In figura viene rappresentata, ad esempio, la preparazione di un nanocomposito lamellare mediante l'intercalazione del polimero in soluzione. Il limite di questa metodica dipende dalla presenza del solvente, e dunque dalla necessità di doverlo allontanare.



Queste tecnologie di produzione sono applicabili con tutte le tipologie di nanofiller disponibili. Un approccio alternativo, bottom-up, per la realizzazione di ibridi organici/inorganici a diversa composizione consiste nel produrre simultaneamente nanocariche e materiali. La sintesi dei materiali nanostrutturati può essere attuata mediante processi simili a quelli utilizzati da molto tempo nella produzione di alcuni materiali tradizionali (ceramici, vetrosi, ecc). Con opportune modifiche questi processi di sintesi da fase liquida danno luogo a materiali con composizioni e strutture modulabili, tra cui abbiamo il processo di sol-gel e l'elettrodeposizione.

La metodologia "sol-gel" ad esempio è molto versatile, consente di ottenere materiali ceramici nanoparticelle funzionalizzate e compositi nanostrutturati. Nella sua formulazione originaria il metodo sol-gel consente di realizzare, a temperature relativamente basse, materiali ceramici molto puri. L'idrolisi e poli-condensazione di alcossidi metallici a temperatura ambiente produce, geli che, per successivo trattamento termico possono dar luogo a xerogeli o a monoliti densi sia amorfi che cristallini. Gli xerogeli possiedono una porosità interconnessa elevata (anche il 50%), con pori di dimensione controllata (micro o nanometrica) e distribuzione delle dimensioni molto stretta.

La distribuzione dei pori e la loro dimensione dipende dalla composizione ma anche dalla temperatura del trattamento termico e dalle condizioni di sintesi.

Disperdendo i precursori di particelle in un monomero o in una soluzione di polimero e generando le condizioni affinché tali precursori possano spontaneamente organizzarsi in aggregati di varia forma e/o geometria, polimerizzando poi il monomero o evaporando il solvente, si ottiene come risultato un network organico-inorganico altamente interpenetrato.

Esempi di questo tipo riguardano nanocompositi che includono sia lamelle di tipo ossido a doppio strato, sia particelle di forma sferica. Va sottolineato che con un approccio di questo tipo la percentuale di materiale inorganico può essere variata a piacere consentendo di ottenere elevate proprietà barriera anche se la forma delle particelle è sferica; un'applicazione particolarmente interessante di questo tipo si riferisce all'impiego come *coating* per vari tipi di substrati.

Il vantaggio di sviluppare e disporre di materiali polimerici nanostrutturati è molteplice: l'utilizzo di nanofiller consente di ridurre drasticamente la quantità di carica da aggiungere alla matrice per poterne migliorare in maniera significativa le proprietà. Infatti, mentre nei compositi convenzionali sono necessarie generalmente grosse quantità di filler, comprese tra il 10 ed il 50% in peso, nei nanocompositi si riescono ad ottenere proprietà superiori con l'aggiunta di piccole percentuali di nanofiller (2-6% in peso). In tal modo è possibile preparare materiali caratterizzati da una più bassa densità e da una migliore processabilità rispetto all'utilizzo di rinforzi tradizionali e senza aumentare in maniera considerevole i costi. Inoltre, con la tecnologia dei nanorinforzi è possibile migliorare le prestazioni di polimeri di uso comune al fine di aumentarne i settori applicativi, specialmente nei settori tecnologicamente avanzati come l'elettronica e l'industria dei trasporti. D'altra parte, aumentando e modulando a piacere le *performances* di polimeri di uso comune si possono drasticamente ridurre le tipologie di polimeri necessari per le varie applicazioni; in questo modo, diffondendosi una serie di materiali con base polimerica comune, più facile sarà il riciclo di tali prodotti ed il loro recupero al ciclo produttivo. Attualmente, i nanocompositi polimerici suscitano un notevole interesse in alcuni particolari campi di applicazione, ed iniziano ad occupare aree commerciali non trascurabili: le potenzialità di sviluppo del settore per il futuro sono enormi. Numerosi lavori sono stati condotti per caratterizzare questi nuovi materiali, rispetto alle proprietà meccaniche, alle proprietà fisiche e di processabilità, in vista del loro sempre maggiore ruolo sul mercato. La maggior parte delle ricerche è stata finora orientata a nanocompositi a matrice termoplastica. Questo è giustificabile sulla base della larga diffusione industriale dei polimeri termoplastici, ad esempio nel settore dei beni di consumo ed *automotive*, ma anche per i notevoli incrementi delle prestazioni a costo relativamente basso ottenibili dalla nanomodificazione. Recentemente la comunità scientifica ha comunque dedicato attenzione anche ai polimeri termoindurenti, in vista di un loro possibile utilizzo come matrici per laminati trifasici rinforzati con fibre. I nanocompositi consentono dunque, in generale, di ottenere il desiderato incremento di proprietà eliminando o ridimensionando notevolmente gli effetti collaterali determinati dall'aggiunta delle cariche tradizionali come un aumento di densità, una peggiore finitura superficiale, una minore resistenza all'impatto.

Tra le proprietà che nei nanocompositi mostrano sostanziali miglioramenti si ricordano:

- proprietà meccaniche quali resistenza e rigidità;
- proprietà barriera, ossia diminuzione della permeabilità ai gas, all'acqua, al vapore acqueo e agli idrocarburi;
- stabilità dimensionale;
- riciclabilità;
- ritardo di fiamma ed emissioni ridotte di fumo;
- aspetto estetico superficiale e resistenza all'abrasione.

Questi miglioramenti sono stati ottenuti con diverse matrici polimeriche ed utilizzando diverse tecniche di sintesi, per cui è assolutamente lecito pensare che l'incremento di tutte queste proprietà sia una caratteristica tipica dei nanocompositi.

Le prime applicazioni industriali già in commercio o molto prossime ad esserlo sono basate sull'utilizzo di due matrici polimeriche: nylon e polipropilene.

Nel settore automobilistico, i nanocompositi a base di nylon ed argille hanno trovato spazio nella sostituzione di quelli tradizionali a base nylon/fibra di vetro o polipropilene/fibra di vetro. Le principali proprietà migliorate sono: elevato modulo elastico ed a flessione, buona resistenza all'urto, temperatura di deformazione aumentata da 65°C per la matrice a più di 150°C per il nanocomposito. I nanocompositi a base di polipropilene e argilla sono utilizzati per la costruzione di alcuni componenti della carrozzeria (per esempio predellino, tappi carburante), sostituendo il composito tradizionale che utilizza talco come filler. Il nanocomposito permette un risparmio di peso maggiore del 10%, è più rigido, più duttile a basse temperature e di miglior aspetto.

Un secondo settore di potenziale sviluppo è quello dal packaging alimentare (per esempio contenitori di liquidi e buste in cui completare la cottura di cibi precotti), sfruttando le migliorate proprietà di barriera dei nanocompositi verso l'ossigeno e l'acqua. I primi nanocompositi esfoliati a base di nylon-6 sono stati commercializzati da Bayer; sotto forma di film per l'imballaggio alimentare e presentano un'elevata barriera all'ossigeno, trasparenza, lucentezza e modulo elastico superiore rispetto ai film tradizionali.

I due settori che al momento rappresentano il mercato dei nanocompositi, nei prossimi dieci anni continueranno ad essere gli sbocchi primari ma saranno affiancati da altri mercati, compreso l'imballaggio secondario e una gamma di altri beni durevoli.



Esempio di materia plastica
ottenuta mediante miscelazione in fuso

Polimerizzazione in situ

Con il termine polimerizzazione si intende la reazione chimica che porta alla formazione di una catena polimerica, ovvero di una molecola costituita da molte parti uguali (detti "monomeri" o "unità ripetitive") che si ripetono in sequenza. Nell'ambito delle tecniche a scala nanometrica questo tipo di metodica consiste nel disperdere le nanocariche nel precursore della matrice polimerica, monomero, e nel far avvenire successivamente la reazione di polimerizzazione. Nella figura, viene illustrato in maniera schematica il processo di polimerizzazione in situ, considerando il caso di materiali con nanocariche sferiche.

La viscosità dei monomeri risulta notevolmente inferiore a quella dei corrispondenti polimeri, questa condizione facilita sicuramente la dispersione delle cariche. Il limite di questa tecnica Tuttavia dipende dalle condizioni di sintesi del polimero, non sempre agevoli.

Nylon 6 (film e bottiglie)

- Barriera al O₂¹⁹ ed al CO₂²⁰
- Barriera al vapor acqueo
- Trasmissione degli UV
- Stabilità termica
- Rigidità
- Trasparenza
- Resistenza al graffio

Nylon 6 (iniezione in stampi)

- Stabilità termica
- Riduzione del ritiro/deformazione
- Rigidità
- Resistenza ai solventi chimici
- Barriera ai carburanti
- Resistenza alla fiamma
- Riduzione del peso
- Diminuzione delle fibre di vetro
- Barriera sottile
- Anti-bloom

EVA

- Rigidità
- Barriera al O₂
- Stabilità termica
- Resistenza alla fiamma
- Resistenza ai solventi chimici
- Anti-bloom

EPOXY

- Più elevato T_g
- Rigidità
- Resistenza ai solventi chimici
- Resistenza alla fiamma
- Controllo reologico
- Scratch & mar²¹
- Anti-bloom

PET (ricoprimenti multistrato e bottiglie)

- Barriera al O₂ ed al CO₂

Polyolefine (film e bottiglie)

- Barriera al O₂ ed al CO₂
- Stabilità termica
- Rigidità
- Aumento dell'indice di fluidità

Polyolefine (iniezione in stampi)

- Stabilità termica
- Riduzione del ritiro/deformazione
- Rigidità
- Resistenza ai solventi chimici
- Resistenza alla fiamma
- Riduzione del peso
- Diminuzione delle fibre di vetro
- Barriera sottile

TPE

- Barriera al O₂ ed al CO₂
- Barriera al vapore d'acqua
- Rigidezza
- Resistenza alla fiamma
- Anti-bloom

UPE

- Più elevato T_g
- Rigidità
- Resistenza ai solventi chimici
- Resistenza alla fiamma
- Controllo al ritiro
- Resistenza al graffio

Lista parziale dei polimeri con associate le migliori proprietà acquisite grazie alla dispersione delle nanoargille.

Tratta da "I Quaderni delle nanotecnologie" vol.2 polimeri, vernici, adesivi – Veneto Nanotech 2006, pp.24-25

Appendice

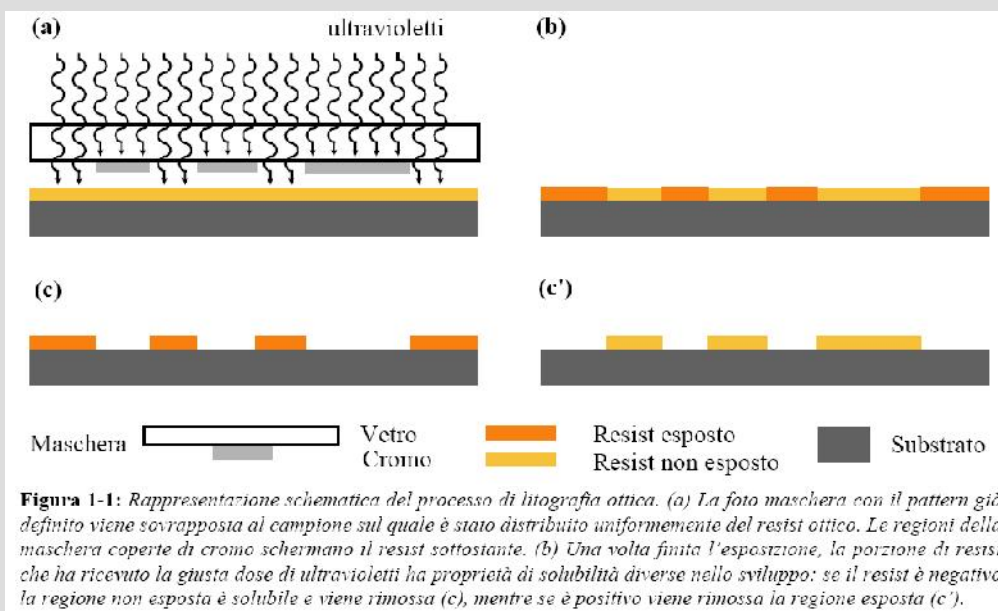
Tecniche di litografia *top-down*

Litografia ottica

La litografia ottica è un processo di fabbricazione che permette di trasferire su uno strato polimerico uniforme, posto sulla superficie del campione, la geometria desiderata chiamata anche *pattern*. Il pattern viene preventivamente realizzato su una foto maschera, ovvero un supporto di quarzo sulla cui superficie è ricavato il *pattern* su un sottile strato di cromo. Bisognerà poi provvedere con altre tecniche a riportare la geometria sul campione. La litografia ottica si basa sull'utilizzo di sostanze polimeriche, chiamate *fotoreist* o *resist* ottici, sensibili alla radiazione ultravioletta. Il processo è schematizzato sotto in figura. I *resist* ottici sono dei polimeri fotosensibili che diventano solubili (*resist* positivi) o insolubili (*resist* negativi) in una soluzione chiamata *sviluppo*, qualora siano stati precedentemente esposti alla radiazione ultravioletta. La dose necessaria viene misurata in mJ/cm^2 . I *resist* ottici sono in forma liquida e vengono distribuiti uniformemente sul campione mediante una macchina chiamata *spinner* che pone il campione in rotazione su un piatto girevole, cambiando la velocità e il tempo di rotazione si controlla lo spessore.

I *resist* utilizzati più comunemente per la litografia ottica sono denominati AZ 1813 positivo e l'Hoechst AZ 5214, intrinsecamente positivo ma che può essere invertito con un opportuno trattamento chiamato *image reversal*.

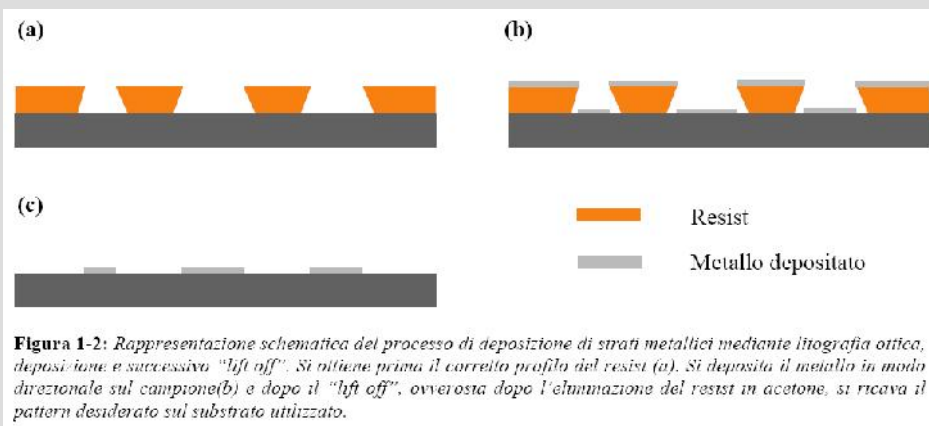
L'*image reversal* consiste in una cottura del *resist* su una piastra a 120 °C dopo



l'esposizione del campione attraverso la foto maschera e la successiva esposizione di tutto il substrato indistintamente a una seconda massiccia dose di radiazione ultravioletta.

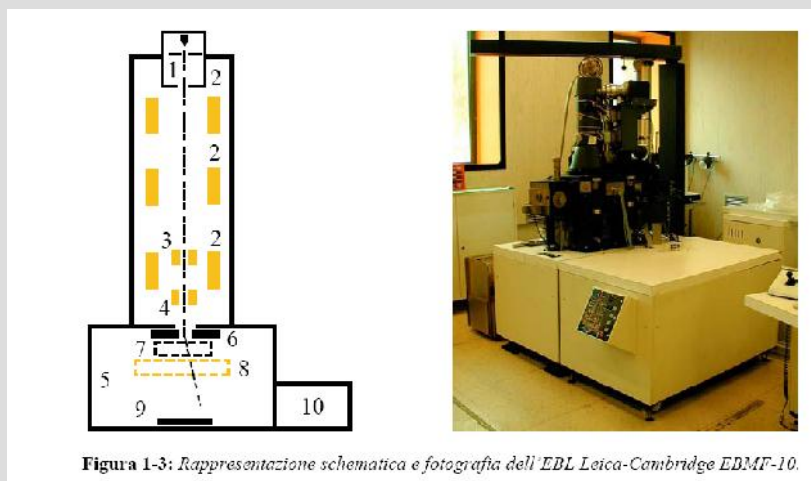
L'esposizione del *resist* ottico ai raggi ultravioletti avviene mediante il *Mask-Aligner* che oltre a permettere il controllo della dose tramite il controllo della potenza e del tempo di esposizione, rende possibile l'allineamento del *pattern* della maschera con una o più geometrie già preesistenti sul campione. Spesso infatti, per ottenere un dispositivo, sono necessari molti passi successivi sia litografici che di lavorazione. Gli sviluppi utilizzati sono l'AZ 400K per il *resist* 5214 e l'MF 319 per il *resist* 1813, in opportune diluizioni con acqua deionizzata. Una volta

ottenuta la corretta geometria sullo strato di *resist*, bisogna poi trasferirla al campione utilizzando tecniche di rimozione come gli attacchi chimici isotropi e anisotropi, gli attacchi a secco o le deposizioni di materiali metallici (evaporazione mediante cannone elettronico, sputtering ecc.). Ogni passo del processo di lavorazione richiede un'accurata messa a punto dei parametri di esposizione e sviluppo del *resist* ottico. Per effettuare, ad esempio, deposizioni di materiali metallici utilizzando la tecnica del *lift-off* descritta nella figura 1-2, è necessario ottenere il corretto profilo del *resist*. La risoluzione della litografia ottica è limitata dalla diffrazione della radiazione elettromagnetica utilizzata per l'esposizione ed è di $\approx 1 \mu m$. Per superare questo limite si ricorre alla litografia elettronica.



Litografia elettronica

Con un sistema per la litografia elettronica o EBL, *Electron Beam Lithography*, è possibile ottenere delle strutture le cui dimensioni sono inferiori a $1 \mu m$. La risoluzione limite del processo dipende dal sistema litografico utilizzato e dalle tecniche di esposizione e sviluppo. Come per la litografia ottica, anche la litografia elettronica si basa sull'uso di particolari sostanze polimeriche, sensibili questa volta all'esposizione agli elettroni di alta energia. I *resist* utilizzati prevalentemente sono il PMMA (PoliMetilMetaAcrilato) ed il PMMA/MMA (copolimero). In figura è mostrata una rappresentazione schematica dell'EBL. In cima alla colonna, c'è il filamento di LaB_6 (1); la colonna è tenuta in vuoto alla pressione di 10^{-7} mbar. All'interno della colonna ci sono 3 sistemi di lenti elettromagnetiche che vengono utilizzate per controllare l'allineamento del fascio (2).



Altri sistemi di lenti correggono l'astigmatismo (3) e regolano il fuoco (4). La camera dove il campione viene alloggiato durante l'esposizione (5) si trova subito sotto la colonna. Altre lenti elettromagnetiche chiamate *deflection coil* (6) deviano il fascio generando il *pattern* desiderato sul campione. All'interno della camera di esposizione ci sono varie strumentazioni di controllo come la *Faraday cage* (7) che misura la corrente del fascio, e la *channel plate* (8) che permette, mediante l'analisi degli elettroni secondari, di visualizzare il campione e rendere possibile la localizzazione su di esso di un *pattern* preesistente e quindi di esporre il nuovo *pattern* in modo solidale con esso. C'è anche un sistema interferometrico laser ed un apparato di movimentazione che permettono di posizionare con estrema precisione il carrello (9) sul quale è ancorato il campione. Una camera di caricamento o load lock (10) permette di inserire i campioni senza perdere il vuoto nella colonna e nella camera di esposizione.

Uno degli usi della litografia elettronica è quello della fabbricazione di foto maschere per litografia ottica, ma l'utilizzo più specifico che ne sfrutta la risoluzione limite è sicuramente la scrittura diretta, cioè l'esposizione del PMMA posto direttamente sul campione.

Come per la litografia ottica è necessario scegliere accuratamente i *resist* da utilizzare e mettere a punto il processo di esposizione e sviluppo. Gli elettroni che incidono sul campione possono infatti essere deviati nell'attraversamento dello strato di *resist* ed essere riflessi indietro dalla superficie del campione, colpendo in questo modo zone di *resist* vicine a quelle direttamente esposte, impressionandole, con il risultato di allargare le dimensioni del *pattern*. Questo fenomeno, che prende il nome di "effetto di prossimità" rende la dose necessaria per ogni parte del *pattern*, strettamente dipendente dalle regioni esposte nelle sue vicinanze. Prima di ottenere il *pattern* definitivo è necessario effettuare varie prove sulle singole dosi delle diverse parti del disegno. Ogni esposizione richiede un'accurata calibrazione del fascio elettronico al fine di ottenere la massima risoluzione e riproducibilità.

La tecnica del doppio strato e le evaporazioni ad angoli diversi

La tecnica del doppio strato si basa sull'uso di due strati sovrapposti di *resist* di sensibilità molto differente, ossia *resist* che necessitano di una differente dose per essere completamente sviluppati se immersi nello sviluppo. Per prima cosa si crea il doppio strato, alla base si deposita uno spessore uniforme di copolimero All Resist ar-p 619.08 alto $\approx 5200 \text{ \AA}$ e, in seguito, si pone sulla sua superficie uno strato di $\approx 2000 \text{ \AA}$ di PMMA All Resist AR-P 669.04. Ogni *resist* deve essere scaldato per 5 minuti a $170 \text{ }^\circ\text{C}$.

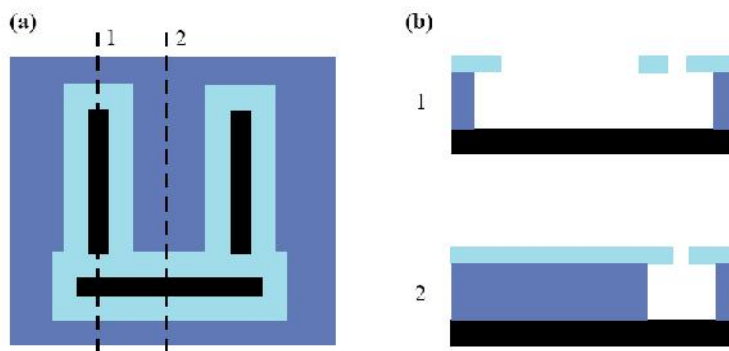


Figura 1.5: (a) Rappresentazione schematica del profilo di dose: il pattern esposto è indicato dalle regioni scure, mentre le zone chiare intorno mostrano la regione dove solo il copolimero sottostante ha ricevuto dose sufficiente per essere sviluppato. (b) Profilo del resist che risulta dopo lo sviluppo lungo le due sezioni 1 e 2. Si noti in particolare il ponte di PMMA presente nel profilo 1.

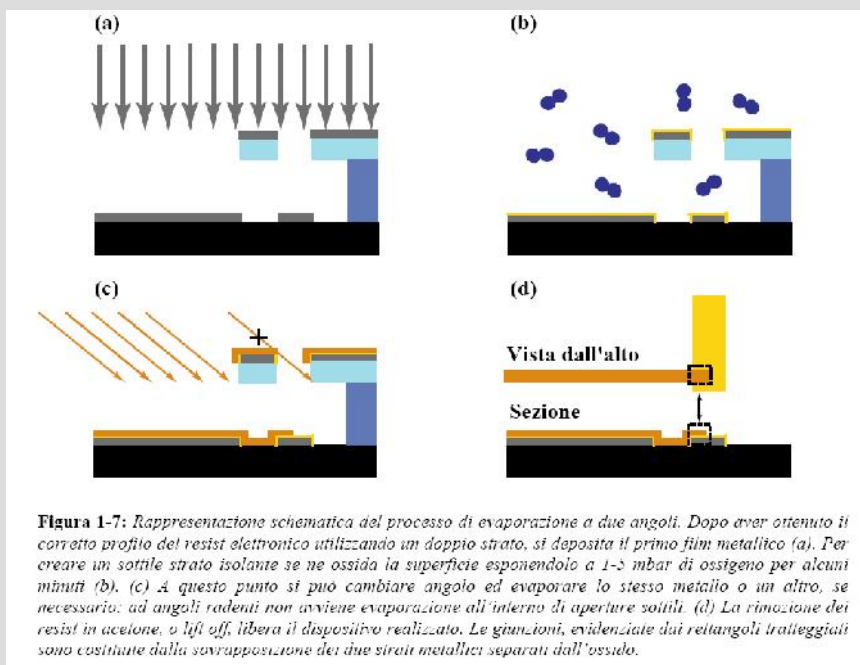
Il PMMA dello strato superficiale di spessore minore è anche meno sensibile e richiede quindi una dose più alta del copolimero sottostante per diventare completamente solubile nello sviluppo.

Si effettua l'esposizione del *pattern* con la dose giusta per il PMMA. Gli elettroni secondari che vengono diffusi nell'attraversamento dei due strati e riflessi indietro dal substrato non sono in grado di impressionare completamente il PMMA, ma sono in grado di impressionare il copolimero in una zona più larga della regione attraversata dal fascio.

La situazione è descritta dallo schema in figura 1-5 (a): la regione nera è quella esposta con dose sufficiente per lo sviluppo completo sia del PMMA che del copolimero; tutto intorno c'è una regione dove solo il copolimero sottostante ha ricevuto una dose sufficiente. Una volta effettuato lo sviluppo in una soluzione 1:2 di MIBK e alcool isopropilico (IPA), il profilo del *resist* lungo le due linee della figura 1-5 (a) è mostrato in (b). Come si vede dalla figura 1-5 (b), il profilo 2 si può utilizzare per effettuare un lift off, ma il profilo 1 mostra come, in determinate condizioni, è possibile ottenere dei veri e propri ponti sospesi. Per accentuare la rimozione del copolimero sotto il PMMA, si può usare un solvente, selettivo solo per il copolimero, costituito da una soluzione 1:10 di AR-P48 ed IPA. La presenza dei ponti sospesi sul substrato e la differenza tra la geometria del PMMA e del copolimero sottostante sono messi in evidenza dall'immagine al microscopio elettronico mostrata in figura 1-6. Sono proprio le strutture di questo tipo che permettono di realizzare delle giunzioni di dimensioni submicrometriche utilizzando la tecnica delle evaporazioni a diversi angoli.

La tecnica come descritto nella figura 1-7, utilizza due angoli di deposizione differenti e tra le due evaporazioni – che possono essere dello stesso materiale o di materiali differenti – si effettua un'ossidazione per creare uno strato isolante sottile che agisca da barriera tunnel. Se l'angolo della seconda evaporazione è radente non avviene alcuna deposizione all'interno di aperture molto piccole come evidenziato in figura 1-7 (c). Nelle immagini al microscopio elettronico degli oggetti realizzati con questa tecnica sono sempre visibili delle ombre spurie, cioè tutti i profili paralleli all'asse, intorno al quale ruota il campione, sono sdoppiati.

Gli spessori dei *resist* e dei film metallici, gli angoli di deposizione, i tempi e le pressioni di ossidazione, così come i pattern dell'esposizione e le dosi delle varie regioni del disegno vanno accuratamente studiati, caratterizzati e ottimizzati al fine di ottenere un processo affidabile e riproducibile.



Appendice

Sistema REACH. Normativa che regola la produzione di nanomateriali

Esiste ormai una vasta letteratura sul tema delle nanotecnologie, ma la maggior parte dei lavori di ricerca finora condotti sono divulgati esclusivamente nel settore scientifico in cui si evolvono.

Attualmente le grosse incognite sulle applicazioni sono focalizzate sulle leggi che governano il loro impiego, così come sui fenomeni che si celano dietro le proprietà potenziate di questi materiali.

Esiste in Europa un significativo dibattito riguardante la questione se i prodotti nanotecnologici meritino una speciale regolamentazione governativa. Questo dibattito è legato alle circostanze in cui sia necessario e opportuno valutare le nuove sostanze, prima della loro immissione sul mercato, nella comunità e nell'ambiente.

La denominazione di nanotecnologia viene utilizzata per un numero crescente di prodotti commercialmente disponibili - dai calzini e pantaloni alle racchette da tennis e panni per le pulizie. L'emergere di tali nanotecnologie e delle industrie ad esse correlate, hanno innescato richieste di una maggiore partecipazione della comunità ed efficaci disposizioni di regolamentazione. Tuttavia, queste richieste non sono attualmente pervenute ad una regolamentazione globale tale da sovrintendere alla ricerca e all'applicazione commerciale delle nanotecnologie, o a qualsiasi etichettatura globale per i prodotti che contengono nanoparticelle o derivati da nano-processi.

Negli Stati Uniti, gli enti normativi quali l'Agenzia per la Protezione dell'ambiente (EPA, Environmental Protection Agency) e la Food and Drug Administration o la Direzione per la Protezione e Tutela dei Consumatori della Commissione Europea hanno iniziato a prendere in considerazione i potenziali rischi causati dalle nanoparticelle. Finora però né le nanoparticelle ingegnerizzate, né i prodotti e i materiali che li contengono sono stati soggetti ad alcuna speciale regolamentazione in materia di produzione, manipolazione o etichettatura.

L'Unione europea (UE) ha istituito il sistema REACH (CE) n. 1907/2006, un sistema integrato di registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione delle sostanze chimiche. Il regolamento istituisce inoltre un'agenzia europea delle sostanze chimiche, la cui sede è stata stabilita ad Helsinki, che ha il compito di gestire gli aspetti tecnici, scientifici ed amministrativi del sistema REACH e garantire la coerenza delle decisioni a livello comunitario. Il sistema REACH obbliga le imprese che fabbricano e importano sostanze chimiche e dunque anche nanomateriali, a valutare i rischi derivanti dal loro uso ed a prendere le misure necessarie per gestire qualsiasi rischio venga individuato. L'onere della prova con riguardo alla sicurezza delle sostanze chimiche fabbricate o commercializzate spetta all'industria. Il regolamento entrato in vigore il 1 giugno 2007 è inteso ad assicurare un elevato livello di protezione della salute umana e dell'ambiente, nonché a rafforzare la competitività del settore delle sostanze chimiche e l'innovazione.

Il regolamento si prefigge i seguenti obiettivi principali:

- proteggere più efficacemente la salute dell'essere umano e l'ambiente dai rischi legati alle sostanze chimiche. In questo contesto l'industria assume una responsabilità maggiore in materia di valutazione dei rischi;
- permettere la libera circolazione delle sostanze chimiche nel mercato interno dell'UE;
- migliorare la concorrenza e l'innovazione;
- incoraggiare metodi sperimentali alternativi per la valutazione dei rischi.

Il sistema REACH prevede 4 fasi successive

Registrazione - rappresenta l'elemento fondamentale dell'intero sistema. Le sostanze chimiche fabbricate o importate in quantitativi superiori ad una tonnellata l'anno devono essere obbligatoriamente registrate in una banca dati centrale, gestita dall'Agenzia europea delle sostanze chimiche. Questa fase esige che l'industria fornisca per le sostanze chimiche in esame

un fascicolo tecnico, il cui livello di dettaglio sarà proporzionato al volume di produzione e alla pericolosità della sostanza stessa.

Valutazione - è lo stadio attraverso il quale l'Agenzia, in sinergia con le autorità nazionali, controlla il rispetto degli obblighi previsti dalla normativa da parte dell'industria. In seguito alla valutazione sarà possibile determinare se la sostanza debba essere sottoposta alle procedure di autorizzazione o restrizione.

Autorizzazione - questa fase è prevista per sostanze particolarmente problematiche per l'ambiente e la salute umana. Se i rischi derivanti dalla fabbricazione, dalla commercializzazione o dall'uso di tali sostanze possono essere adeguatamente gestiti, l'autorizzazione viene concessa.

Restrizioni - è una procedura che garantisce un ulteriore livello di sicurezza per fonti di rischio non adeguatamente contemplate da altre disposizioni del sistema REACH. Vengono elaborate dagli Stati membri o dall'Agenzia e possono riguardare le condizioni di fabbricazione, uso e/o immissione sul mercato di una sostanza.

Il regolamento si riferisce a tutte le sostanze fabbricate, importate, commercializzate o utilizzate, in quanto tali o in quanto componenti di preparati. Inoltre, rispetto alle normative precedenti, introduce gli obblighi di registrazione anche per le nuove sostanze chimiche. Il regolamento elenca altresì alcuni gruppi e tipologie di sostanze esentati dall'obbligo di registrazione:

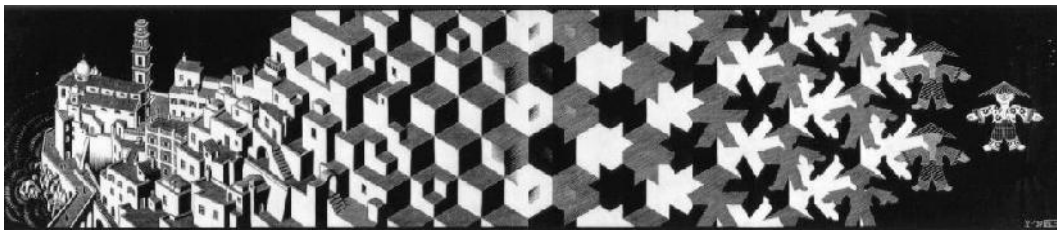
- le sostanze radioattive;
- le sostanze intermedie non isolate;
- i rifiuti;
- i polimeri;
- sostanze utilizzate nei medicinali per uso umano o veterinario;
- sostanze utilizzate nelle derrate alimentari o negli alimenti per animali;
- sostanze per le quali il rischio è considerato trascurabile (es. acqua, ossigeno);
- sostanze esistenti in natura e di cui non viene modificata la composizione chimica;
- sostanze utilizzate nell'ambito della ricerca e dello sviluppo.

Capitolo 3

Contaminazione tra arte e scienza

In un intervento a un convegno scientifico, Maurits Cornelis Escher⁷⁸ osservò: «L'attenzione che avete tanto cortesemente dedicato alle mie fantasie dimostra, per lo meno me lo auguro, che la scienza e l'arte talvolta possono incontrarsi, come due pezzi di quel puzzle che è la vita umana, e che può stabilirsi un contatto attraverso la frontiera che separa i nostri rispettivi campi d'indagine».

Le opere di Escher sono un chiaro esempio di contaminazione fra arte e scienza.



Metamorphosis I - 1937

È noto come ogni epoca ed ogni cultura sia contraddistinta da una diversa estetica e da una diversa concezione di bellezza e che l'arte fra le scienze sia stata da sempre il campo di applicazione. La stretta relazione fra l'arte e le scoperte scientifiche ha delle origini remote, l'idea che "il Bello" possa essere progettato, per esempio, è un concetto che appartiene alla cultura classica fortemente influenzata dalla geometria e dalla matematica del tempo, così come le opere d'arte appartenenti all'epoca

⁷⁸ Maurits Cornelis Escher matematico e artista olandese del '900

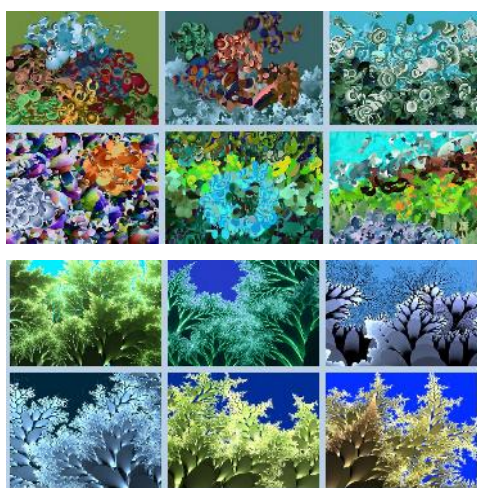
rinascimentale, suggestionate dalla scoperta della prospettiva. Stesso dicasi per quanto riguarda il IXX e il XX secolo, durante i quali le repentine scoperte relative all'universo e all'infinito hanno ispirato la creatività di molti artisti. Ammettere le relazioni esistenti fra arte e scienza, implica affermare che le stesse relazioni non potrebbero esistere se non fossero avvenuti altrettanti sviluppi della tecnica. Emblematica è l'era industriale, durante la quale il concetto di bellezza di un oggetto diviene strettamente connesso all'aspetto utilitaristico. È l'epoca in cui la macchina diviene simbolo della bellezza, una sorta di una bellezza tecnologica, che risiede nel combinato disposto di forma, funzione ed economia. La stretta relazione esistente fra arte e scienza, dunque, è leggibile anche come relazione fra arte e tecnica, poiché il passaggio da evoluzione scientifica a innovazione tecnologica in certi casi è un passaggio contemporaneo. «Galileo deve perfezionare il cannocchiale per osservare con occhi nuovi il cielo e vedere, letteralmente, *cose mai viste prima* nel cosmo. E, poi, deve inventare il microscopio per vedere *cose mai viste prima* a livello, appunto, microscopico. Ecco perché, dicono i filosofi, con apparente paradosso, la scienza è *figlia di sua figlia*, la tecnica»⁷⁹.

Un'importante dimensione del rapporto tra arte e scienza, in un'ottica evolucionistica della nostra epoca, riguarda la psicologia della ricerca e in particolare la creatività. Anche in questo caso, tra scienziati e artisti, vi sono molti caratteri comuni, in particolare l'attenzione che gli stessi pongono nei confronti della natura, quale fonte ispiratrice della propria creatività. Tra le persone che si sono occupate della psicologia della ricerca e dei meccanismi mentali che portano gli scienziati a indagare la natura e a realizzare le loro scoperte, vi è un grande matematico francese, Jacques Hadamard, tra i padri delle cosiddette teorie del caos. Egli individuò, all'inizio del Novecento, due modelli attraverso cui si esercita la creatività degli scienziati: uno di carattere intuitivo, l'altro di carattere analitico. Quello intuitivo è sostanzialmente proprio degli artisti, si nutre di analogie, di metafore, di immagini, di esperimenti mentali. Quello analitico è fondato sulla rigida applicazione di una logica formale, spesso della logica matematica, che seppure caratterizzata dall'intuizione si distingue più per l'aspetto razionale.

⁷⁹ P.Greco, *LHC, la grande opera architettonica dei fisici di Ginevra*, in www.scienzaearte.it, rivista scientifica 16/04/2010. Il Large Hadron Collider (LHC) è un moderno microscopio.

Jacques Hadamard ha dimostrato come nella più rigorosa adesione al modello analitico di creatività scientifica ci sia, all'origine, l'intuizione e pertanto i due modelli possono essere interpretati come parti del processo creativo.

Le rinnovate espressioni del sentire estetico nell'epoca attuale hanno condotto ad un netto avvicinamento ed a un esteso confronto tra arte e tecno-scienza. In primo luogo l'evoluzione tecnologica dell'*Information Communication Technology* (ICT), ha permesso di riorganizzare le relazioni tra arte e scienza nel quadro delle simulazioni dell'immaginario scientifico, mediante l'espressione delle moderne attività di "*Digit-art*". Infatti con il computer gli artisti dispongono di un'ampia gamma di software che hanno favorito l'emergere di nuove tecniche capaci di potenziare la creatività dell'artista, come la cosiddetta *Generative-art* mediante la quale l'artista diviene l'inventore di algoritmi e di software con i quali attuare simulazioni scientifiche, che hanno reso possibile per esempio la visualizzazione computerizzata anche delle nanotecnologie, facendo divenire esse stesse opere d'arte.



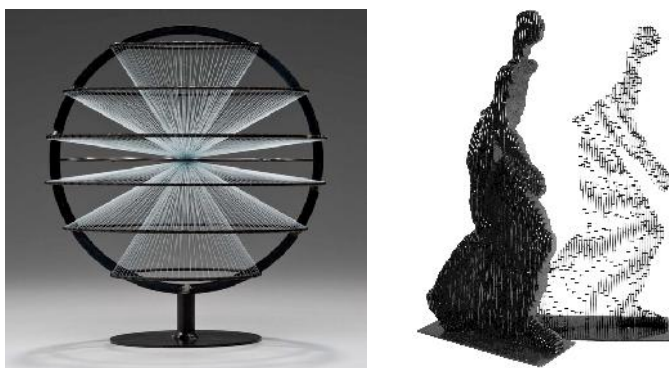
Esempi di Generative-art di Bodan Soban

La contaminazione tra arte e tecno-scienza, ha portato dunque alla formulazione di diverse tipologie di tecno-arte, che hanno riscosso notevole interesse: la Geometry-Art, la Quantum Art, la Bio-Art e la Eco-Art, quest'ultime in alcuni casi orientate a promuovere nuove conoscenze per la prevenzione del degrado ambientale e la sopravvivenza della biodiversità.

Il rapporto tra arte, scienza e tecnologia è divenuto nel secolo corrente inscindibile e l'espressione artistica diviene mediatrice fra scienza e società.



Esempi di geometry-art di Ghee Beom Kim



Esempi di quantum-art di Julian Voss-Andreae



Esempi di bio-art *Honeycomb Vase*, Tomas Gabzdil Libertiny

Nell'ambito del design un caso emblematico della contaminazione fra le forme dell'arte e la tecno-scienza, con particolare attenzione alle innovazioni apportate dalle nanotecnologie, è quello della rassegna "Design and the Elastic Mind", presentata da Paola Antonelli⁸⁰, inaugurata al MoMA di New York nel 2008. La rassegna ha esplorato la relazione reciproca tra scienza e design nel mondo contemporaneo, presentando oggetti di design e concetti che sposano la ricerca scientifica più avanzata con attenta considerazione dei limiti umani, delle abitudini e delle aspirazioni. La mostra sottolinea l'abilità del designer di cogliere i cambiamenti epocali nella tecnologia e nella scienza, i cambiamenti della domanda dei comportamenti umani, traducendoli in oggetti d'uso. Essenziale per il risultato è ciò che John Seely Brown definisce *Thinkering*⁸¹, ovvero la collaborazione costruttiva fra designer e specialisti. Si riportano di seguito alcuni esempi di bio-art presentati in occasione della rassegna "Design and the Elastic Mind".



Victimless Leather (2004), Oron Catts e Ionat Zurr

⁸⁰ Paola Antonelli dal '99 è curatrice e responsabile del dipartimento di Architettura e Design del Museum of Modern Art (Moma) di New York, è tra i maggiori esperti internazionali di design

⁸¹ www.moma.org



Dressing the Meat of Tomorrow (2006), James King



Bee's (2007), Susana Soares



Bel-Air (2007), Mathieu Lehanneur

3.1 Nanoarte

L'interesse per le nanotecnologie è stato manifestato in vari ambiti di ricerca e non è rimasta esclusa l'arte, che più delle discipline a carattere scientifico, svolge l'importante ruolo di comunicazione. La nuova disciplina artistica, nata all'inizio del XXI secolo dall'integrazione dell'arte con la nanotecnologia è stata definita Nanoarte. Essa utilizza le proprietà, le caratteristiche, le immagini e i saperi sull'universo nanotecnologico per realizzare delle opere artistiche e può quindi tradursi in diverse espressioni e processi: scultura, fotografia, video, musica.

Come altre esperienze estetiche contemporanee, quali i paesaggi frattali, l'arte biotech, o anche i robot emozionali, affascinanti artefatti iperinterattivi, anche la Nanoarte nasce dalle menti e dalle sensibilità degli scienziati, e ha successivamente degli interessanti sviluppi mediante gli artisti. Già nel 1997 alcuni scienziati della Cornell University: Cris Orfescu, Victoria Vesna e James Gimzewski⁸², avevano realizzato le prime opere di Nanoarte, definendosi così i precursori, ma a differenza di quanto avverrà in Italia anni dopo, le opere da essi esposte avevano dimensioni normali, visibili. Il soggetto delle loro opere era nanometrico, ma essi elaboravano le immagini ottenute da microscopi elettronici a scansione e poi le stampavano a grandi dimensioni e quindi le esponevano dopo elaborazioni per lo più di tipo cromatico.

In Italia la NanoArte invece ha uno sviluppo diverso, si diffonde a partire dal 2005 e i suoi creatori sono una coppia di artisti attivi a Torino, Alessandro Scali e Robin Goode, che collaborano con il Dipartimento di Fisica del Politecnico di Torino. La collaborazione tra i due artisti e i ricercatori del Politecnico ha portato alla realizzazione di diverse opere di dimensioni micro e nanometriche, invisibili ad occhio nudo che sono state esposte, con l'ausilio di apparecchiature specifiche, nel 2007 a Bergamo in occasione della mostra "Nan°arte", "*Vedere l'invisibile*", curata da Stefano Raimondi⁸³.

⁸² Cris Orfescu è nato a Bucarest, in Romania, ha vissuto e lavorato a Los Angeles dal 1991. Dirige un laboratorio di analisi e impiega nanotecnologie per progettare batterie al litio migliorate. Trae ispirazione per la sua arte dai paesaggi molecolari dei vari materiali con cui lavora. Il termine "NanoArt", da lui coniato, riflette il passaggio dalla scienza all'arte attraverso la tecnologia. Victoria Vesna, artista e docente presso il Dipartimento di Design, presso la Scuola UCLA di arti e architettura a Los Angeles; Jim Gimzewski è un professore di chimica presso l'Università della California.

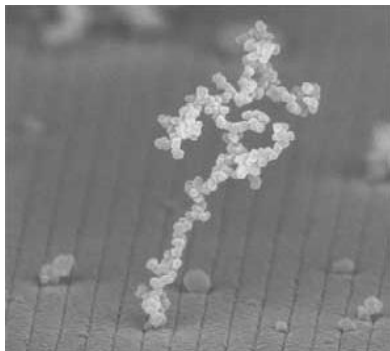
⁸³ Stefano Raimondi è nato a Bergamo nel 1981, si laurea in Scienze e Tecnologie della Comunicazione presso l'Università IULM di Milano; in occasione della mostra "Nan°arte", da lui curata, la casa editrice di libri d'arte Skira ha pubblicato il primo testo critico sulla Nanoarte con i contributi critici di Piero Bianucci, Mauro Carbone, Frances Geesin, Maddalena Mazzocut-Mis, Antonello Negri, Jennifer Palumbo, Fabrizio Pirri, Stefano Raimondi, Ottilia Saxl, Kai Simons, Renzo Tomellini e Ugo Volli.

La mostra, prima al mondo, si è configurata quale mostra esplorativa delle possibilità offerte all'arte dalla scienza e contemporaneamente ha dato prova della capacità dell'arte di rendere la scienza fruibile e immediata. L'infinitamente piccolo sorprende per la bellezza, colpisce per la forza del proprio messaggio e al tempo stesso disorienta per la capacità di trasformare paradossi in realtà.

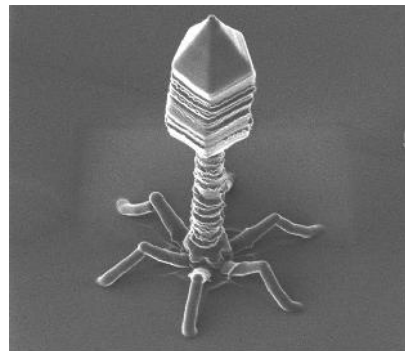
Un'altra importante rassegna sul tema è "NanoArt 2007", un concorso su internet, attraverso il quale i web-visitatori hanno votato l'immagine preferita.

La Nanoarte dunque si può definire contaminazione tra la ricerca scientifica più attuale e "rivoluzionaria" e la sensibilità di artisti, pone al centro della capacità virtuale e immaginaria dell'arte la moderna necessità di rendere visibile l'invisibile, superando le barriere della percezione naturale.

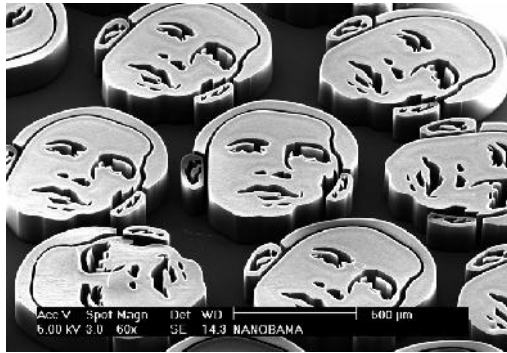
Si riportano nelle pagine seguenti alcune esperienze di nanoarte condotte da studiosi della materia. Keith Morton per esempio è ricercatore presso il Dipartimento di Biologia Molecolare di Princeton, John Hart è un docente di Ingegneria meccanica e di arte e design all'Università del Michigan, Linden & S. Bauerdick sono ricercatori presso la Raith GmbH di Dortmund (società privata tedesca attiva in campo *high tech* ed in particolare nella litografia e nano-fabbricazione di dispositivi elettronici ed elettromeccanici, Kometani e Matsui ricercatori presso l'università di Hyogo in Giappone e presso la *Japan Society for the Promotion of Science* JSPS.



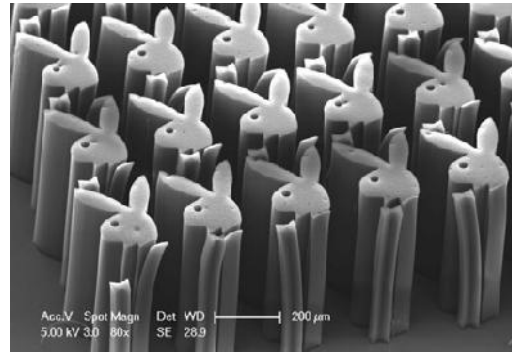
Nano-Atleta_K. Morton



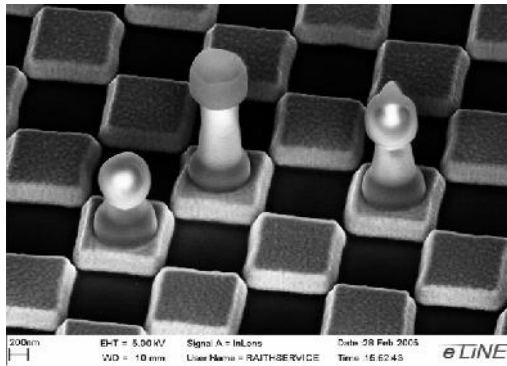
Nano "T4 Bacteriophage" _K. Morton



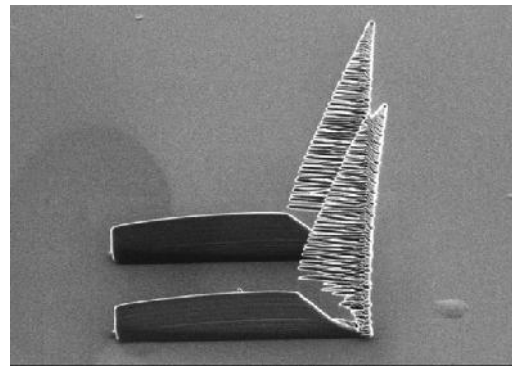
*Nanobama*_ J. Hart & other nanobliss folks



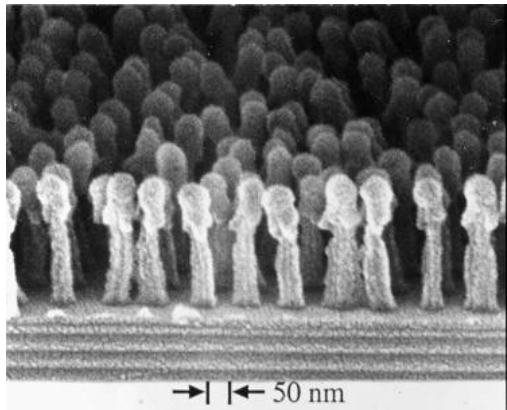
*Nano_playboy*_ J. Hart & other nanobliss folks



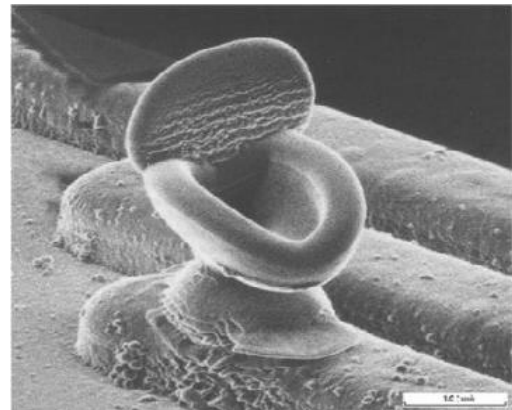
*Nano_chess*_ Raith A. Linden & S. Bauerdick



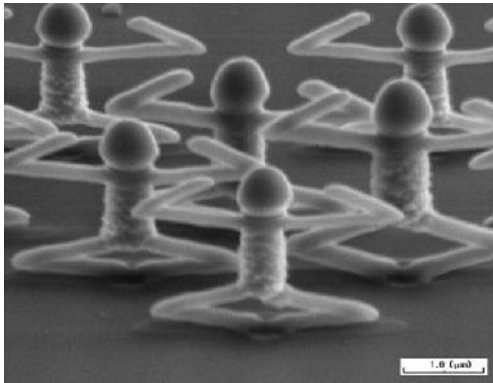
*Nano-Yatch*_ T. Morita & S. Matsui



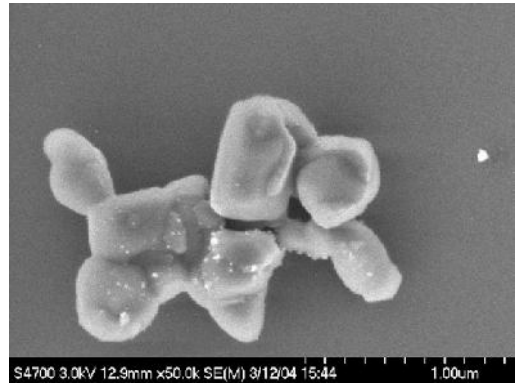
*Nano-debuttanti*_ T. Savas



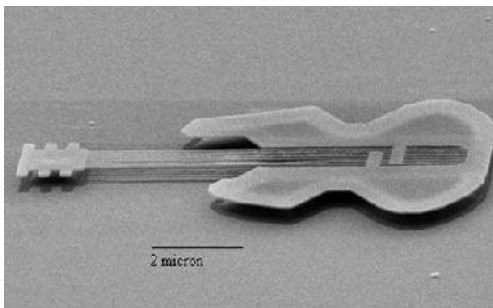
*Nano-Toilet*_ T. Kaito



Nano-Yoga_ C. Minari & S.Matsui



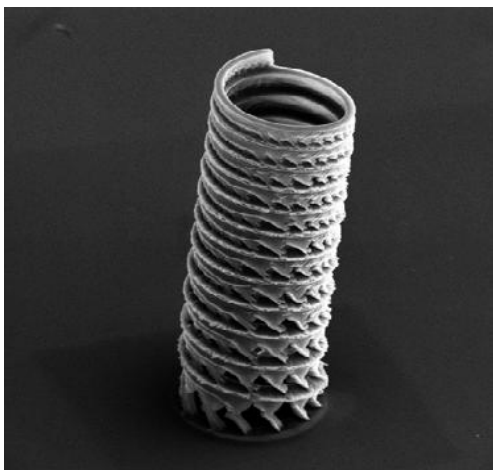
Nano-cane_ Nikolaj Gadegaar



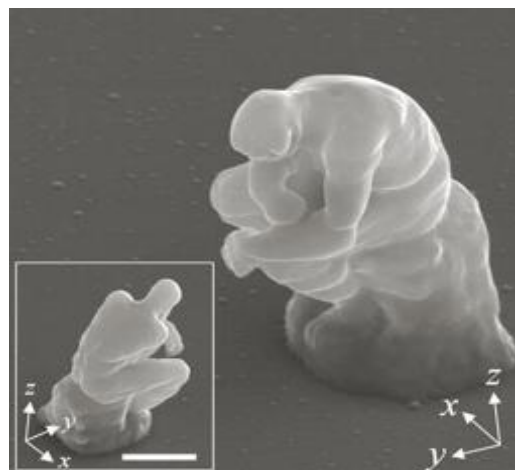
Nano-Guitar_ Dustin Carr



Nano-Pupazzo di neve_ David Cox



Nano-Torre di Pisa_ R. Kometani & S. Matsui



Rodin il Pensatore_ Dong-Yol Yang

Appendice

L'esperienza italiana di Alessandro Scali e Robin Goode

In Italia l'esperienza della Nanoarte è introdotta da Alessandro Scali, torinese e Robin Goode sudafricano, entrambi artisti lavorano a Torino presso l'agenzia di grafica pubblicitaria e nel 2002 iniziano a lavorare insieme al progetto di una rivista di arte-creatività-design, chiamata "Paperkut". «Per pura e semplice curiosità» affermano gli artisti, iniziano ad interessarsi di nanotecnologie. Da questi studi nasce l'idea di realizzare opere d'arte in scala nanometrica. La collaborazione con il Dipartimento di Fisica del Politecnico di Torino inizia nel 2005 e consente loro la possibilità di portare avanti il progetto, con il supporto dei professori fisici Rossi e Pirri e dei dottorandi. L'esperienza laboratoriale ha permesso un concreto rapporto di collaborazione tra il mondo della scienza e quello dell'arte.

Gli studi sulla Nanoarte proseguono e nel 2006 i due artisti presentano l'opera, *Oltre le Colonne d'Ercole*, in occasione del Premio San Fedele di Milano, aggiudicandosi il terzo posto. Nel 2007 la rivista scientifica "Nature" pubblica un articolo su una loro terza opera dal titolo *Dimensione attuale*, sancendo così l'inizio della Nanoarte in Italia. Nello stesso anno espongono a Bergamo, in occasione dell'evento "Bergamo Scienze", sette delle loro opere, che verranno pubblicate dalla casa editrice Skira.

L'approccio dei due artisti è quello di utilizzare le potenzialità offerte dalle micro e nanotecnologie come strumento o tramite per esprimere, dal punto di vista artistico, nuovi punti di vista, nuovi valori, nuove interpretazioni del mondo.

Le opere d'arte dei due artisti si miniaturizzano secondo il principio che solo mediante questo processo l'opera diviene in maniera più incisiva veicolo di un concetto o un'idea.



Dipartimento di Fisica del Politecnico di Torino
Robin Goode e Alessandro Scali

Pineapple

È il titolo dell'ultima opera.

Da millenni la religione e la promessa del paradiso sono tra i pretesti più utilizzati per giustificare un'azione di guerra.

A questo proposito, l'ananas è un particolare frutto che secondo la religione viene coltivato in paradiso.

L'opera consiste nell'aver inciso sulla granata- in dimensioni micrometriche, sulla falsariga di una "nota legale" - la scritta MADE IN HEAVEN.



Oltre le Colonne d'Ercole⁸⁴

Rappresenta simbolicamente il desiderio di recuperare la dimensione della sorpresa, del sublime, dell'ignoto: un viaggio al di là del mondo conosciuto, della realtà così com'è abitualmente percepita, alla scoperta di un universo che, seppure invisibile all'occhio umano, esiste ed è regolato da leggi. E' un'opera realizzata su un campione di silicio sulla superficie del quale sono state litografate una serie di impronte di dimensioni micrometriche.



Anno: 2006

Dimensioni del supporto: 10 x 10 mm

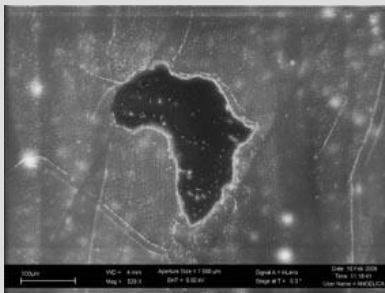
Dimensioni singola impronta: 135 x 460 nm

Materiale: Silicio con strato di ossido

Immagini dell'opera: FESEM (*Field effect scanning electron microscope*)

Actual Size

E' un'opera che comunica rappresentando l'Africa in scala nanometrica, «qualcosa che è sotto gli occhi di tutti ma che nessuno vuole vedere: un continente oggi di rilievo infinitesimale nel panorama mondiale, spesso abbandonato al suo tragico destino».



Anno: 2007

Dimensioni del chip: 10 x 10 mm

Dimensioni dell'Africa: 300 x 280 nm

Materiale: Silicio

Tecnica: Litografia ossidativa

Immagini dell'opera: AFM (*Atomic Forced Microscope*)

⁸⁴ Le Colonne d'Ercole nella letteratura classica indicano il limite estremo del mondo conosciuto. Geograficamente sono identificate con le due montagne di Calpe e Abila che sorgono rispettivamente sulla costa Europea e quella Africana. Secondo la mitologia Ercole, in una delle sue dodici fatiche, giunse sui monti creduti i limiti estremi del mondo, oltre i quali era vietato il passaggio a tutti i mortali. Separò il monte ivi presente in due parti (le due colonne) e incise la scritta *nec plus ultra*.

La chiave per il Paradiso

È un'opera ironica che vuole oltrepassare il limite e giocare con il paradosso biblico per cui *"E' più facile per un cammello entrare nella cruna di un ago, che per un uomo ricco entrare nel regno di Dio"*



Anno: 2007

Dimensioni dell'ago: 42 x 1 mm

Dimensioni del cammello: 350 x 450 nm

Materiale: Cammello in SU8 metallizzato incastonato in PDMS, nella cruna di un ago d'acciaio

Immagini dell'opera: Microscopio ottico

Scemo chi legge

È un irriverente opera metafora dell'inutilità – quando non della pericolosità – di certa tecnologia, se adottata acriticamente o fine a se stessa.



Anno: 2007

Dimensioni della scritta: 50 x 750 nm

Materiale: Alluminio anodizzato, acciaio, alluminio evaporato su vetro

Tecnologia Impiegata: Laser Ablation

Immagini dell'opera: Microscopio ottico

Libertà condizionata

La Statua della Libertà miniaturizzata, ridotta a microscopico simbolo di un sistema in crisi come garante di diritti universali.



Anno: 2007

Dimensioni del chip: 5 x 3 nm

Materiale: Substrato SOI (silicon on insulate)

Immagini dell'opera: FESEM (Field effect scanning electron microscope)

Fiato sprecato

È l'unica opera visibile senza l'ausilio degli strumenti scientifici: il soffio del visitatore attiva "molecole intelligenti" che si muovono per visualizzargli il numero dei respiri che scandiranno il resto della sua vita



Anno: 2007

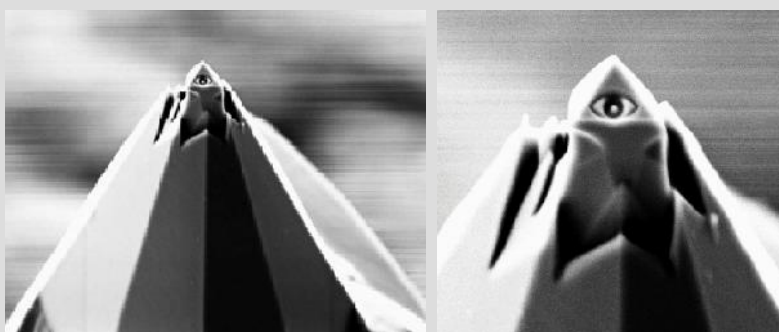
Dimensioni: 30 x 120 x 2 mm ogni lastra

Materiale del supporto: 4 lastre di vetro (soda-lime). Materiale della scritta "TI MANCANO" e "RESPIRI" Titanio e Rame (metallizzazione per evaporizzazione termica); "numeri" funzionalizzazione in plasma in presenza di una maschera di PDMS

Dio è nei dettagli

L'opera consiste nell'aver inciso il simbolo di Dio (il triangolo con l'occhio) sulla parte più alta e quindi più piccola di una punta di un Microscopio a Forza Atomica. Come nel caso delle altre opere di nanoarte, non si tratta di un fotoritocco, ma di una vera e propria incisione su una superficie metallica incisione su una superficie metallica, realizzata con opportune strumentazioni.

L'opera è stata realizzata da un *team* di ricercatori del NANOMED LAB, all'interno del Centro di Biotecnologie Avanzate (CBA) della Facoltà di Fisica di Genova, guidata dal prof. Ugo Valbusa.



Anno: 2008

Dimensioni: circa 200 x 200 x 200 nm

Diametro della pupilla dell'occhio di Dio: circa 20 nm

Materiale:

Tecnologia Impiegata: incisione su una superficie metallica

Immagini dell'opera: fotografia della punta dell'AFM (*Atomic Force Microscope*) realizzata con un FESEM (*Field effect scanning electron microscope*)

Capitolo 4

Scenario della biomimetica

Nella storia dell'uomo la natura ha sempre costituito un importante riferimento per concepire artefatti innovativi⁸⁵ e precedentemente sono state citate delle sperimentazioni tecniche basate appunto sull'imitazione di quelle che si sono definite nanotecnologie naturali. Numerosi progressi della tecnologia, del progetto e dell'arte sono nati nell'ampio bacino dell'ispirazioni biologica già negli anni '60. I sistemi biologici sono visti come il risultato di procedure complesse di affinamento e miglioramento, secondo la logica evolutiva definita *Trial and error*, che si propongono alla cultura del progetto come un prezioso bagaglio di strategie e soluzioni progettuali. Negli anni '60 appunto si diffonde la Bionica una disciplina che si occupava di simulare le strutture organiche allo scopo di produrre innovazione tecnologica. Diviene presto un campo interdisciplinare, in cui collaborano per la prima volta insieme biologi, ingegneri e designer.

In lingua inglese il termine corrispondente per definire questa disciplina è *biomimicry* o *biomimetics* dal greco bio = vita e mimesis = imitazione. Nata dall'evoluzione della bionica, anche in Italia si preferisce tale termine, intendendo una disciplina con più ampio raggio, che a differenza della bionica che si era manifestata quale imitatrice delle forme e delle strutture degli organismi, si propone soprattutto di trarre spunto dalle strategie e dalle logiche che sono alla base del successo evolutivo dei sistemi biologici,

⁸⁵ Carla Langella da un articolo tratto da rivista d'arte mensile digimag40 dicembre 2008/Gennaio 2009, pubblicata on-line da Digicult, una piattaforma culturale Italiana online e offline, che si occupa dell'impatto delle nuove tecnologie e delle scienze moderne sull'arte, il design, la cultura e la società contemporanea. DIGICULT si basa sulla partecipazione di oltre 40 professionisti che rappresentano il primo ampio Network Italiano di critici, giornalisti, curatori e artisti nel settore.

come sosteneva Buckminster Fuller⁸⁶ «We do not seek to imitate nature, but rather to find the principles she uses».

La letteratura scientifica in materia non distingue nettamente i due termini, ma nell'ambito della progettazione è più comune l'impiego del termine biomimetica.

La prima invenzione connessa ai principi di questo approccio progettuale risale al 1948, quando il chimico svizzero George de Mestral inventò il velcro, accorgendosi durante una passeggiata con il suo cane che i pallini spinosi di nappole che si attaccavano ai suoi pantaloni e al pelo del cane terminavano con dei piccoli gancetti; pensò di sfruttare lo stesso sistema e nacque così il sistema di aggancio ad uncino che ha trovato moltissime applicazioni nella vita quotidiana, dalle chiusure lampo, alle tute spaziali e agli stivali progettati dalla NASA per i suoi astronauti.

Oggi lo scenario generato dall'intersezione tra l'evoluzione delle conoscenze biologiche e i progressi maturati nell'ambito delle nuove tecnologie nello specifico quelle a scala nanometrica, propone inedite prospettive alla cultura del progetto, ovvero nuovi possibili percorsi di interpretazione della natura, in grado di configurare nuovi e affascinanti scenari di azione progettuale. Ciò che distingue oggi la bio-ispirazione da quella del passato è l'opportunità di fare riferimento a nuovi strumenti in grado di osservare la natura nelle sue forme più profonde, svelandone segreti e principi in passato non osservabili⁸⁷.

La scoperta del nanocosmo della natura ha consentito di creare materiali intelligenti, aventi struttura atomica sempre più vicina alla materia naturale, dimostrando che la nanotecnologia artificiale può essere intesa quale seguito alla nanotecnologia naturale. Trasferire tali conoscenze al design attraverso opportune metodiche, consente di generare nuovi artefatti, nei quali si rispecchino, concettualmente e concretamente, alcune delle qualità rivelate dal mondo naturale.

Lo scenario della biomimetica, si configura quale scenario mediatore fra natura e artificio; con l'avvento delle nanotecnologie supera la dimensione consueta dell'approdo a facili metafore estetiche e formali tipiche dello scenario dell'Hybrid Design e si configura come approccio progettuale complesso che richiede la

⁸⁶ Richard Buckminster Fuller (Milton, 12 luglio 1895 – Los Angeles, 1° luglio 1983) è stato un inventore, conduttore televisivo, architetto e designer statunitense. Fu anche professore alla *Southern Illinois University* e prolifico scrittore

⁸⁷ Carla Langella, *op. cit.*

partecipazione di attori di diverse discipline. Il designer bio-ispirato, con le proprie competenze trasversali, ha il ruolo trasferire le qualità biologiche come prestazioni all'oggetto. Lo scenario della biomimetica si manifesta secondo livelli omologici, mediante una sorta di "nuovo codice genetico". Come afferma Carla Langella «nel design bio-spirato si può fare riferimento a diversi livelli di relazione analogica, corrispondenti a diversi gradi di complessità e astrazione»⁸⁸:

- livello architettonico, nel quale l'analogia si riferisce a esempi di strutture costruite dagli organismi viventi come gli alveari, le tane degli animali, la rete del ragno;
- livello morfologico-strutturale, nel quale viene imitata la morfologia delle biostrutture (cellule, ossa, tessuti biologici, gusci dei mitili) per ottenere architetture con specifiche prestazioni;
- livello biochimico, nel quale vengono trasferiti i meccanismi biochimici osservati nei sistemi biologici come i meccanismi di mimetizzazione, l'effetto di luminescenza, la fotosintesi clorofilliana;
- livello funzionale, rispetto al quale vengono imitate le logiche poste alla base dei sistemi biologici come le funzioni anti-attrito della pelle degli squali e i meccanismi di termoregolazione degli animali in condizioni ambientali estreme;
- livello comportamentale, che si riferisce al trasferimento di modalità comportamentali come quella reattiva o protettiva;
- livello dell'organizzazione, che consiste nel trasferire strategie organizzative proprie dei sistemi biologici come ridondanza, auto-adattamento, autonomia, auto-organizzazione.

Si descrivono sinteticamente nel capitolo successivo alcuni esempi per ciascuno dei livelli omologici individuati.

Si può affermare che appartengono ai primi due livelli omologici principalmente progetti il cui riferimento alla natura è più immediato, perché riferito a suggestioni linguistico-formali, appartengono agli altri quattro livelli, progetti di ricerca maggiormente orientati all'impiego di nuovi materiali e tecnologie ispirate alle logiche naturali. Dal 2001 a supporto del progetto biomimetico conquistato dalle nanotecnologie, interviene anche l'informatica. Un gruppo di ricerca del *Centre for*

⁸⁸ C. Langella, *Hybrid Design. Progettare tra tecnologia e natura*, Milano 2007, pp.51-52

Biomimetic and natural technologies dell'Università di Bath, è impegnato nello sviluppo di uno strumento che consenta il trasferimento di conoscenze dal settore biologico, all'ingegneria e al progetto di artefatti. Il *software* sarà chiamato BioTRIZ⁸⁹ e si avvale di un *database* che consente di accedere a tutte le soluzioni progettuali elaborate dalla Natura durante la sua evoluzione.

Il software permetterà di avviare la ricerca degli studiosi della materia, mediante tre possibili livelli d'interrogazione: *simple search*, *functional search* e *medium search*⁹⁰. L'impiego del software per la progettazione riguarda in maniera più specifica un altro scenario che di seguito si tratterà, ma è interessante sottolineare il modo in cui alcuni ricercatori stiano cercando di risolvere la complessità della natura e le relazioni esistenti fra gli scenari definitisi nel XX secolo.

Fra le proprietà della natura prese ad esempio dall'architettura e dal design nei progetti o concept di seguito esposti vi sono: la tensegrità⁹¹ in macro e microscala, la gerarchizzazione delle strutture, l'effetto autopulente, la rigenerazione, il movimento di alcuni animali o piante, l'iridescenza dei colori di alcune specie animali, la bioluminescenza, la capacità di camuffarsi, di autostrutturarsi ecc.

⁸⁹ TRIZ è la Teoriya Resheniya Izo breatatelskikh Zadatch, messa a punto in Russia per favorire lo scambio di informazioni fra l'ingegneria e le altre discipline

⁹⁰ Carla Langella, *Hybrid Design. Progettare tra tecnologia e Natura*, Milano 2007, pp.52-53

⁹¹ Equilibrio statistico tra le parti di una struttura in trazione e le sue parti in compressione. La tensegrità viene applicata in natura, con sistema gerarchizzato, fino alla nanoscala. La conseguenza pratica è che consente di scaricare le tensioni nel punto di crescita e/o di riparazione dell'oggetto naturale di design. Questo porta a due importanti caratteristiche: auto-assemblaggio (*self-assembly*) auto-riparazione.

4.1 Livelli Omologici

Livello Architettonico

Nome: Yellow Treehouse Restaurant

Tipologia: progetto realizzato

Autore: Pacific Environments Architects

Luogo e anno: Nuova Zelanda 2008

Si tratta di maestosi “boccioli” lignei, aggrappati a 12 metri di altezza su sequoie secolari ed altissime. Realizzati con elementi modulari in pioppo, ospitano bar e ristoranti. Sono raggiungibili con una passerella lunga 60 metri sospesa nell’aria. La forma rimanda subito ad un bozzolo di farfalla. Le strutture sono fruibili a qualunque condizione atmosferica, in caso di pioggia alcuni fogli di acrilico assicurano una permanenza confortevole e all’asciutto. Durante il giorno, grazie alle fessure longitudinali, la luce attraversa il bozzolo illuminandolo totalmente con la luce naturale. I vari bozzoli possono essere rimossi in qualsiasi momento ed essere reinstallati in altri contesti.





Nome: Alpine Capsule
Tipologia: progetto realizzato
Autore: Ross Lovegrove
Luogo e anno: Piz La Ila, 2008

Si tratta di un rifugio hi-tech ideato per zone ad alte latitudini, (2100 m) per un cliente privato Moritz Craffonara. Ha la forma di una goccia di mercurio ed è simile ad essa anche per via della superficie riflettente; è isolata termicamente dall'ambiente esterno ed è autoalimentata energeticamente grazie a celle solari e mini turbine eoliche, mentre gli interni sono realizzati in forme organiche. Dopo una presentazione alla stampa durata qualche giorno, le Alpine Capsule sono state installate sulle Dolomiti nel 2010.

Dati meteorologici hanno dimostrato che il posizionamento della capsula alpina a Piz La Ila, permetterà di sfruttare sia la tecnologia eolica che la solare per soddisfare i bisogni energetici dell'unità abitativa.



Le centrali che forniscono energia⁹² sono situate nelle vicinanze, anch'esse secondo un principio biomimetico si integrano con armonia al luogo. I pannelli fotovoltaici sono retrattili: in caso di vento forte o di caduta neve tutti gli otto petali, ruotando su un perno di rotazione unico, si ritraggono.

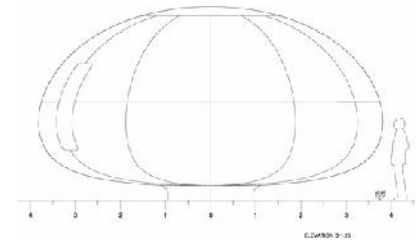
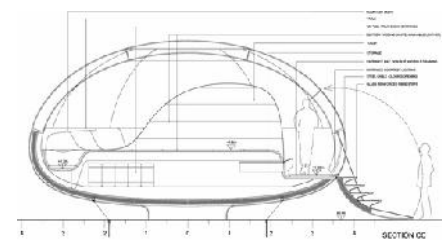
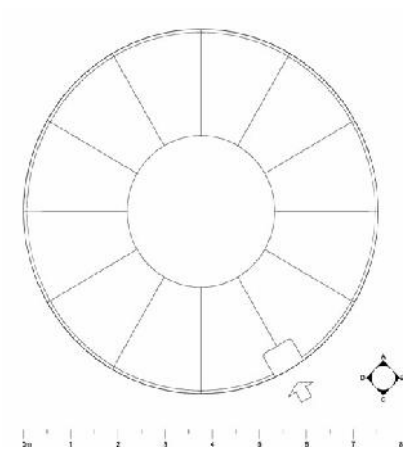
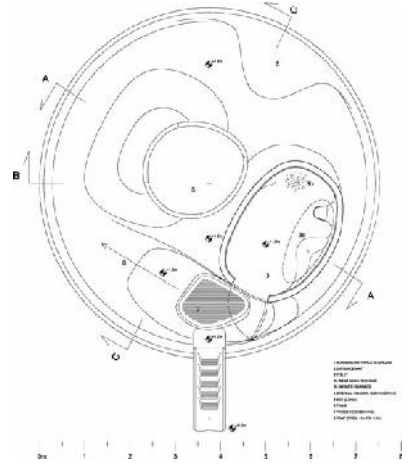
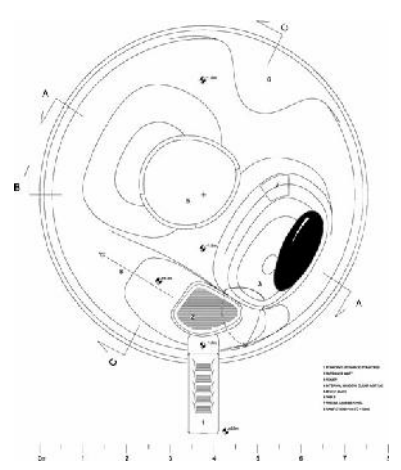


La capsula può ospitare due persone; si distinguono due principali aree: una soggiorno-letto-studio e separatamente il bagno. L'ingresso alla capsula avviene a un metro di altezza rispetto il piano di terra esterno e ad un livello inferiore rispetto al piano principale del soggiorno che si trova a 1,60 m di altezza, questo per distinguere chiaramente le due funzioni. Ad un livello inferiore vi è il bagno. Questi diversi livelli e volumi sono fluidamente e senza interruzioni saldati insieme, creando un morbido paesaggio che scorre interno. Ogni superficie è ricoperta di morbida pelle bianca imbottita. Negli spazi all'interno l'illuminazione indiretta consente una visione ottimale dell'esterno anche durante le ore di buio.

La superficie esterna è costituita da un rivestimento a specchio, trasparente all'interno, che svolge il ruolo di far rimbalzare la maggior parte dei raggi infrarossi, e protegge l'ambiente interno da un surriscaldamento eccessivo. Nello stesso tempo il rivestimento

⁹² La centrale elettrica è dotata di un sistema integrato di pannelli fotovoltaici e un asse verticale della turbina di vento: la combinazione di queste due tecnologie fa sì che quasi in ogni metereologica la centrali genera un *output* sufficiente energia.

agisce come una pelle mimetica, smaterializz la massa della Capsula Alpina, in quanto riflette l'ambiente circostante.



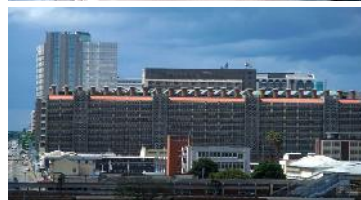
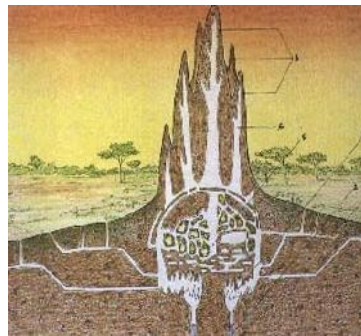
Nome: Eastgate

Tipologia: progetto realizzato

Autore: Mike Pearce - Ove Arup & Partners

Luogo e anno: Harare, Zimbabwe 1993-1996

L'edificio per uffici prende spunto dalle tane delle termiti, costruzioni che possono raggiungere incredibili altezze, anche i 12 metri e si sviluppano anche in profondità, poiché le termiti per soddisfare il loro bisogno di umidità, scavano gallerie in direzione delle falde acquifere, raggiungendo anche i 40 metri di profondità. Trattasi di strutture fatte semplicemente di terra impastata con una sostanza collante prodotta dalle mandibole delle stesse termiti. L'interno di queste costruzioni è vuoto, ma la disposizione dei tunnel è strategica poiché crea delle correnti d'aria che fungono da condizionatori di calore e umidità garantendo il continuo ricambio di ossigeno. Il progetto di Mike Pearce, interessante per lo spunto tratto dalla natura, si dimostra comunque un edificio fortemente impattante nel contesto e il materiale impiegato è il tradizionale calcestruzzo armato.



Livello Morfologico-Strutturale

Nome: Packaging biomimetico

Tipologia: progetto di ricerca

Autore: NNZ Industriële Verpakkingen

Luogo e anno: Groningen, Olanda 2009

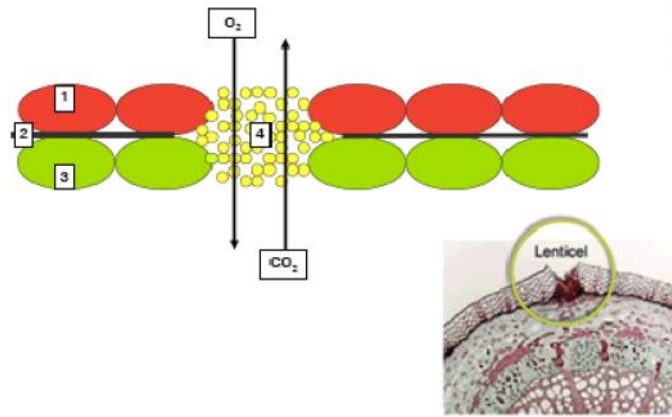
NNZ pone alla base delle proprie ricerche sperimentali la possibilità di imitare la Natura e trarne vantaggio nella progettazione dei migliori tipi di confezionamento possibile per il settore dei prodotti agroalimentari. Proprio come la buccia di frutta e patate, il concetto di confezione cui NNZ pensa deve essere in grado di proteggere un prodotto contro diversi pericoli, tanto quelli meccanici derivanti dagli urti, tanto da quelli collegati a processi di disidratazione, decolorazione, infezioni batteriche, muffe o germogliamenti e maturazioni troppo anticipati. Inoltre, la confezione deve consentire scambi gassosi tra l'interno e l'esterno e mostrare il grado di maturità o di freschezza di quel che contiene; tale visibilità non deve tuttavia intervenire a discapito della protezione del prodotto dai danni che potrebbero derivargli dall'esposizione alla luce. Tutte queste forme di confezionamento a imitazione di quanto avviene in natura prendono il nome di *packaging* biomimetico.



Qui di seguito, alcuni esempi di come NNZ concepisce una confezione in grado di replicare determinate caratteristiche delle protezioni naturali dei prodotti freschi e di quali siano gli elementi da cui prendere le mosse per sviluppare soluzioni tecnologiche sempre migliori.

Si tratta di un'imitazione a livello molecolare della buccia della frutta, affinché il prodotto contenuto all'interno del *packaging* possa essere mantenuto più al naturale possibile senza l'impiego di nocivi conservanti.

La figura sotto riportata mostra il principio di funzionamento del *packaging* biomimetico e nanotecnologico studiato dall'azienda olandese.



1. Cellule rosse: strato esterno, impermeabile ad acqua ed elementi gassosi, riempito di aromi (ad esempio aromi di frutta) rilasciati nel momento in cui la pellicola viene strofinata o aperta. Grazie al profumo dolce, lo strato esterno permette l'impiego di meno zuccheri all'interno del prodotto confezionato, che risulta dunque più sano.
2. Linea nera: "colla" tra lo strato esterno e quello interno.
3. Cellule verdi: strato interno, impermeabile ad acqua ed elementi gassosi, riempito di olii essenziali (come il Carvacrol, la principale molecola dell'olio di origano), in grado di prevenire la formazione di batteri e muffe.
4. Pori: piccole aperture artificiali in grado di facilitare lo scambio gassoso tra ossigeno, anidride carbonica e vapore acqueo, al contempo prevenendo l'infiltrazione di acqua.

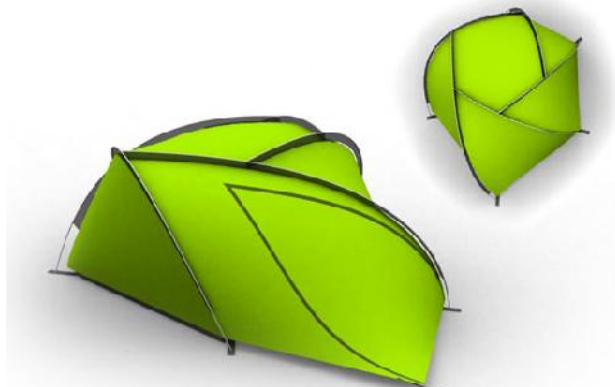
Gli strati 1, 2 e 3 tutti insieme devono provvedere anche alla protezione meccanica del contenuto, il tutto in uno spessore di circa 50 micrometri.

Nome: Seasons
Tipologia: progetto
Autore: Nao Tamura
Luogo e anno: Milano 2010

In Malesia, il cibo lo servono su foglie di banano in Giappone usano le foglie di ciliegio durante alcune feste, queste tradizioni hanno ispirato la designer giapponese Nao Tamura quando ha creato *Seasons*. Piatti da portata in silicone alimentare, sottili e flessibili, che evocano le foglie di ciliegio. Proprio come una foglia, il piatto è morbido e leggero, è flessibile e vellutato ed è realizzato in un materiale economico ma duraturo che necessita di pochissima energia per essere prodotto: il silicone. Il piatto è utilizzabile in forno, può essere avvolto attorno al cibo e messo in frigo per conservare la pietanza o in microonde per riscaldarla. Ogni foglia ha un colore e una dimensione diversa, caratteristica che permette di creare diverse e suggestive configurazioni in tavola e avere a disposizione diversi tipi di foglie a seconda delle portate. L'idea ha ricevuto il primo premio nel campo del food design al Salone Satellite 2010 di Milano.



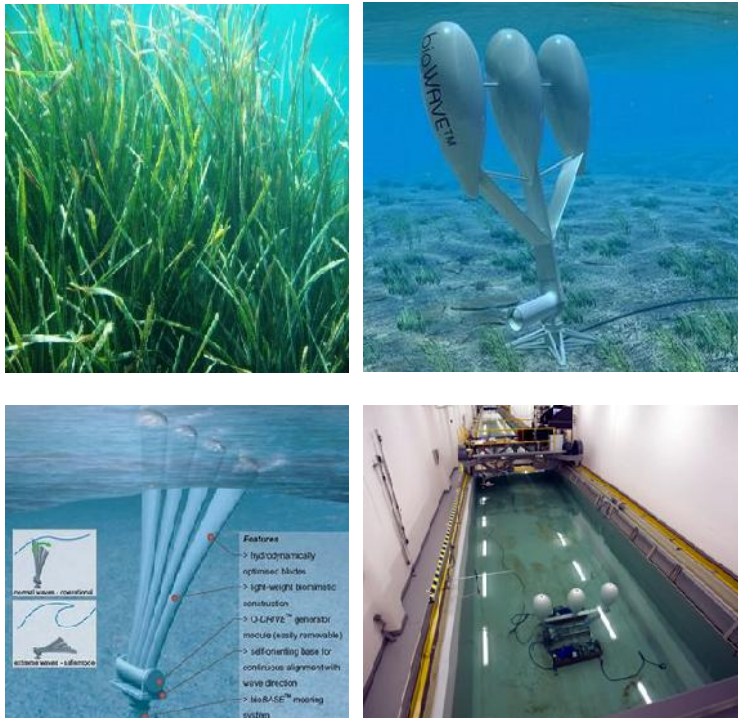
Nome: Husky, tenda da campeggio
Tipologia: progetto - tesi di Laurea
Autore: Ondrej Vaclavik



Nome: Biowave e Biostream
Tipologia: prototipo
Autore: BioPower Systems
Luogo e anno: Australia 2008

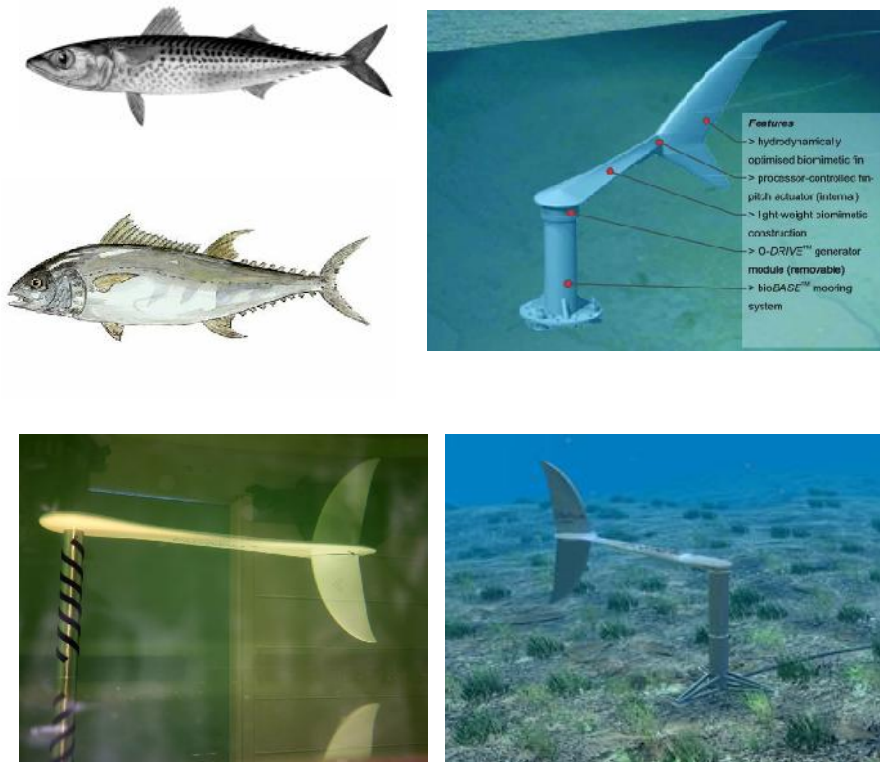
Biowave

BioWave è un sistema, per produrre energia dal mare, che simula il movimento delle piante sottomarine che si muovono con le correnti oceaniche per generare così energia elettrica, si presenta come un sistema a tre “lame” che oscillano costantemente. Nei casi di pericolose mareggiate, il sistema si può adagiare tranquillamente sul fondo del mare. BioPower Systems sta attualmente testando un prototipo di BioWave al largo delle coste della Tasmania in grado di generare 250 KW.



Biostream

È un sistema di conversione di energia della marea, basato sul movimento estremamente efficiente di alcune specie di pesci: squalo, tonno e sgombro. Biostream imita la forma e le caratteristiche di moto di queste specie, ma è un'apparecchiatura fissa sul fondo del mare con un solo punto di rotazione in modo da potersi disporre in qualunque direzione. I sistemi sono sviluppati per produrre 250kW, 500kW, e 1000kW.

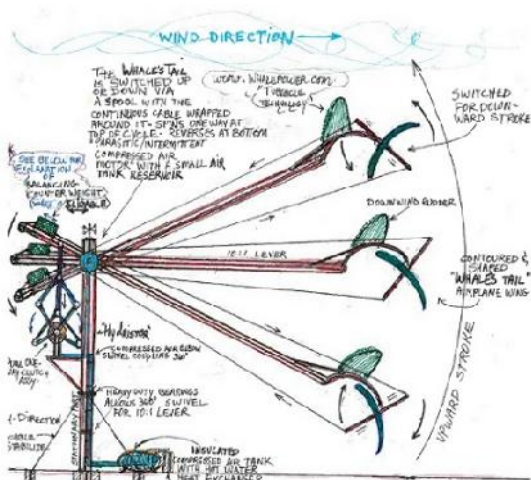


Nome: Pale eoliche
Tipologia: prototipo
Autore: Frank E. Fish⁹⁴ - WhalePower
Luogo e anno: Pennsylvania 2008

La ditta canadese Whale Power ha realizzato delle pale eoliche che imitano la forma delle pinne delle megattere. Grazie alle protuberanze presenti nelle pinne, questi particolari cetacei riescono a immergersi - e quindi a riemergere - molto più agevolmente rispetto ad altri cetacei dotati di pinne lisce. Questo ha dato lo spunto ai tecnici canadesi per realizzare delle pale eoliche con le stesse caratteristiche. Sembra che le pale eoliche, grazie a questo sistema avranno due vantaggi: saranno più silenziose e soprattutto più efficienti.



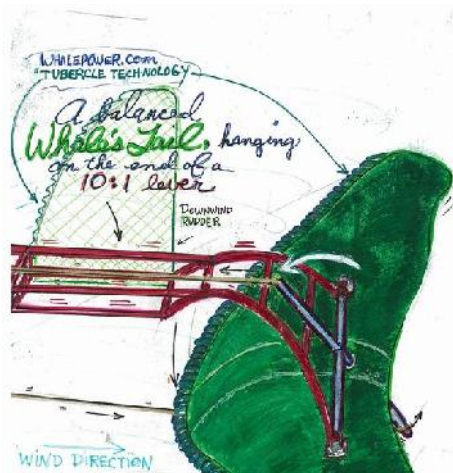
⁹⁴ biologo fondatore della compagnia WhalePower



A 'Whale's Tail' Windpower Energy Generator, which incorporates Tom Kasner's 'Hydristor', for high pressure compression of air into an insulated tank.

Drawn by Dan Selby March 15th, 2009

***IMPORTANT TO NOTE**
 *BALANCING COUNTERWEIGHT IS SLIDABLE, TOWARDS AWAY FROM THE FULCRUM. *DEENDING UPON THE WIND SPEED, IT IS ALWAYS PREDOMINANTLY CLOSER TO LIGHTER THAN THE WING LEVER SIDE. THIS IS BECAUSE OF THE ACTION OF THE WIND FLOWING OVER THE 'BERNOULLI WING', WHICH IS CURVED JUST LIKE AN AIRPLANE WING IS. AS IT IS WELL-KNOWN-THIS CREATES A LIFTING FORCE. AT THE TOP OF THE CYCLE - GRAVITY DRAWS THE SWITCHED WING DOWNWARD.



WHILEPOWER.COM
 "TUBERCLE TECHNOLOGY"

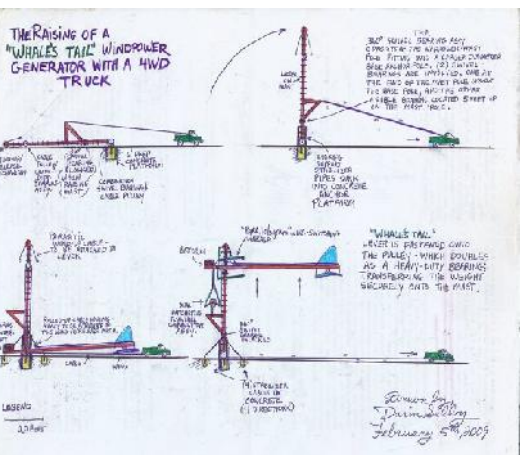
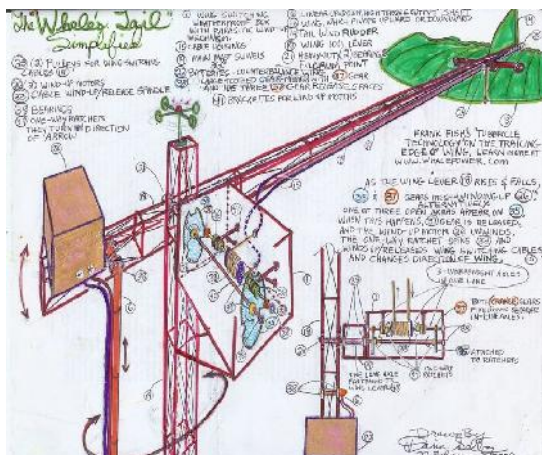
A balanced Whale's Tail, hanging on the end of a 10:1 lever

NOW THE LEVER DOES NOT OBSTRUCT THE SWITCHING UPWARD AND THEN DOWNWARD IN AN OSCILLATING FASHION

THE CABLE NO LONGER NEEDS A HOUSING, AND SWITCHES THE WING UPWARD OR DOWNWARD VIA THE SWIVEL, PERPENDICULAR LEVER ASSEMBLY.

AND, OF COURSE THE MOST OPTIMUM SHAPE OF THE WING IS THE TRIED-AND-TESTED CONTOURED SHAPE OF THE

Drawn by Dan Selby February 5th, 2009



Nome: Lily Impeller
Tipologia: prototipo
Autore: Jayden D. Harman - PAX Scientific, Inc.
Luogo e anno: San Rafael, USA 1996

L'australiano Jayden D. Harman aveva osservato che ogni volta che afferrava un gambo di alga, esso si rompeva facilmente in mano, mentre quando le alghe venivano colpite da maree turbolenti, le alghe rimanevano intatte. Capì così che le alghe sopravvivono perché piuttosto che combattere le correnti si muovono con esse secondo un modello a spirale, noto anche come spirale di Fibonacci o sequenza. Questo modello si trova frequentemente in natura in conchiglie, modelli climatici tempesta e anche nei pori della nostra pelle.



Con l'ausilio della società di design industriale PAX Scientific, da egli stesso fondata, specializzata in tecnologia di movimento fluido, elabora un nuovo disegno dell'elica che potrebbe rivoluzionare il settore dei trasporti marittimi, in quanto un'elica di tale forma consente di spostare 1 milione di litri d'acqua in sole 24 ore, utilizzando la stessa quantità di energia⁹⁵. Il prototipo è stato esposto anche al MoMA di New York.



⁹⁵ E' stato dimostrato che Lily Impeller permetterebbe di risparmiare il 15-30% di energia e di ridurre il rumore del 75%.



Nome: Shinkansen serie 700
Tipologia: progetto realizzato
Autore: Tecnici della compagnia ferroviaria giapponese
Luogo e anno: Giappone 1999

I treni proiettili delle linee Shinkansen nacquero per la prima volta nel 1964 sulla linea Tokyo - Osaka in occasione delle Olimpiadi. All'epoca, lo Shinkansen "Serie 0" poteva andare a una velocità di circa 200 km/h e rappresentava uno dei primi treni ad alta velocità al mondo.

Il primo progetto del treno era molto rumoroso e produceva un forte rombo durante l'uscita dalle gallerie a causa del cambiamento nella pressione d'aria.

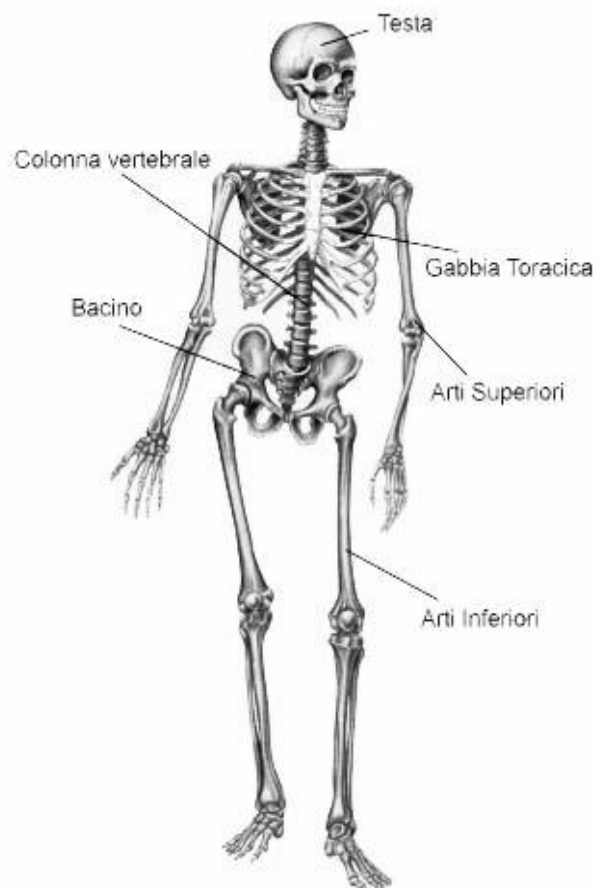
Gli assistenti tecnici del treno hanno apportato diverse modifiche dall'uscita del primo modello elaborando la serie 100 – 200 – 300 ecc. Nel 1999 l'entrata in servizio della "Serie 700"; con questo modello l'ingegnere capo delle ferrovie Eiji Nakatsu ha trovato la soluzione ai problemi di rumorosità e velocità; imitando una specie di volatile: il kingfisher⁹⁶. Ha riprogettato l'estremità anteriore del treno imitando appunto il becco del kingfisher e ottenendo quali risultati una minore rumorosità e un minor dispendio di energia.



⁹⁶ Il martin pescatore per catturare un pesce passa dall'aria all'acqua alzando piccolissimi spruzzi

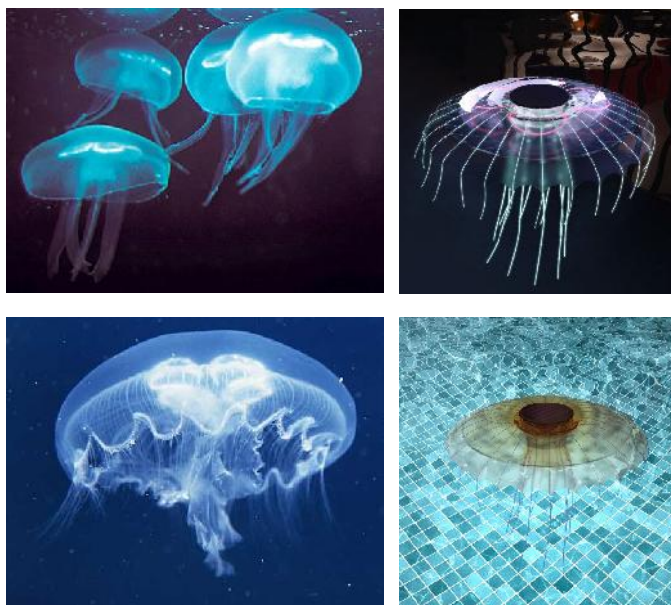
Nome: Bones
Tipologia: prototipo
Autore: Joris Laarman
Luogo e anno: Amsterdam 2006

È una sedia in alluminio ispirata alla struttura ossea del corpo umano. Proprio come nelle ossa umane, questa sedia è rinforzata nei punti di maggior *stress* creando una “trama ossea” in grado di scaricare al meglio i carichi, pur conservando una struttura reticolare leggera, alimentata anche dall’uso dell’alluminio come materiale principale. Il design della sedia è stato ottenuto utilizzando un apposito *tool* sviluppato da GM (General Motors) che riesce ad individuare e replicare il principio alla base dell’evoluzione dello scheletro. Il *concept* della sedia è la sottrazione di materia. Il progetto è stato presentato in una collezione di mobili al “Design Miami” e al Moma di New York in occasione della rassegna “Design and elastic Mind” 2008.



Nome: Medusa
Tipologia: prototipo
Autore: Enrique Golden
Luogo e anno: Argentina 2006

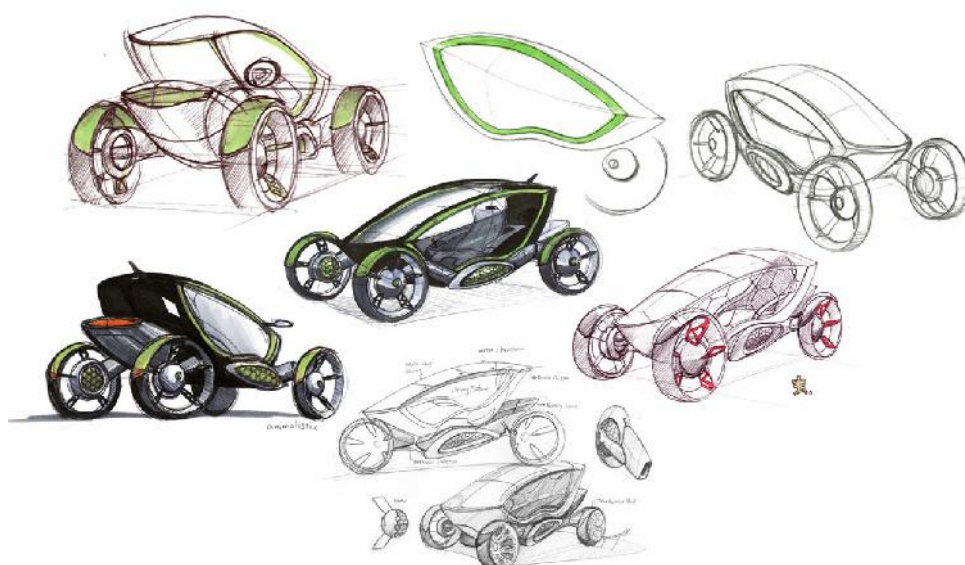
Il progetto ha ottenuto il secondo premio nella categoria “Invenzioni” al concorso “Mentes Brillantes” tenutosi in Argentina nel 2006. Il mimetismo è principalmente formale, ma poiché l’oggetto trae come la vera medusa l’energia per lo svolgimento delle proprie funzioni dal sole, l’analogia si può intendere anche a livello comportamentale. È una lampada fluttuante per piscine e specchi d’acqua, realizzata interamente in silicone, alloggia all’interno di essa un pannello solare collegato a una batteria ricaricabile che alimenta luci LED ad alta luminosità, che fungono sia da sorgente di luce che da illuminatore per i tentacoli in fibra ottica. Grazie alla batteria solare funziona in modo autonomo, si accende di sera e si spegne di giorno per ricaricarsi. Tale funzione è stata resa possibile appunto da batterie solari.



Nome : Insecta
Tipologia: concept progettuale
Autore: Shao Yung Yeh
Luogo e anno: Taiwan 2007-2008

E' frutto della creatività di uno studente di Taiwan; l'*Insecta* è una monoposto che, traendo ispirazione dal corpo delle cavallette è in grado di modificare l'assetto delle sospensioni e degli assi in funzione del traffico.

Il veicolo elettrico, ad uso singolo, è dotato di un sistema di sospensioni che prende spunto dalla morfologia delle zampe dell'insetto, facilmente estensibili, in modo che il veicolo possa adattarsi alle varie condizioni di guida, regolando la propria altezza. All'estremità di queste "zampe" troviamo le ruote, ad ognuna delle quali è apposto un meccanismo circolare che fa da batteria ricaricabile. Attraverso queste soluzioni, l'abitacolo risulta molto spazioso e confortevole e l'intero veicolo leggero. Il progetto è risultato vincitore del primo premio in occasione dello Yulon-Nissan Car Design Contest in Taiwan.



Livello Biochimico

Nome: Sinthesya

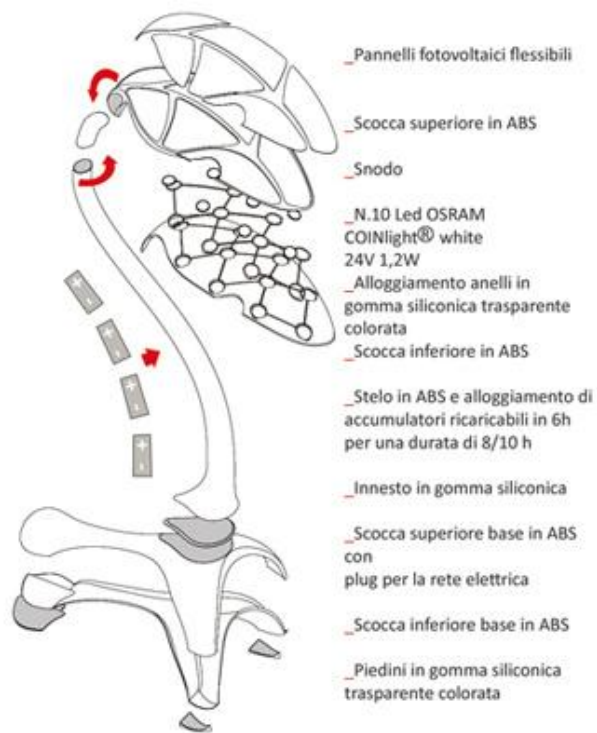
Tipologia: progetto realizzato

Autore: D'arc Studio – D. Calisi, A. Tommasetti, R. Topputo e C. Vanacore

Luogo e anno: Roma 2009

Sinthesya nasce dall'osservazione della fotosintesi clorofilliana. La scelta del materiale si accorda con la filosofia ecologica e di risparmio energetico del progetto: le scocche per la base e la foglia e il fusto sono in ABS ottenute con tecniche di stampaggio ad iniezione e soffiatura con finitura lucida. Sinthesya è una lampada che di giorno memorizza in batterie solari la luce naturale e quando necessita si accende per mezzo di 10 LED ad alta potenza. Una lampada solare che appare come una pianta, e che come tale agisce, traendo l'energia con una tecnologia equivalente alla fotosintesi, mediante pannelli fotovoltaici flessibili, integrati all'oggetto. Una pianta ben salda a terra con le radici, una base regolabile che contiene il *plug* della rete elettrica per ricariche di emergenza, e uno stelo sinuoso, bilanciato dalle batterie di accumulazione, che termina in una foglia dalla duplice funzione di accogliere i raggi solari attraverso i pannelli fotovoltaici flessibili alloggiati nella scocca superiore e di restituire illuminazione artificiale. Il doppio snodo di collegamento della foglia con lo stelo permette di orientare Sinthesya in qualsiasi direzione nella fase luminosa, ovvero di ricarica in esterno, e in quella oscura per direzionare il fascio luminoso in interni. Il sistema d'illuminazione è concepito come una lampada da interno ed esterno, grazie alle caratteristiche *water-proof* delle finiture in gomma siliconica di diverso colore.





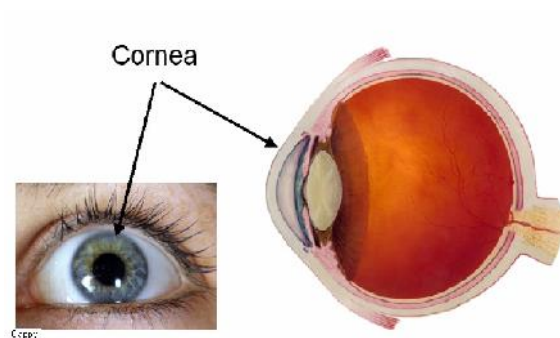
Nome: Duoptix

Tipologia: progetto di ricerca

Autore: Curtis W. Frank e biologi dell'Università della California

Luogo e anno: Stanford 2006

Duoptix imita il tessuto naturale dell'occhio e come questo è formato soprattutto di acqua, riesce a trattenere l'80% di liquidi, quasi come i tessuti biologici. Presentato al congresso nazionale dell'American Chemical Society, il materiale biomimetico è un hydrogel, cioè un polimero e promette di diventare un'alternativa al trapianto di cornee umane. Duoptix può essere cucito chirurgicamente e i suoi hydrogel biocompatibili sono trasparenti e permeabili alle sostanze che servono a nutrire la cornea, quali il glucosio. Il dischetto sintetico, con un buco nel centro, molto poroso, costruito con il Duoptix non sostituisce completamente la cornea, serve piuttosto da base su cui traslocheranno le cellule epiteliali che collegheranno i tessuti naturali dell'occhio a quello biotech.



Livello Funzionale

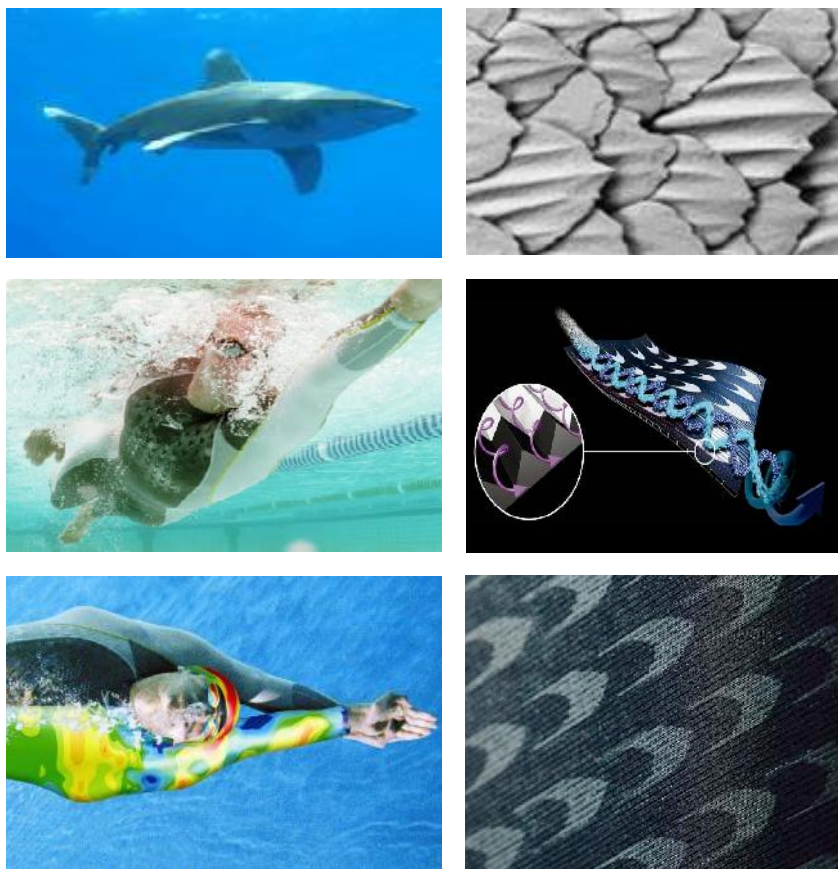
Nome: Fastskin®

Tipologia: prodotto

Autore: Speedo

Luogo e anno: Nottingham, Inghilterra 2000

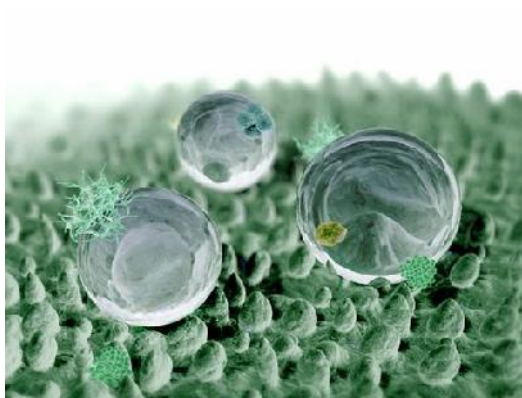
La struttura del tessuto Fastskin di Speedo presenta, delle scanalature sulla superficie esterna che durante il nuoto incanalano l'acqua facilitando lo scorrimento del corpo. In particolare, come è evidenziato nell'immagine, all'interno delle scanalature l'acqua si incanala seguendo un percorso a spirale e crea dei microvortici che riducono la resistenza dell'acqua producendo un vantaggio idrodinamico.



Nome: NanoNuno®
Tipologia: prodotto
Autore: Pro-idee
Luogo e anno: Germania 2006

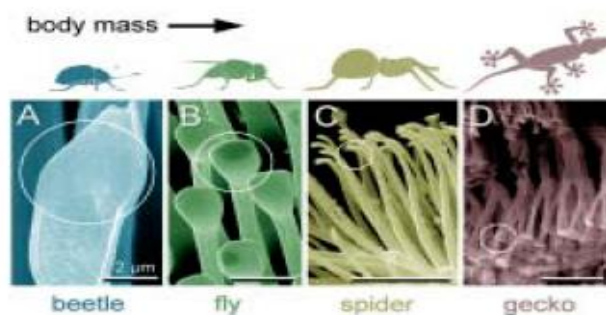
Le nanotecnologie che riproducono l'effetto delle foglie del loto, sulle quali l'acqua e lo sporco scivolano via, sono state impiegate dalla società tedesca Pro-idee per la realizzazione di un nuovo ombrello NanoNuno.

Questo ombrello sviluppato dopo anni di ricerche in Svizzera, ha otto stecche di alluminio e fibra di vetro, manico in faggio, diametro 96 cm, 100% poliestere e peso pari a 500 grammi circa.

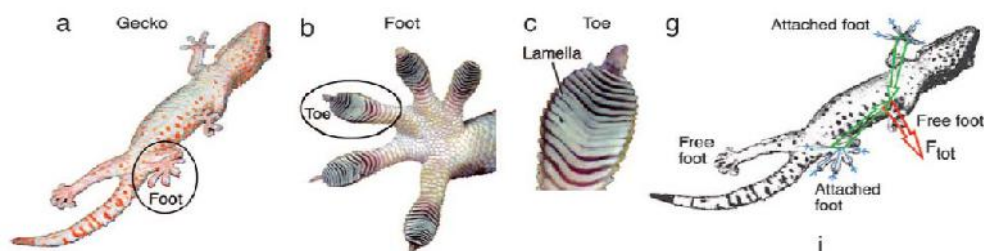


Nome: Synthetic Gecko
Tipologia: prototipo
Autore: Bae Systems
Luogo e anno: Bristol 2006

Nel 2006 la Bae Systems, azienda specializzata nella difesa e nello sviluppo aerospaziale, ha prodotto il “Synthetic Gecko”, un polimero in grado di mantenere sollevata da terra un’automobile familiare, grazie a un solo metro quadrato di materiale adesivo. Questo, dall’aspetto molto simile al nylon, ma con milioni di microscopiche setole, è stato realizzato con tecnica fotolitografica e si presume una futura produzione su larga scala. Il Pentagono si è interessato a questi prototipi per sviluppare guanti e scarpe che permettano di arrampicarsi su ogni superficie. Applicato a pneumatici e scarpe permetterebbe di mantenere l’aderenza con l’asfalto in qualsiasi condizione climatica, anche sulla neve e sul ghiaccio. L’azienda, a seguito delle ricerche condotte dai ricercatori dell’istituto Max Planck per la ricerca sui metalli di Stoccarda, si è ispirata per la produzione del potente adesivo al gecko. Esso infatti può arrampicarsi sui muri e rimanervi attaccato anche con una sola zampa, poiché i suoi polpastrelli sono rivestiti di peli finissimi talmente adattabili che possono avvicinarsi a qualche nanometro dal supporto. Mediante interazioni di Van der Waals il gecko riesce ad aderire perfettamente sulla superficie su cui si arrampica.



Sistema di adesione delle zampe un gecko



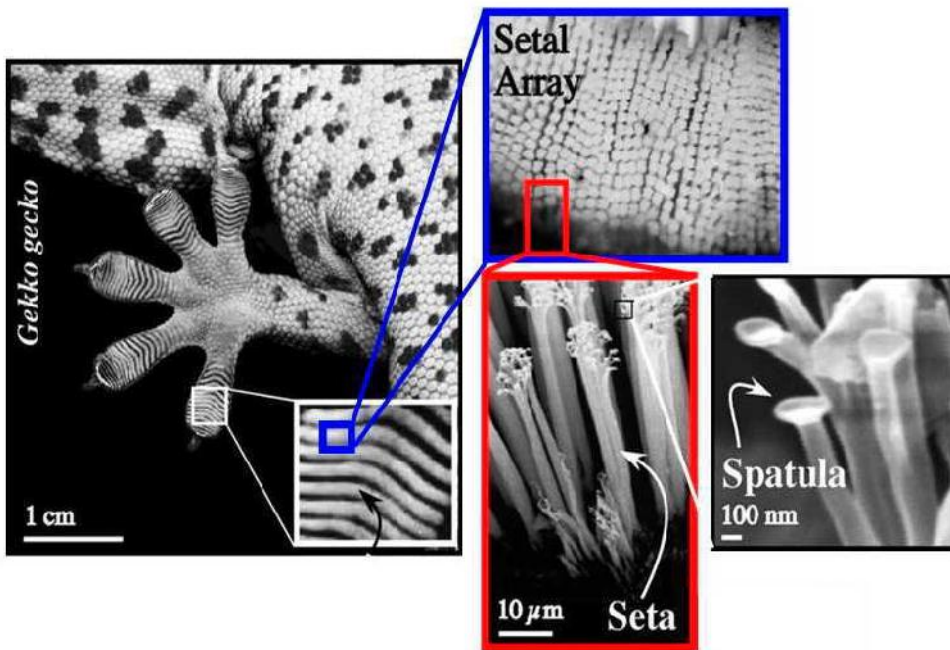


Immagine di Anne Peattie, Integrative Biology department, UCB

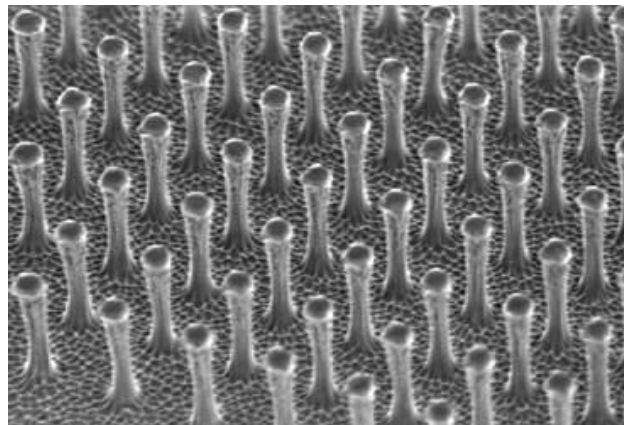


Immagine dell'adesivo ispirato alle zampe del gecko: milioni di setole sintetiche ricoprono 1 cm² di polimero (immagine di Andre Geim, Carnegie Mellon University)

Livello Comportamentale

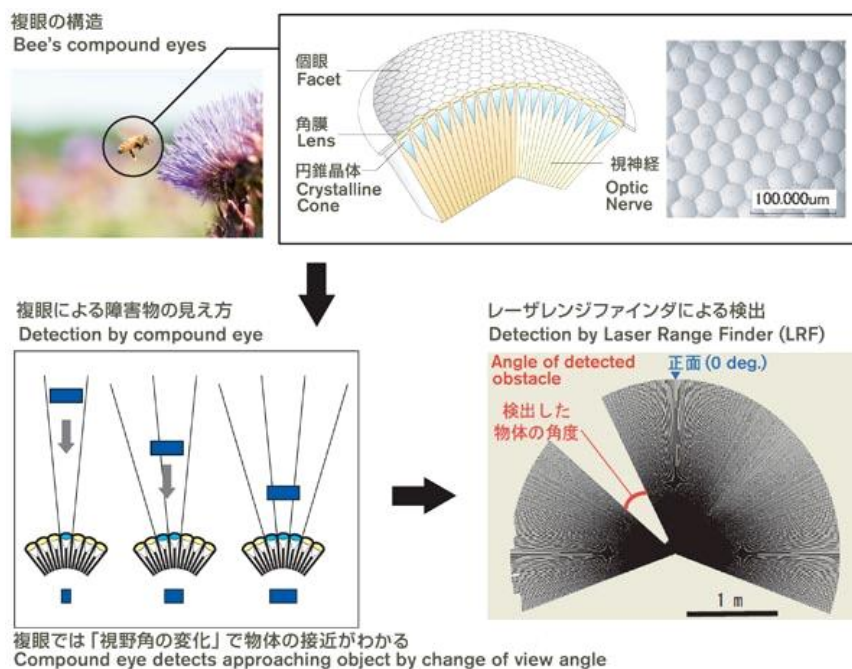
Nome : Eporo

Tipologia: progetto di ricerca

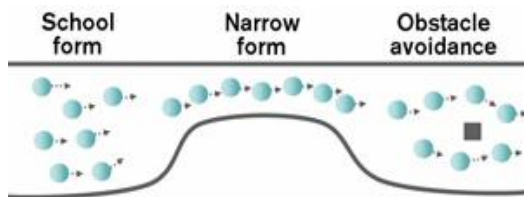
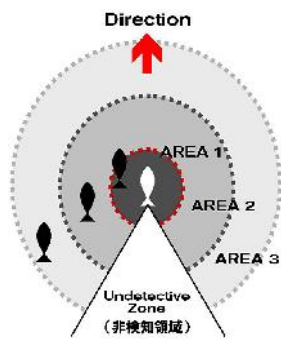
Autore: Ing. Toshiyuki Andou , Manager Nissan

Luogo e anno: Tokyo 2009

Il “Principio Locusta” potrebbe essere presto alla base dei sistemi di sicurezza delle vetture. Le locuste migratorie sono in grado di muoversi in enormi sciami volanti di milioni di esemplari, senza mai scontrarsi reciprocamente in quanto gli stimoli visivi ricevuti dall’insetto vengono trasmessi direttamente alle cellule nervose delle ali, apparentemente senza passare dal cervello. Grazie allo studio del sistema visivo delle api, dei calabroni o di alcune tipologie di pesci, Nissan ha costruito un car-robot biomimetico che riesce ad evitare da solo gli ostacoli lungo il cammino. Il dispositivo, chiamato “Laser range finder”, rileva la presenza di ostacoli fino a due metri di distanza entro un raggio di 180 gradi. Nell’Ottobre del 2009 Nissan presenta in occasione della “Ceatec Japan”, mostra annuale sulle avanguardie e sulle tecnologie elettroniche e dell’informazione⁹⁷, un gruppo di sei Eporo.

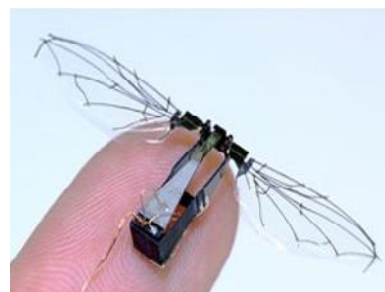


⁹⁷ Nissan è l'unico produttore di auto che partecipa a questa mostra dal 2006



Nome : MAVs micro-aerial vehicles
Tipologia: progetto di ricerca
Autore: Ricercatori del North Carolina State University
Luogo e anno: Stati Uniti 2006

Il pipistrello è fra i volatili il più abile nel volo, silenzioso in ambienti angusti, rapido a captare i più flebili segnali di movimento e a percepire la presenza di sostanze chimiche. Per mettere a punto un drone di dimensioni ridottissime, da usare per sorveglianza in ambienti chiusi e perfino per esplorazioni in edifici crollati, gli scienziati della North Carolina State University hanno creato, quasi tale e quale la meraviglia della natura alla quale si ispira, un pipistrello meccanico, dando il nome di MAVs. Essi rispetto ai droni tradizionali e ai piccoli veicoli telecomandati terrestri, devono fornire una maggiore manovrabilità in spazi molto ristretti. I Mav disponibili fino a oggi volavano grazie ad ali tradizionali, fisse, o rotori sul modello degli elicotteri, strumenti che consentono una manovrabilità ridotta e minore aerodinamica. Il punto di forza del robot è l'uso di materiali di ultima generazione, per fabbricare non solo la struttura, ma anche le giunture e le membrane delle ali. L'obiettivo che voleva essere raggiunto dai ricercatori è quello di avere la stessa flessibilità e leggerezza delle ali dei veri pipistrelli. Per ottenere tale effetto il robot è fatto con una lega nickel e titanio *shape memory metal* in grado di contrarsi ed espandersi, capaci di elasticità estrema. Tale lega è sensibile al calore generato dalla corrente elettrica e il calore serve ad attivare micro circuiti della grandezza di un capello umano, capaci di far contrarre i muscoli metallici del robot.



Livello Organizzativo

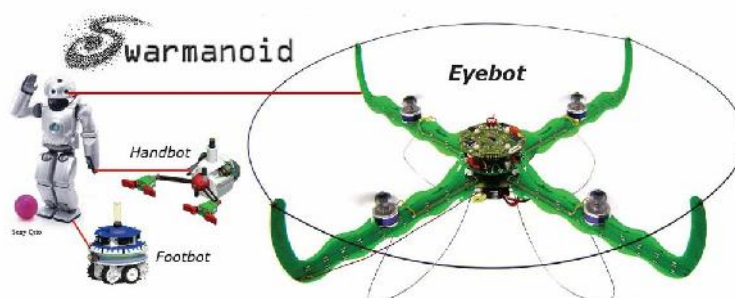
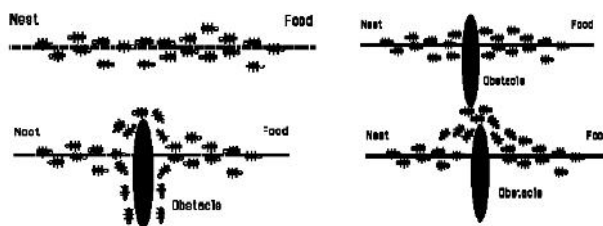
Nome : Swarmanoid

Tipologia: progetto di ricerca

Autore: Luca Maria Gambardella, Dip. Tecnologie innovative

Luogo e anno: Bruxelles 2006 - 2010

Il progetto di Swarmanoid, finanziato dall'Unione Europea, si propone di costruire, in maniera estremamente innovatrice, uno sciame di robot, un insieme di macchine "intelligenti", composto da vari "droni", cioè da piccoli robot che comunicano tra loro e che riescono ad interagire con l'ambiente. Lo swarmanoid che si intende costruire sarà formato da circa 60 piccoli robot autonomi di tre tipologie: robot-occhio, robot-mano e robot-piede. I robot-occhio, situati in posizione rialzata, sono mobili e specializzati a percepire ed analizzare l'ambiente, fornendo una panoramica che i robot-piedi e i robot-mano non possono avere. I robot-mano sono specializzati nello spostamento di oggetti ed agiscono in una zona mediana tra i robot-occhi e i robot-piedi. I robot-mano possono scalare superfici verticali o localizzare oggetti nell'ambiente. I robot-piedi sono specializzati nel trasporto su terreno sconnesso, sia di oggetti che di altri robot. La combinazione di questi tre tipi di robot autonomi forma un sistema robotico eterogeneo, capace di spostarsi in uno spazio tridimensionale e di assumere sembianze umanoide. Saranno usati per effettuare controlli e lavori di riparazione di tubi e cavi nelle centrali nucleari.



Capitolo 5

Scenario dell'advanced material design

Per definire questo scenario è necessario distinguere il concetto di materiale funzionale e di materiale avanzato. Il materiale funzionale è in grado di svolgere una funzione in risposta ad uno stimolo quale la temperatura o il campo elettrico, il materiale avanzato o intelligente è in grado di rispondere a stimoli differenti ed adattare la sua risposta all'esigenza. In realtà non è detto che un materiale definito funzionale, non sia anche avanzato, o viceversa, pertanto si preferisce distinguere un materiale funzionale e la struttura con esso realizzata intelligente.

Come afferma Ezio Manzini, nel XX secolo si è passati da una fase in cui i materiali sono detti a “complessità subita”, fase legata all'uso del materiale naturale con poche modificazioni, allo sviluppo di materiali a “complessità controllata”, in cui l'obiettivo era quello di materiali perfetti e privi di impurità e anisotropie. Da questa seconda fase si è passati a materiali a “complessità gestita”⁹⁸, nei quali impurità e anisotropie vengono appositamente progettate e realizzate per ottenere prestazioni molto precise e puntuali.

Il materiale funzionale è quello che M. Cardillo e M. Ferrara definiscono *smart material*⁹⁹, perché in inglese il termine *smart* significa appunto intelligente e furbo. L'adattabilità dei materiali *smart* è innanzitutto misurata in ragione della loro capacità di sfruttare risorse naturali, o di reagire agli *input* ambientali in modo più o meno

⁹⁸ E. Manzini, *op.cit.*, p.30

⁹⁹ M. Cardillo e M. Ferrara, *Materiali Intelligenti, Sensibili, Interattivi*, Milano 2008

autonomo, riproducendo almeno in parte le strategie tipiche della natura e quindi reagendo alle condizioni esterne in modo quasi biologico.

Con l'aiuto della chimica e della fisica nel corso del XXI secolo, gli *smart material* sono aumentati, alcuni progettati fino alla scala nanometrica possiedono proprietà "aumentate" e aspetti estetici variabili. Si tratta dei materiali funzionalizzati, che riescono ad incorporare la capacità di reagire a specifiche sollecitazioni grazie all'apporto di sostanze capaci di modificare alcune delle originarie caratteristiche fisico-chimiche, seppure ancora con risposte elementari e strettamente prevedibili, come le variazioni di trasparenza nei vetri fotocromatici o il recupero di una sagoma geometrica preordinata nelle leghe metalliche a memoria di forma.

Lo scenario dell'*advanced material design* dunque è l'ambiente culturale nel quale si è sviluppato un approccio progettuale tendente alla definizione dell'oggetto costituito da materiale strutturato su misura, in grado di rispondere a precisi input scelti a priori. La tecnica che rende l'oggetto intelligente, lo pone su un piano rispetto al quale non c'è alcun precedente culturale a cui riferirsi. Esso spiazza ogni strumento critico basato sull'estetica delle forme, poiché in esso ciò che prevale è la fisicità dei componenti che conferiscono l'intelligenza. La forma dell'oggetto diviene un riferimento marginale, prevale il funzionale, a volte il ludico a volte solo l'immagine che lo stesso oggetto crea nella mente dell'utente.

Il concetto di design avanzato, in Italia, compare per la prima volta nel 1954 a Milano, con l'esperienza condotta dall'ADI *Advanced Design Institute*¹⁰⁰, a seguito di alcune iniziative promosse da La Rinascente. Il termine "avanzato" è stato impiegato dall'associazione per intendere lo scopo per cui si impiegava, ovvero riunire intorno al dibattito culturale del disegno industriale, come fenomeno culturale ed economico, progettisti, imprese, ricercatori, insegnanti e critici. L'ADI si prefigge il compito di facilitare la comprensione più profonda e più ampia del design come attività e cultura interdisciplinare, attraverso l'istruzione pubblica.

In un periodo di grandi cambiamenti tecnico scientifici nell'ambito della definizione del materiale del progetto, pur conservando la definizione adottata dall'ADI, poiché la

¹⁰⁰ Nel 1954 da un'idea di Gio Ponti e sostenuto inizialmente dai magazzini la Rinascente nasce il "Premio Compasso d'oro", un riconoscimento che viene assegnato con l'obiettivo di premiare il design del prodotto italiano. Dal 1964, cessato il patrocinio della Rinascente, il premio è passato integralmente all'ADI.

necessità di un dibattito culturale interdisciplinare, attraverso l'organizzazione di seminari e convegni per promuovere prospettive olistiche e nuovi concetti e metodi di pratica del design, si ritiene di potere impiegare il termine “avanzato” per aggettivare i materiali del progetto di design, che progettati fino alla scala subatomica, offrono prestazioni aumentate garantendo la minimizzazione dell'impatto ambientale del prodotto finito.

Si riportano di seguito quattro esempi di *smart material* e a seguire alcuni progetti che sono identificabili quali esempi dello scenario dell'advanced material design, nati dalla sperimentazione di alcuni laboratori e aziende impegnati nella ricerca e applicazione di materiali innovativi, ottenuti dalla manipolazione della struttura fino a scala subatomica.

Sensitive fabric

Tessuto a maglia sensibile alla pressione. Costituito da due facce di tessuto conduttivo separate da un dielettrico. Premendo il tessuto le due facce si toccano chiudendo un circuito elettrico.



Active Protection Systems

Tessuto che rimane morbido e flessibile fino a quando non riceve un forte impatto.

Si tratta di un *coating* di silicone la cui viscosità aumenta con la velocità dell'impatto.

Quando riceve un forte impatto, il materiale si irrigidisce istantaneamente, e passata la collisione, torna ad essere flessibile.



Memoria di forma

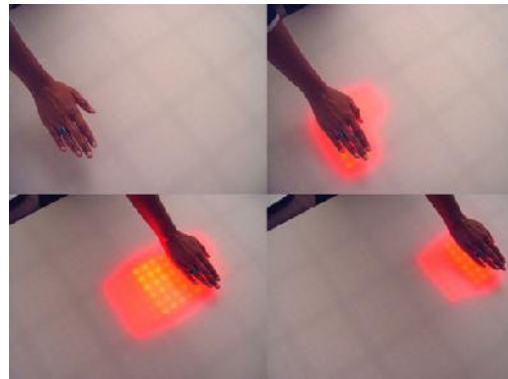
Materiali metallici in grado di recuperare una forma macroscopica reimpostata per effetto del cambiamento di temperatura o dello stato di sollecitazione applicato.

Quando il materiale viene deformato da una forza esterna, si deforma gradualmente; nel momento in cui la sollecitazione cessa, esso recupera la forma iniziale.



Sensacell

Superficie interattiva punteggiata di sensori di diversa dimensione o forma, composta in moduli. È programmabile, sensibile alla temperatura, al tatto, all'umidità

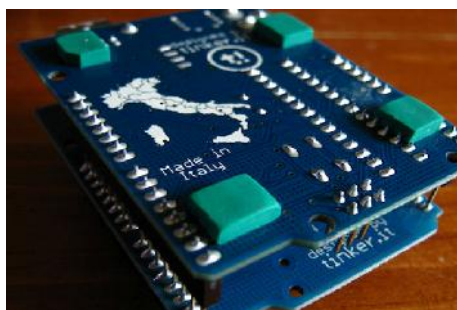


Sugru

È un materiale che ricorda il pongo, messo a punto da Jane Ni Dhulchaointigh insieme ad alcuni scienziati del Royal College of Art di Londra, è stato dato il nome di Sugru, che in irlandese vuol dire “giocare”. Si tratta di un silicone multicolore che combina le proprietà di resistenza alla temperatura del silicone adesivo, alla malleabilità del silicone industriale, consente di cambiare forma o dimensioni a certe cose o attrezzi rendendoli più comodi o facili da usare consente di intervenire su oggetti rumorosi e cambiandone l'acustica.



La diffusione di questo materiale e le innumerevoli possibilità di applicazione, hanno creato una comunità definitasi di sugristi, si scambiano consigli e idee e il materiale sta spopolando per vendite, tanto da avviare una massiccia produzione.

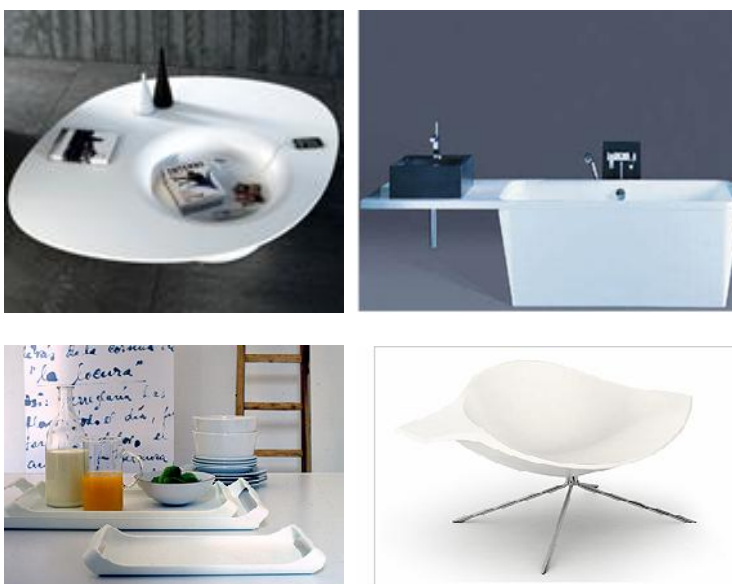


Esempi di applicazioni progettuali del sugru

Cristalplant®

Il Cristalplant è un materiale composito costituito da un'alta percentuale di cariche naturali ed una bassa percentuale di polimeri poliesteri ed acrilici di elevata purezza. È un materiale ipoallergenico e non tossico, è stato inventato e prodotto nel centro di ricerca e sviluppo della Nicos International Spa, presso la sede a Portobuffolè in provincia di Treviso. È un materiale riciclabile al 100% resistente e molto versatile, ignifugo e resistente agli UV. È impiegato nel settore del design dell'arredo bagno, nel settore ospedaliero e in quello navale. La tecnologia produttiva è il *cast moulding*, ossia stampaggio a bassa pressione. Dopo la definizione di un disegno tridimensionale viene realizzato un prototipo a scala reale a sua volta utilizzato per la realizzazione dello stampo. Lo stampaggio del Cristalplant® può essere paragonato allo stampaggio ad iniezione.

Al fine di esplorarne le possibili applicazioni, l'azienda Zanotta ha indetto nel 2010 un concorso rivolto ai giovani designer lo "Zanotta+Cristalplant Design Contest". Il premio è stato vinto da tre italiani Jacopo Zibardi, Salvatore Indriolo e MA.A.MA., con il progetto White Shell. Si tratta di un tavolino, che funge anche da contenitore, si può mettere accanto ad un camino per contenere la legna, vicino ad un divano per contenere libri, in terrazza come vaso o, se equipaggiato di un comodo cuscino può diventare la cuccia per il proprio animale domestico.



D3o

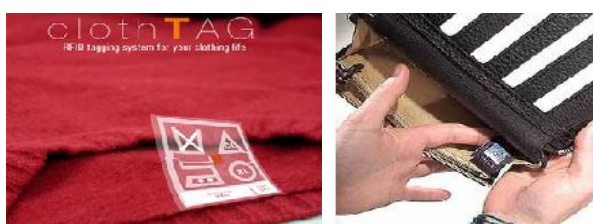
È un nuovo materiale tecnologico dotato di “molecole intelligenti”. Sebbene sia estremamente flessibile e morbido al tatto, riesce istantaneamente a diventare più duro dell'acciaio. Basta un colpo un pò più deciso e le molecole che lo costituiscono si legano saldamente per attutire il colpo irrigidendo istantaneamente il materiale che ritorna morbido e flessibile un attimo dopo. In situazioni normali, quando i legami tra le molecole che compongono il materiale sono deboli, d3o è morbido e flessibile.

A queste caratteristiche va aggiunto che d3o è un materiale estremamente indossabile e traspirante, per questi motivi al momento è utilizzato per le tute di sport in cui si rischiano impatti violenti (snowboard, sci, motociclismo) e per abiti antinfortuno.



Tecnologia RFID

Fra le innovazioni consentite dalle nanotecnologie vi è la cosiddetta tecnologia RFID, acronimo di *Radio Frequency Identification* (identificazione a radio frequenza) impiegata, per esempio, dal **designer** Samgmin Bae per le etichette dei capi d'abbigliamento. Questo sistema, utilizzato già da diversi anni anche nell'industria farmaceutica, garantisce l'identificazione automatica di oggetti e la trasmissione di dati sensibili attraverso supporti piccolissimi. Inserendo in capi di abbigliamento con queste etichette in una lavatrice o asciugatrice (con sistema di lettura RFID), queste si autoprogrammeranno, consentendo risparmi di energia e acqua.



Alcune aziende hanno impiegato, con alcune modifiche, la tecnologia RFID anche in prodotti alimentari. In Italia un consorzio di produzione del Grana Padano ha introdotto l'impiego di sensori RFID in ogni forma del prodotto, al fine di preservarne l'identità di produzione¹⁰¹. Sono allo studio evoluzioni dei RFID, che consentano l'acquisizione di ulteriori dati come umidità, contenuto di ossigeno o anidride carbonica. I prodotti mediante questa tecnologia potrebbero essere seguiti non solo all'interno dei negozi, ma anche dopo l'acquisto da parte del consumatore e ciò ha sollevato più di un interrogativo, per gli aspetti legati alla privacy.



¹⁰¹ Grande attenzione è dedicata dall'ADI anche al tema delle politiche di diffusione e protezione dei progetti e dei marchi attraverso la tutela del lavoro dei professionisti del settore.

5.1 L'esperienza di Punto Quantico S.r.l.

Punto Quantico Sr.l. si configura quale azienda-laboratorio di ricerca, nasce a Capua in provincia di Caserta, nella seconda metà del 2008, per analizzare e studiare materiali avanzati innovativi basati su strutture nanoparticellari, di natura metallica e/o semiconduttiva, che conferiscono alle strutture composite particolari proprietà fisico chimiche e per trasferire conoscenze ed esperienze nel campo dei nuovi materiali e delle nuove tecnologie a settori come il design (definito settore low-tech) generalmente escluso dai risultati dei laboratori che indirizzano la loro offerta verso nicchie hi-tech. Si configura, tra le aziende in fase di pre-incubazione, una delle più innovative e come laboratorio di ricerca, una sede di confronto interdisciplinare in ambito di materiali e loro applicazioni, infatti i ricercatori che lavorano al suo interno provengono da settori e competenze differenti: comunicazione, design, ingegneria e chimica e questo costituisce un considerevole punto di forza. Il suo nome deriva dal termine “quantum dot”, in uso nell’ambito delle nanotecnologie, per indicare le “isole nanometriche” di materia grandi un millesimo di millesimo di millimetro.

Tra le applicazioni più interessanti realizzate nel laboratorio di Punto Quantico in via di ingegnerizzazione per l’applicazione industriale, c’è una classe di materiali polimerici di nuova concezione che potrà svolgere un ruolo importante come sentinella del “made in Italy” in quanto immediatamente applicabile al vasto mondo dell’anticontraffazione. Il segreto di questo materiale all’avanguardia sta nella possibilità di sfruttare la presenza di metalli di dimensioni infinitesimali che, grazie al felice matrimonio con i polimeri, emettono una fluorescenza tipica di semiconduttori come il silicio ed il germanio. Per “liberare” la combinazione di colori che contraddistingue uno specifico marchio, basta avere una lampada a raggi ultravioletti regolata su un’opportuna frequenza. In questo modo è possibile avere un duplice fattore di sicurezza, a tutela sia delle aziende produttrici che dei consumatori, che possono individuare eventuali contraffazioni. Le possibili applicazioni di quest’innovativo materiale sono attuabili sulle celle fotovoltaiche, come filtri ottici per aumentarne l’efficienza nella produzione di energia elettrica, per la costruzione di led, e in campo elettronico per sensori fotoconduttivi e display a colori utilizzati nelle catene di montaggio. Questo materiale può risultare adatto alla costruzione di serre: è infatti in grado di bloccare la radiazione ultravioletta, causa di pesanti danni al metabolismo

vegetale, trasformandola in una luce rossa benefica perché capace di favorire, accelerandola, la crescita delle piante. L'obiettivo strategico di Punto Quantico è rafforzare il collegamento fra mondo della ricerca, il mondo del design e della comunicazione e il tessuto produttivo¹⁰². L'attività di Punto Quantico riguarda tanto la preparazione dei materiali, che la loro caratterizzazione morfologico-strutturale e l'ingegnerizzazione dei materiali ottenuti, vale a dire la realizzazione con essi di dispositivi attivi o passivi e lo studio sistematico delle loro prestazioni in esercizio (misure ottiche, elettriche, magnetiche, termoelettriche, ecc.). Dal punto di vista della comunicazione visiva e del design, Punto Quantico si orienta verso progetti ergonomici che oltre ad essere efficaci ed efficienti, soddisfino le relazioni con gli utenti e siano in grado di generare interazioni con gli stimoli sensoriali, sollecitando gli stessi comportamenti dell'uomo e le forme d'uso degli oggetti e/o delle interfacce. Punto Quantico ha inoltre avviato una attività Rapid Prototyping, al fine di produrre modelli prototipali complessi studiando inoltre la modifica di resine commerciali per ottenere modelli in polimero funzionalizzato con nanostrutture.

Le principali linee di ricerca riguardano:

- Sviluppo di nuove tecniche di sintesi per materiali avanzati, ad esempio nanocompositi costituiti da nanostrutture di diversa natura disperse in matrice polimerica e loro caratterizzazione morfologica-strutturale, ottica, elettrica, ecc.
- Sviluppo di dispositivi tecnologicamente avanzati e funzionali, mediante l'uso dei nanocompositi
- Prototipazione di oggetti dalla forma complessa e loro funzionalizzazione con materiali avanzati per nuove forme di comunicazione
- Design sensoriale di materiali avanzati. Il progetto di interfacce tangibili aumentate.

Punto Quantico, inoltre, è fra i promotori di una rivista "Trasferimento Tecnologico" che si configura come piattaforma atta ad assumere il ruolo di ponte tra mondi diversi, quello della ricerca e quello industriale, che spesso rimangono isole, pur essendo depositari di esperienze e saperi di reciproco interesse per il raggiungimento di obiettivi comuni. Attualmente sta iniziando a proporsi a piccole e medie imprese e alle

¹⁰² Tratto da www.puntoquantico.it

Università, col fine di sviluppare progetti e collaborazioni a carattere interdisciplinare per lo studio e l'utilizzo di materiali nanostrutturati e lo sviluppo di dispositivi tecnologicamente avanzati.

Di seguito si presenta un progetto per il quale Punto Quantico Srl possiede attualmente il brevetto, relativo alla preparazione di dispersioni inorganiche nanoscopiche in polimero, sistemi che si prestano ad una varietà di applicazioni, quali quella citata dell'anticontraffazione.

Dotto, il nano intelligente

Attualmente, un numero crescente di industrie appartenenti ai più svariati settori manifatturieri risulta interessato al problema dell'autenticazione del marchio. Infatti, con l'aumentare dell'abilità alla contraffazione, la ricerca sull'autenticazione necessita di sviluppare nuove soluzioni ad elevato contenuto tecnologico per prevenire il continuo attacco ai marchi.

Una tecnologia innovativa nel settore dell'anticontraffazione è la tecnologia RFID, precedentemente esposta, la tecnologia sperimentata da Punto Quantico è basata su una nuova classe di additivi per polimeri termoplastici, in grado di renderli altamente luminescenti per esposizione a luce ultravioletta. In genere, le sostanze fluorescenti non sono visibili ad occhio nudo, ma la loro esposizione a luce ultravioletta li rende colorati, in quanto contengono gruppi funzionali detti fluorofori che vengono eccitati ed emettono luce di una caratteristica frequenza quando colpiti da radiazione ad alte energia. Tale singolare proprietà può sicuramente costituire una soluzione importante per il mercato dell'autenticazione. Particolarmente importante è in questo campo:

- la possibilità di modulare la frequenza di emissione del materiale;
- avere emissione soltanto per esposizione del materiale ad una radiazione UV di precisa lunghezza d'onda;
- avere un'intensità di emissione che dipende dall'intensità della radiazione UV incidente.

Una risposta a tali requisiti proviene dai materiali fotoluminescenti nanostrutturati che tra l'altro presentano l'ulteriore vantaggio di una tecnica di preparazione ancora poco diffusa e quindi difficilmente riproducibile. Gli additivi fluorescenti nanostrutturati possono essere aggiunti alle plastiche influenzando soltanto minimamente le loro

proprietà e tali polimeri termoplastici, modificati, possono offrire una grande flessibilità di trattamenti, come la possibilità di essere filati insieme al materiale, oppure applicati direttamente sulla superficie dell'etichetta. Queste particolari tracce non possono essere rilevate direttamente, ma divengono visibili soltanto per esposizione a luce UV, divenendo per tale ragione una caratteristica nascosta, utile tanto per i consumatori quanto per piccoli e grandi proprietari di marchi, per certificare l'originalità del marchio e per eludere la contraffazione. La prerogativa di questo approccio è dunque la sua semplicità: il colore emesso dai quantum-dot metallici, può essere variato in maniera continua e finemente controllato, consentendo così di ottenere qualunque tonalità cromatica, l'emissione di luce si verifica esclusivamente per esposizione a radiazione incidente di una ben precisa lunghezza d'onda e la rilevazione della presenza dell'agente fluorescente risulta difficile se non si dispone della particolare sorgente di radiazione necessaria per l'eccitazione di quello specifico materia. La sicurezza viene quindi garantita dalla combinazione tra la composizione del marchio e il tipo di lampada usata per eccitarne la fluorescenza e se la combinazione di colori dovesse essere intercettata si può cambiare la composizione delle nanoparticelle metalliche, così come si farebbe per la combinazione di una cassaforte o per la password di un accesso informatico.

5.2 Il nanopackaging

Nell'ambito dell'advanced material design, uno dei settori che con gli apporti tecnici delle nanotecnologie si è decisamente evoluto è quello del *packaging* alimentare, nel duplice aspetto comunicativo e tecnico, anche se ancora la diffusione non ha raggiunto livelli ottimali, principalmente a causa dei costi di produzione elevati. I nanomateriali possono essere utili per creare imballaggi "intelligenti", in grado di registrare le condizioni del cibo dentro la confezione e fornire informazioni continue durante il trasporto e la distribuzione e al tempo stesso "attivi", capaci di modificare le proprietà per rispondere alle condizioni ambientali. Si tratta di una nuova concezione dell'involucro del prodotto, una strategia di *marketing* volta a stimolare l'acquisto, puntando sui principi di durabilità e sostenibilità del prodotto.



Immagine tratta da: Lezione del Prof. Giuseppe Mensitieri Aspetti ingegneristici dello sviluppo di nuovi materiali, nuove strutture e tecnologie innovative nell'imballaggio alimentare, Dip.Ing. dei Materiali e della produzione Università Federico II di Napoli

La parola involucro è entrata nel linguaggio corrente, attraverso la sua accezione botanica, intendendo l'insieme di brattee che circondano gli organi riproduttivi di un fiore e la sua accezione biologica riferendosi alla membrana nucleare, la struttura che riveste ed isola il nucleo della cellula eucariote dall'ambiente citoplasmatico, ma la sua derivazione dal participio passato del verbo latino involvère ne rivela un significato più generale: avvolgimento o impacchettamento che racchiude, cela, maschera un contenuto per proteggerlo.

Nel linguaggio degli architetti e dei designer la parola ha mantenuto la sua ambiguità essendo adoperata sia per qualcosa che occulta la complessità riducendola a un blocco omogeneo, sia per realizzare trasparenza e disvelamento attorno a qualcosa che non si vuole o non si deve esibire, ma si lascia intravedere.

Il progetto del *packaging* è per il designer il progetto dell'involucro. Con l'avvento delle nanotecnologie e la scoperta di materiali avanzati, numerosi centri di ricerca ne hanno sperimentato il potenziale d'uso nel settore del *packaging* alimentare, appurando che l'impiego di tecniche a scala nanometrica consentirebbe di migliorare una serie di prestazioni e attributi, come la riduzione di ossigeno, il blocco di umidità, la regolazione dei colori, una resistenza maggiore e la leggerezza, conferendo al *packaging* stesso funzioni supplementari a quelle garantite dai materiali tradizionali. Alcuni prototipi progettuali hanno inoltre consentito un riesame dei concetti di riusabilità, riciclabilità, sostenibilità.

Il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa sta svolgendo, per esempio, in collaborazione con numerose Unità di Ricerca tra cui l'Istituto Superiore Mario Boella di Torino (ISMB), una ricerca dal Titolo "*Nuovi materiali e film polimerici nanostrutturati a ridotto impatto ambientale, con proprietà di risposta verso agenti chimici e fisici, per il packaging flessibile NANOPACK*"¹⁰³. Nei Paesi Bassi un gruppo di ricercatori sta sperimentando una nanotecnologia, la "bio-switch", che rilascia i conservanti, quando viene rilevato il deterioramento degli alimenti. In merito a questa ricerca ci sono ancora delle preoccupazioni: una legata al fatto che questi materiali possano essere in grado di migrare nel cibo, l'altra che i materiali di imballaggio che costituiscono il 30% dei rifiuti solidi urbani, sono costituiti da particelle che possono attraversare i sistemi di protezione ambientale, come gli schermi di depuratori e inceneritori, riversandosi nel suolo e nelle acque sotterranee o immettendosi nell'atmosfera, con conseguenze non ancora pienamente comprese¹⁰⁴.

Un'altra interessante ricerca è stata condotta, come precedentemente visto, dall'azienda Olandese NNZ, che opera in questo settore dal 1922. Essa commercializza in tutto il mondo imballaggi di varia natura e tipologia, destinati soprattutto ai settori agricolo e industriale, ed è stata vincitrice di diversi premi, ponendosi al centro di una rete di

¹⁰³ Silvia Artana, Valeria Bracco, *Il packaging degli alimenti*, Torino 2008 p.5

¹⁰⁴ Alcune organizzazioni chiedono un divieto totale dell'utilizzo dei bio-switch nei prodotti e nelle confezioni, fino a quando eventuali rischi non saranno conosciuti o confermati.

produttori, istituti di ricerca, università e organizzazioni commerciali. L'azienda olandese sta sperimentando imballaggi che ripropongono la struttura molecolare del prodotto che conservano.

Fra i centri di ricerca italiani in questo settore spicca fra l'altro l'esperienza dello Iuav che con Civen-Nanofab, hanno finanziato assegni di ricerca finalizzati allo sviluppo di nuovi imballaggi.

La possibilità d'impiego di nanomateriali o nanocompositi nel settore del *packaging* dunque ha dato avvio allo sviluppo del settore.

La Coors ha messo in produzione una bottiglia in PET per birra; il polimero viene modificato al fine di diventare un materiale con le stesse proprietà del vetro, ossia con alta barriera gas. La presenza di nanocristalli, Nanocor®, nella matrice polimerica delle bottiglie di plastica consente di prolungare la conservazione della bevanda fino a 18 mesi, garantendo l'integrità dell'aroma. La minor quantità di polimero richiesta per realizzare le bottiglie, rende inoltre le bottiglie più leggere e quindi anche meno costoso il trasporto¹⁰⁵.



Bottiglia in PET per birra per il marchio Coors, presentato da Christoph Meili

¹⁰⁵ *op. cit.* «I quaderni delle nanotecnologie», p.22

Il packaging intelligente

Il packaging intelligente viene definito anche comunicativo, consente di fornire informazioni sulla qualità dei prodotti che racchiude, quali lo stato di maturazione o la presenza di germi mediante dispositivi di vario genere.

Gli indicatori ad inchiostro termocromo sono un esempio di soluzione tecnica che conferiscono a un involucro di divenire “intelligente”; si presentano come piccole pastiglie colorate o trasparenti, se la catena del freddo viene interrotta, una porzione di esse, cambia di colore¹⁰⁶.

Per soddisfare l'esigenza di conoscere il reale stadio di maturazione della frutta in imballo e senza ricorrere al tastaggio manuale, c'è una realizzazione neozelandese: sulla confezione viene apposta un'etichetta che indica il livello di maturazione della frutta contenuta. Inizialmente rossa, l'etichetta vira al giallo, reagendo ai composti volatili organici che la frutta emette via via che il processo fisiologico della maturazione progredisce. Dagli Stati Uniti invece arriva il bio-indicatore per il batterio *Listeria monocytogenes*, la cui comparsa può essere associata ad un innalzamento di temperatura dei prodotti da conservare al freddo, come carni e prodotti lattiero caseari. Alla base del sistema, un *biosensore* strutturato come barretta di fibre ottiche con anticorpi in grado di rilevare la presenza di cellule di *Listeria* anche a bassi livelli. In questo caso si fa ricorso all'immunodosaggio a sandwich, tecnica di laboratorio che si basa sulla forte interazione specifica che intercorre tra anticorpo ed antigene.

Per il futuro le prospettive in questo campo sono sempre più indirizzate alla ricerca di materiali e soluzioni d'imballo in grado di sfruttare al meglio i diversi meccanismi d'azione chimica, fisica, microbiologica, enzimatica, fotochimica- facendo interagire tra loro le continue acquisizioni scientifiche ed i più moderni ritrovati nanotecnologici. L'allungamento della durata del prodotto si può ottenere applicando rivestimenti e film che diventano parte integrante del prodotto stesso, quindi edibili, mangiabili. Questa tecnica è nota sin dal XII secolo, quando in Cina si iniziò ad impiegarla per impedire l'essiccamento dei cedri ricoprendoli di cera. La ricerca sulle prospettive di

¹⁰⁶ Il riscaldamento provoca una polimerizzazione dei monomeri contenuti nell'inchiostro, ed è il numero di doppi legami coniugati carbonio-carbonio che si vengono a creare che determina e condiziona il cambio di colorazione.

applicazione di questa tecnologia innovativa viene condotta in Italia all'Università di Bologna, dal Professor Marco Dalla Rosa, docente di Tecnologie alimentari, che ha recentemente presentato in un convegno a Bertinoro (FC) le sperimentazioni su tre prodotti: fragola, mandorla e patata per frittura. Il rivestimento edibile consiste in un sottile strato di materiale commestibile applicato e formato direttamente sul prodotto alimentare, mentre il film è una struttura prima preformata, poi applicata al prodotto. I film possono rivestire la superficie dell'alimento piuttosto che separare differenti componenti di un prodotto multifasico; contenere prodotti fluidi o mantenere la qualità formando una barriera al trasferimento di ossigeno, aromi, oli, o umidità in fase di conservazione. Possono inoltre contenere ingredienti funzionali come vitamine o antiossidanti, o semplicemente servire a migliorare l'aspetto del prodotto. Nell'ambito specifico dell'ortofrutta film edibili realizzati con amido possono rivestire per esempio la frutta tagliata per ridurre il trasferimento di umidità e quindi prevenire la formazione di muffe. Per realizzare film edibili si utilizzano polimeri composti da carboidrati (cellulosa, amidi, pectine), proteine (collagene, albumina), grassi o resine (cera, cera carnauba).

L'esperimento compiuto sulla fragola ha visto l'impiego di chitosano, ottenuto dallo scheletro di crostacei: si tratta quindi di un prodotto totalmente naturale e in più con proprietà antimicrobiche. Il risultato dell'applicazione sulle fragole è stato di una minore perdita di peso e una superiore attività antimicrobica. Su mandorle, arachidi e pistacchi, quindi frutta oleosa, il risultato ottenuto nella conservazione con un rivestimento a base di gelatina è stato molto buono. Infine, per le patate da frittura, la copertura edibile ha consentito di ridurre l'assorbimento dell'olio e la penetrazione del grasso, consentendo però una buona formazione della crosta superficiale, nonché di veicolare sostanze "funzionali", come ad esempio gli antiossidanti.

Rivestimenti e film edibili hanno dunque buone prospettive di applicazione per contribuire a ridurre le degradazioni e aumentare la vita commerciale del prodotto, integrare le proprietà barriera con quelle del *packaging*, veicolare sostanze attive o funzionali, oltre a ridurre le modificazioni non desiderate nei processi di trasformazione.



Diane Bisson docente di disegno industriale presso l'Università di Montréal ha progettato prototipi di piatti commestibili utilizzando farine vegetali, come la farina di castagne d'acqua, così come la frutta, legumi e farine di fagioli.

Il *concept* della designer era quello di non realizzare contenitori di forma comune.



Nel 2003, il Design Exchange di Toronto ha invitato cinque designer e architetti per contribuire alla mostra giapponese "RE DESIGN", presentando prodotti della quotidianità per il XXI secolo. La mostra suscita una riflessione sulla funzionalità e l'estetica degli oggetti quotidiani. Diane Bisson introduce una serie di 5 prototipi di contenitori alimentari che sfidano le nostre abitudini quotidiane e gesti circostanti cibo.



Esempio di vaschetta con la grafica in inchiostro termocromatico prima in blu quando è in frigo e poi quando viene messo in forno la grafica diventa in arancione per comunicare il punto ideale di cottura.



Aluminium bottiglia della Heineken.

Una particolare grafica stampata con inchiostri termocromici consente durante la sera di rivelare un elaborato sfondo di stelle, invisibile alla luce del giorno, tipiche del brand olandese. La nuova bottiglia da 33 cl, è realizzata al 100% in alluminio, è quindi completamente riciclabile.

Il packaging attivo

Il packaging attivo consiste nell'evoluzione del confezionamento in pellicola plastica sottovuoto. Esso infatti prevede l'inserimento all'interno delle confezioni di piccoli accessori contenenti assorbitori di gas o umidità o emanatori di gas, come ossigeno, anidride carbonica o etanolo, che interagiscono attivamente e continuamente con l'atmosfera interna della confezione o con il prodotto stesso, prolungandone la conservabilità, evitando la crescita di batteri e muffe e limitando l'ossidazione. Il Cnr-Ibimet di Bologna, ha condotto delle ricerche simili a quelle viste nei Paesi Bassi. Ha realizzato il "Colortest", si tratta di un cartoncino che appoggiato sulla superficie del frutto indica, in base a tre diverse colorazioni, il livello di croccantezza e morbidezza della polpa. Lo stesso centro di ricerca ha ideato un apposito dispositivo all'interno della confezione che interagisce direttamente con il cibo o con lo spazio circostante, rilasciando delle sostanze protettive o assorbendone altre che invece accelerano il deterioramento. Basandosi sullo stesso principio sono stati messi a punto imballaggi e dispositivi che assorbono l'etilene, sostanza prodotta naturalmente da ortaggi e frutta, con la funzione di accelerarne la maturazione, la senescenza e il deterioramento. Eliminando l'etilene, quindi, si prolunga in modo assolutamente naturale la vita dei vegetali e della frutta. Questo metodo consente anche di ridurre le perdite di vitamine durante il periodo di conservazione prima del consumo. Uno dei sistemi utilizzati per migliorare le proprietà meccaniche e di barriera ai gas degli imballaggi alimentari è dato dalla dispersione di nanoparticelle montmorillonite¹⁰⁷, chimicamente modificate, all'esterno della matrice polimerica¹⁰⁸.



Tratta da: "Nanotecnologie e sensori, il futuro è dietro l'angolo" in «L'imballaggio dell'ortofrutta» a cura di P. Romagnoli, Febbraio 2010 p.74

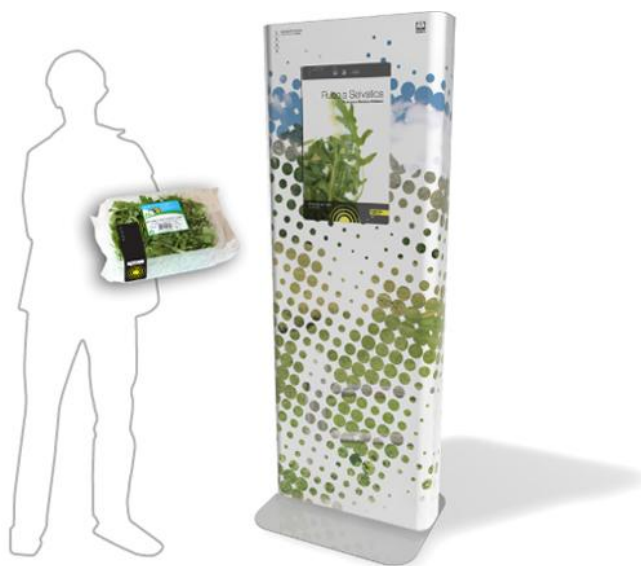
¹⁰⁷ Il Montmorillonite è un minerale di colore verde grigiastro, classificato fra le argille, costituito da silicato idrato di alluminio magnesio e sodio.

¹⁰⁸ Baldon Galdino Ing. (a cura di) «I quaderni delle nanotecnologie» Volume 3 Packaging Veneto Nanotech, Cadoneghe (Pd) 2006 – p.18

AgriPod

È un prototipo di un progetto di ricerca più ampio ideato nel 2009 dall'unità di ricerca di Nanodesign¹⁰⁹ dello Iuav di Venezia in collaborazione con Coldiretti. Si tratta di un display che attraverso la tecnologia touchscreen e la lettura di microchip integrati nell'imballaggio (tecnologia RFID) permette di visualizzare l'informazione specifica su provenienza e filiera dei prodotti agricoli. Avvicinando un prodotto ad AgriPod, il sistema, consente di scoprire immediatamente le generalità del prodotto, il territorio d'origine, il percorso dal campo allo scaffale. Oltre alle caratteristiche del prodotto, AgriPod consiglia ricette e fornisce indicazioni sulla possibilità di attività naturali disponibili nella zona di coltivazione.

Oltre a AgriPod, l'unità di ricerca NanoDesign sta seguendo, sempre in collaborazione con Coldiretti Veneto e insieme a NanoFab e Veneto Nanotech, anche altri filoni di ricerca in cui si sperimentano, attraverso il design, nuove potenzialità delle nanotecnologie per imballaggi in grado di cambiare forma e volume e di migliorare la conservazione del prodotto fresco¹¹⁰.



¹⁰⁹ Nanodesign è una nuova iniziativa di ricerca dell'Università IUAV di Venezia, con sede all'interno della Facoltà di Design e arti. Industrial designer lavorano in stretta collaborazione con gli scienziati nanotecnologici per esplorare le possibili applicazioni della ricerca compiuta nel campo delle nanotecnologie attraverso la ricerca di analisi e approcci di sviluppo del progetto che sono tipiche della disciplina del design.

¹¹⁰ www2.iuav.it

Capitolo 6

Scenario del generative design

Philip Galanter¹¹¹ afferma che «per arte generativa s'intende ogni pratica artistica in cui l'artista usi un sistema, come le regole del linguaggio naturale, un programma informatico, una macchina o qualsiasi altra invenzione procedurale, attivato secondo un certo grado di autonomia che contribuisce a - o produce - un'opera d'arte finita». Tale affermazione, in parte corretta, generalizza il concetto di arte e cela l'aspetto fondamentale dell'arte generativa ovvero la tecnica. Si preferisce affermare che il generative design rappresenta fra le arti, una nuova esperienza progettuale, che sana la dicotomia tra teoria e pratica, fondata sulla coesistenza della fase elaborativa e di quella produttiva. Nasce all'interno di un contesto socio-culturale dominato dall'avvento della tecnologia informatica, quale strumento di ricerca di fenomeni complessi, controllo degli stessi e produzione. Ispirandosi al concetto di DNA è possibile definire una sorta di codice genetico del materiale-oggetto, e generarne a partire da esso una serie di materiali-oggetti diversi tra di loro, sebbene appartenenti ad una stessa specie.

L'introduzione di software, nel processo progettuale, consente di sondare fenomeni complessi, quali la natura, stimolando nuovi immaginari progettuali mediante

¹¹¹ È un artista, in possesso di laurea in filosofia e arti visive. Il suo lavoro artistico attuale è relativo allo studio dei sistemi complessi e comprende la creazione di sistemi hardware generativa, video installazioni, arte digitale stampe.

un nuovo canale sensoriale, definibile con il termine di Maldonado “supervista”¹¹² e rendendo il pensabile, possibile¹¹³. Il progetto finale diviene il risultato di una progettazione iterativa guidata non da una rigida sequenza di fasi predefinite, ma da una gestione sistematica dei rischi di progetto, per arrivare alla loro progressiva diminuzione. Il progettista partecipa a tutte le fasi definitorie del processo progettuale, assumendo il ruolo di corresponsabile del prodotto finito. La distanza fra il reale e il simulato si riduce, finchè l’uno si identifica nell’altro, tramite la costruzione di prototipi.

Si tratta di prototipi di interazione (interfacce utente), per affrontare i rischi legati all’incertezza sui requisiti, alla scelta delle tecnologie ed ai dubbi sulla strutturazione del sistema. Le strategie computazionali applicate al design trasformano gli oggetti statici in processi dinamici, capaci di adattarsi e di evolvere nel tempo. Non più oggetti prodotti in serie sempre uguali, ma famiglie di oggetti unici e irripetibili: infinite varianti generate tramite software a partire da un progetto/processo aperto interrogano il ruolo e il pensiero creativo dei designer dando origine a una nuova artigianalità.

Un interessante studio sul generative design è stato condotto da Onur M. Cobanli, dottore di ricerca presso il Politecnico di Milano, di seguito si riporta di seguito uno stralcio di una sua pubblicazione dal titolo *Generative Design using Design DNA*. L’attività creativa si esprime, dunque, nello scenario del generative design nella capacità di ricollocare in sistemi di riferimento dei vincoli stabiliti per produrre il nuovo. Il materiale-oggetto progettato diviene un elemento stratificato di messaggi da codificare e quindi la questione dell’identità del materiale, già affrontata nell’epoca delle materie plastiche e negli studi relativi alle proprietà percettivo sensoriali, si riapre. Le recenti esperienze di analisi e studio della natura e le possibilità d’indagine dei processi biologici offerte dalle nanotecnologie hanno consentito l’evoluzione del design computazionale, che elabora software sempre più sofisticati in grado di ridurre le

¹¹² T. Maldonado, *op.cit.* p.25

¹¹³ T. Maldonado utilizza l’espressione nel testo *La materia dell’invenzione*, afferma «Pensare il possibile costituisce la base di ogni attività progettuale. Il pensabile possibile si fonda sull’integrazione della capacità di immaginare, specifica dell’uomo e come tale a-storica, con una componente storica: lo sviluppo dei mezzi tecnici disponibili in un dato istante, i sistemi di rappresentazione e i riferimenti di senso cui si riallaccia in un determinato momento e in una determinata configurazione culturale» *op.cit.* p.48.

distanze fra naturale e artificiale definendo un innovativo rapporto fra design, tecnologia e marketing, che vede l'utente coinvolto nella progettazione.

Si riportano di seguito a titolo esemplificativo alcuni esempi di nuovo generative design, presentati al C.STEM 2008, una mostra in cui sono stati presentati una selezione di innovativi progetti, che sfidano i luoghi comuni del design e che ne anticipano i futuri sviluppi tecnologici. L'evento ha indagato il mondo del design generativo, esplorando la relazione tra design, programmazione, digital fabrication e personalizzazione di massa, celebrando nuove forme, nuove tecnologie e nuovi processi progettuali per offrire un esercizio di immaginazione che possa essere di stimolo al mondo delle imprese e alla design community¹¹⁴.



Onur M. Cobanli *Generative Design using Design DNA* Politecnico di Milano

¹¹⁴ www.cstem.it

Isopt

Isopt è il progetto di Susanne Stauch, designer tedesca, è una serie di recipienti in porcellana in cui è possibile cucinare direttamente, grazie a un doppio sistema isolante, progettata direttamente dal consumatore finale. Integrando strategie e metodi computazionali, la designer e l'utente, mediante un processo di creazione partecipata, hanno definito attraverso un'interfaccia le forma finali degli oggetti, prodotti in ceramica direttamente da una stampante 3D.

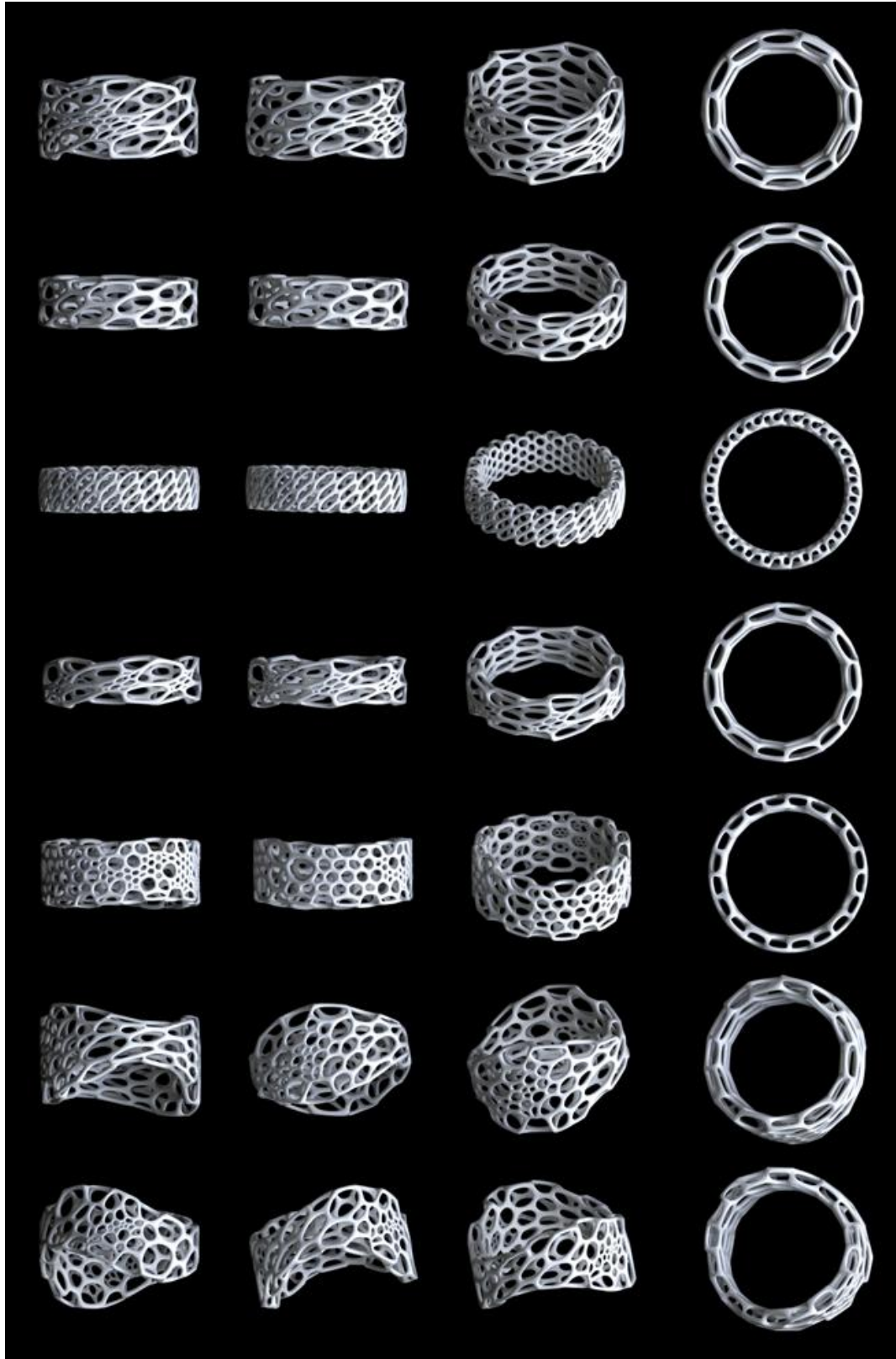


Dendrite e Radiolaria

Sono due progetti sviluppati dallo studio Nervous System di Jessica Eve Rosenkrantz e Jesse Louis-Rosenberg¹¹⁵, fondato nel 2007. Si tratta di gioielleria sperimentale, creata combinando materiali non tradizionali, come silicone e acciaio inossidabile, con i metodi e le tecniche della prototipazione rapida, ispirandosi alla complessità delle strutture naturali, riprodotte attraverso algoritmi e tecniche generative computazionali.

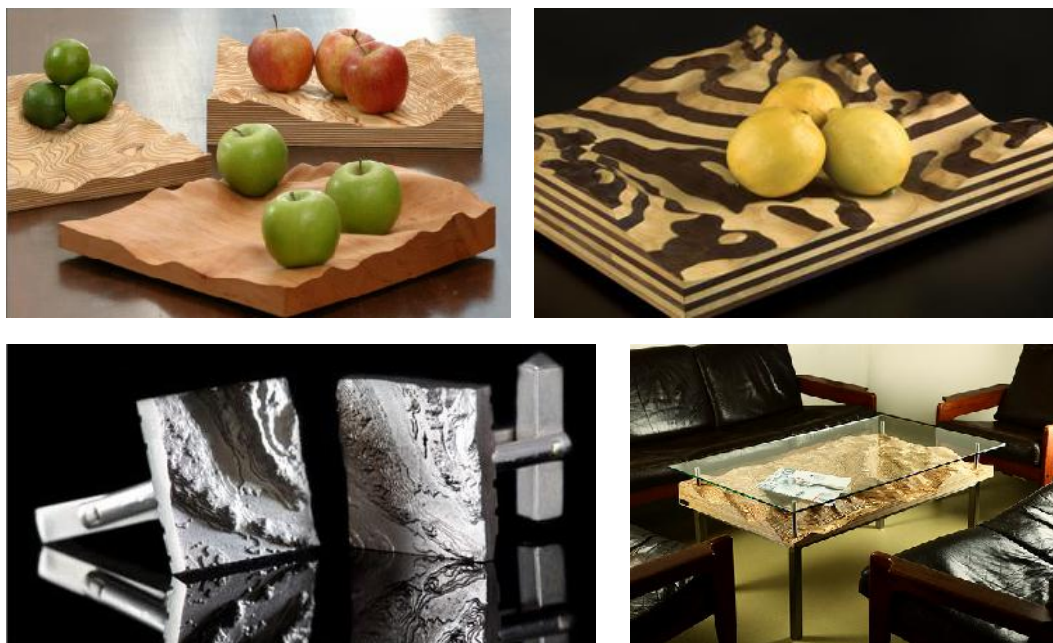


¹¹⁵ Jessica Rosenkrantz si è laureata in Architettura e Biologia, Jesse Louis-Rosenberg in Matematica



Earth bowls

Con il progetto del team austriaco Fluid forms, i designer Hannes Walter e Stephen Williams hanno coinvolto il cliente nel processo creativo, limitandosi a impostare le caratteristiche fondamentali di un oggetto, quali il materiale e un semplice modello base e rendendo poi disponibile sul sito web una piattaforma software interattiva con la quale l'utente stesso creerà il proprio oggetto personale.



Cassius

È una lampada personalizzabile, grazie ad un'interfaccia on line, creata dal Team Fluid Forms; il paralume utilizzato come un pugno di guantoni da pugilato prende la forma che gli danno i colpi di guantoni da pugilato virtuali indossati dal cliente. Realizzata in poliammide stampata in 3D.



IVY

È un appendiabito progettato da Michael Meredith¹¹⁶ e dal gruppo Mos che coordina, formato da una vasta rete di collaboratori: artisti, grafici, ingegneri, ambientalisti, programmatori di computer ecc. Ivy è formato da un singolo elemento a forma di Y e 4 diversi tipi di connettori, che permettono di generare un'infinita varietà di configurazioni geometriche.



CoReFab#116

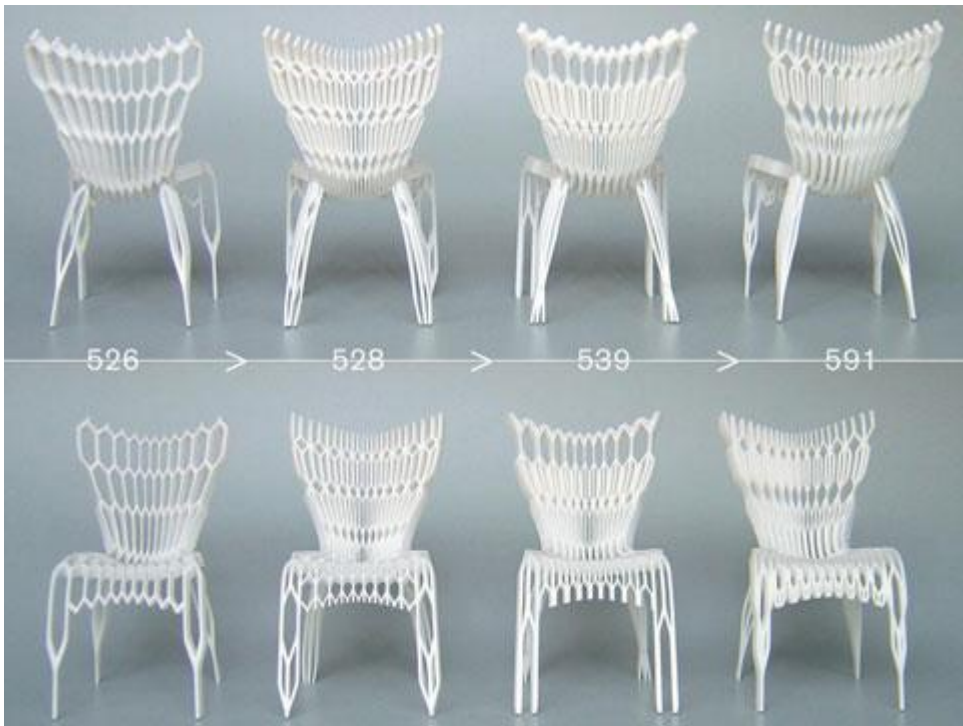
Ammar Eloueini, architetto e designer¹¹⁷, è autore delle sedie della serie CoReFab#116, prodotte nel 2006 utilizzando tecnologie di stampa 3D¹¹⁸. Le sedie sono progettate con la tecnica dell'animazione in *stop-motion*: come il frame di un filmato, la loro evoluzione può essere fermata in qualunque momento, l'immagine salvata e inviata a una stampante 3D per essere fabbricata.



¹¹⁶ Professore Associato di Architettura presso l'Università di Harvard Graduate School of Design

¹¹⁷ Nato nel 1968, Ammar Eloueini architetto e designer, ha concentrato le sue ricerche sull'uso dei media digitali per studiare nuovi approcci basati su software di animazione e sull'uso del computer come strumento di progettazione.

¹¹⁸ Le tecnologie 3d sono state esposte al MOMA di New York in occasione della mostra Design and the Elastic mind



Freedom Of Creation

Freedom Of Creation è un'azienda olandese fondata da Janne Kyttanen, specializzata nel Layer Manufacturing o anche Rapid Prototyping¹¹⁹. Diversamente da tutte le macchine tradizionali, che funzionano per sottrazione successiva di materiale da un blocco nel quale è contenuta la forma che si vuole ricavare, i sistemi di Rapid Prototyping fabbricano strati successivi di materiali costituiti di volta in volta da liquidi, polveri, fili o laminati. Sin dal 2000, la continua ricerca ha portato alla creazione di nuovi oggetti di design, allo sviluppo di nuovi materiali industriali e prodotti informatici, ed è il fondamento sul quale sono nati importanti collaborazioni con partner industriali per la realizzazione di progetti di ricerca e sviluppo. L'oggetto viene creato, modellato e finito dall'azione ripetuta dei raggi infrarossi, è possibile realizzare forme complesse e dettagliate.



¹¹⁹ Si tratta di un insieme di processi che consentono di realizzare modelli e componenti per addizione di materiale *layer by layer* a partire da un modello matematico tridimensionale

6.1 L'esperienza di Neri Oxman

Fra le esperienze del generative design, risulta particolarmente interessante quella condotta da Neri Oxman, designer israeliana che afferma durante una conferenza: «Dimenticatevi di come appare, pensate a come si comporta»: con questo consiglio definisce il suo personale rapporto con il design e con le scienze. Il fare leggero e resistente va inteso superando le tradizionali divisioni di competenze tra il chimico, che si occupa delle proprietà del materiale e il progettista che si occupa della forma del manufatto.¹²⁰

Figlia di due architetti, studia medicina all'università di Gerusalemme, la Hebrew University and the Technion Institute of Technology, pur appassionandosi agli studi che conduce, non li completa per trasferirsi a Londra dove studia architettura e infine al MIT di Boston, dove svolge un dottorato in Design Computation.

La ricerca di Oxman prende avvio dallo studio dei materiali viventi, che costituiscono il mondo che ci circonda e utilizza gli stessi come modelli di riferimento per la realizzazione di oggetti e opere d'arte. Per sviluppare il progetto dell'oggetto la ricercatrice progetta a priori la geometria, la forma, la prestazione e il comportamento del materiale che lo costituirà.



Le realizzazioni di Neri Oxman, uniscono la complessa ingegneria con la visione artistica e lo studio attento e creativo dei tessuti biologici, ciò consente alla designer di riprodurre non solo le forme esteriori, ma funzioni vitali. È da un lavoro di ricerca di questo tipo, ad esempio, che nasce *Beast*, una *chaise longue*, che risponde come un organismo vivente a ogni movimento del corpo. La costante attenzione verso i materiali presenti in natura e verso la realizzazione di oggetti che in qualche modo facciano parte dell'ambiente naturale in una sorta di *continuum* che non alteri eccessivamente gli equilibri, dimostra inoltre l'attenzione che le ricerche della Oxman rivolgono nell'ottica di una progettazione sostenibile.

¹²⁰ Manzini E., *La materia dell'invenzione*, Milano 1989, pag.89

Il lavoro che l'ha resa nota nel panorama del design innovativo è denominato *Natural Artifice* nel 2007; è costituito da quattro progetti, prototipi di pelle strutturale: Raycounting, Cartesian Wax, Monocoque e Subterrains, di seguito presentati, ed è stato recentemente presentato alla mostra "Design and Elastic Mind", nel Museum of Modern Art di New York e attualmente fa parte della collezione permanente del museo.

L'attività è stata in mostra inoltre alla Biennale Internazionale d'Arte contemporanea di Siviglia e alla Biennale di Pechino nel 2008.

La ricercatrice ha vinto inoltre diversi premi per la sua ricerca, tra cui *Holcim Next Generation Award* per Costruzioni sostenibili, un *Graham Foundation Carter Manny Award*, il Premio AICF di eccellenza, la *Harold Horowitz Award*. Ha tenuto numerosi *workshop* e conferenze aperte al pubblico presso il MIT, Harvard, Cornell, Georgia Tech, UC Berkeley, tra le altre istituzioni accademiche e professionali in tutto il mondo. Ha praticato Architettura con Ram Karmi e aveva prestato servizio come consulente di ricerca per Kohn Pedersen Fox Associates. Ha insegnato Disegno Computazionale presso la Scuola di Architettura di Oslo e all'Università Columbia, ha collaborato con Bentley Systems e la Smart Geometry Group e ha condotto numerosi *workshop* su Componenti Generativi e altri pacchetti software in varie istituzioni tra cui TU Delft, TU Vienna, Cambridge, UK, MIT, Columbia University, Harvard GSD, e KPF and Associates.

Il suo lavoro è stato pubblicato in giornali, riviste e libri, tra cui AD (emergenza), AD (tecniche e tecnologie in morfogenetica design), AD (Collective Intelligence in Design), Icon, Archivi AA, Design Edilizia (BD Magazine), Architettura Digitale, Archiprix International 2005, Morphoecologies, MIT piano, MIT ecc.

Nel 2006 ha fondato Materialecology, un'iniziativa di ricerca interdisciplinare di progettazione impegnata nella ricerca di design con nuove iniziative a livello di interfaccia intellettuale e produttivo tra scienza, arte e design con sede a Cambridge.

Il 12 gennaio 2009, Neri Oxman è stata nominata vincitrice del primo premio *The Earth Awards*¹²¹ in riconoscimento del suo progetto pionieristico FAB.REcology, che

¹²¹ Earth Awards è una piattaforma istituita dal governo malese, volta a divulgare idee visionarie, provenienti da persone di qualunque estrazione sociale e culturale, che prospettano opportunità di innovazione nell'ottica della politica della progettazione sostenibile e a trasformarle in soluzioni di mercato. Qualsiasi persona può partecipare ai premi organizzati dalla Earth Awards, poiché da qualsiasi persona può essere generata una valida idea.

combina i principi del *biomimicking* con il design e la costruzione degli ambienti edificati.

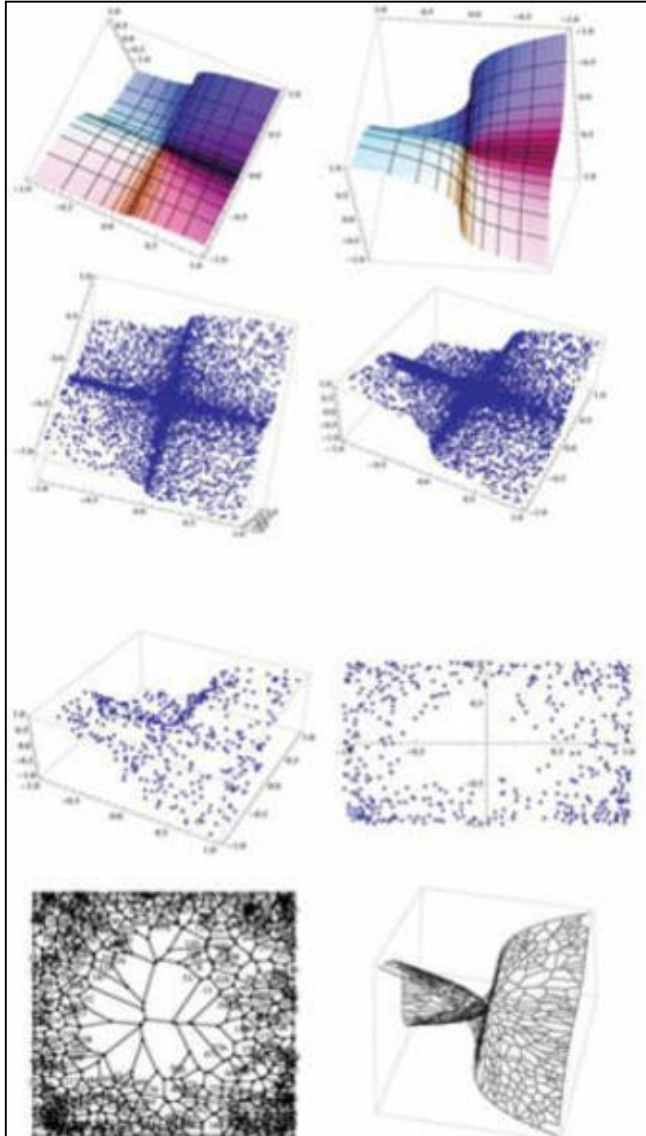
«Trovo piacere e soddisfazione nel comprendere la natura, e il modo in cui le forme naturali evolvono per la funzione del loro modo di fare. Le forme naturali hanno un'eleganza che risulta dall'integrazione tra i diversi elementi che influenzano la loro generazione: luce, temperatura, umidità, carico strutturale. Combinato con un dato materiale, c'è sempre un modo molto specifico in cui la forma emerge».

FAB.REcology

Lavorando con Craig W. Carter ed Eugene Bell, Professore di Scienza dei Materiali e Ingegneria e di Margaret MacVicar della Facoltà Fellow, Oxman ha prodotto una nuova versione delle stampanti 3D utilizzate per la prototipazione rapida, chiamato FAB.REcology. Essa ha la capacità unica di creare oggetti la cui consistenza ed elasticità variano da un parte all'altra dell'oggetto stesso. Così come in natura, la struttura è determinata dalla prestazione che deve assolvere, per esempio le ossa crescono più grandi in risposta alla crescita del nostro fisico, in botanica i tronchi degli alberi diventano più grossi alla crescita della pianta ecc., così Neri Oxman, vorrebbe rendere gli edifici e le sue opere d'arte.

Afferma durante la presentazione della sua ricerca di tesi: «In questo momento, il nostro modo di costruire è quello di avere diversi materiali per ogni funzione della costruzione. Se hai bisogno più isolamento, si crea un secondo strato di facciata e dei rifiuti del materiale cosa se ne fa?».

FAB.REcology è una macchina che può respirare, sudare, pensare, crescere e cambiare. «Immagina di lavorare il cemento nella macchina e di avere qualche sorta di meccanismo che controlla la sua densità, il cemento potrà uscire molto denso e spesso, o potrà uscire molto poroso». Zone che devono sopportare pesanti cariche dovranno essere costituite da cemento solido, mentre quelle che servono alla ventilazione alla luce no, poiché sarebbe ridondanza di materiale e dispendio di energia. L'architetto o designer diviene attraverso un software di controllo, compositore che controlla la distribuzione del materiale, è necessario ripensare al progetto in quanto non è più prioritaria la forma di un edificio o di un oggetto, ma piuttosto il suo comportamento, ed esso è strettamente legato al materiale con cui lo stesso oggetto è costituito.



Tratta da www.metropolismag.com

Beast

Uno dei pezzi più provocatori di Neri Oxman è *Beast* una *chaise longue*. realizzata con FAB.REcology; è costituita da un'unica superficie composta da cellule, il cui prototipo, come afferma la stessa Oxman, ha tratto ispirazione dalla struttura interna delle ossa. Il modello è realizzato in resina ed ha una struttura filigranata con sezioni a resistenza diversificata, allo stesso modo della struttura ossea umana, in grado di resistere al peso di una persona.

Beast accorda le prestazioni strutturali a quelle umane-corporee, adattando il suo spessore, la densità, la rigidità, la flessibilità, la curvatura, a seconda delle diverse pressioni esercitate dalle zone del corpo. Sono stati generati algoritmi multipli che corrispondono a queste variabili in modo tale che la stabilità è mediata con piacere, e l'integrità strutturale - con l'esperienza visiva e sensuale. È stata progettata come un oggetto tridimensionale, che fornisce più di un'esperienza sensoriale; è stata elaborata una mappa-p pressione, che corrisponde alla morbidezza e alla durezza delle cellule di sostegno delle aree sensibili. Analizzando le strutture anatomiche che causano le pressioni concentrate, *Beast* diventa più morbida e flessibile nelle zone in cui si necessita. Il volume relativo di ciascuna cuscino cellulare è localmente informato da dati di pressione media con i valori che rappresentano un sostegno strutturale e flessibilità.



Fatemaps

Il lavoro realizzato nel 2008, esplora il concetto di organizzazione del materiale modellato in relazione al carico strutturale e alle variabili condizioni ambientali. Tessuti micro-strutturali sono visualizzati, analizzati e ricostruiti in prototipi macro scala 3D, ipotizzando le risposte fisiche del materiale a particolari condizioni ambientali. L'interazione tra la morfologia direzionale del campione e la forza direzionale, produce effetti fisici che enfatizzano in modo diverso la struttura dei tessuti spaziali. Il modello risultante è a sei dimensioni. Il tessuto viene poi ricostruito, utilizzando un mulino a controllo numerico, in metallo/acciaio o in compositi di resina.



Infinite-D



Natural Artifice

Una serie di quattro progetti, definiti anche “pelle strutturale”, che esaminano la relazione tra le proprietà fisiche del materiale e criteri di funzionalità quali il carico strutturale, il trasferimento di calore e di isolamento.

Raycounting

È un metodo che consente di generare la forma registrando l'intensità e l'orientamento dei raggi luminosi. Ai parametri di luce vengono assegnate specifiche superfici 3D di doppia curvatura. Si prestabiliscono algoritmi che servono a calcolare l'intensità, la posizione e la direzione di una, o più fonti luminose in un dato ambiente; si assegnano successivamente determinati valori di curvatura locale di ogni punto nello spazio, corrispondente al piano di riferimento e all'intensità della luce. I modelli computazionali stabiliti esplorano il rapporto tra la geometria e le fonti di luce. Il progetto si ispira a una delle prime tecnologie di Rapid Prototyping del 1860, nota come scultura fotografia. Il metodo è stato sviluppato con lo scopo di rigenerare accurate repliche in 3D di un dato oggetto. Il progetto realizzato fa parte della collezione permanente al MoMA.



Cartesian Wax

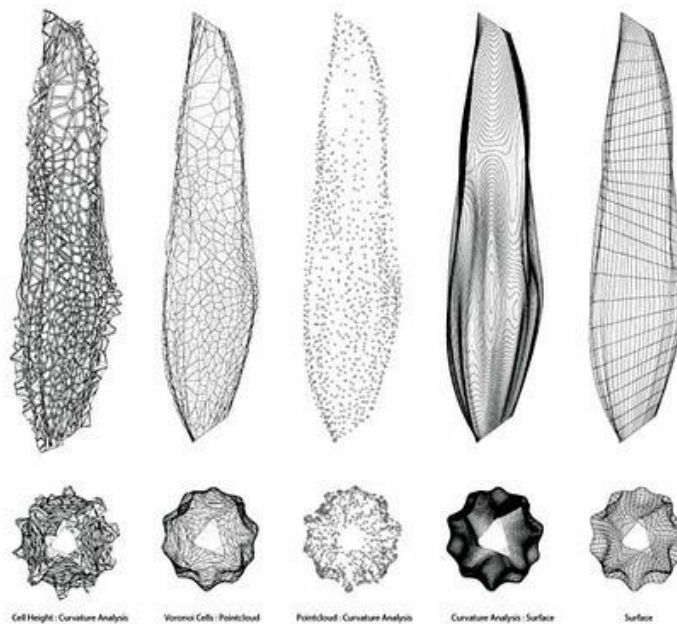
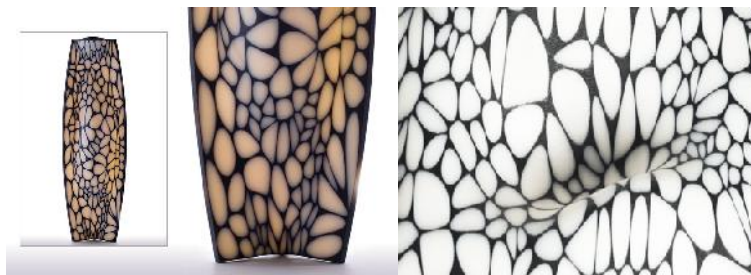
È un sistema di rivestimento continuo, che evoca le funzionalità multiple del tessuto vivente, differenziato in tutta la sua intera superficie per ospitare una serie di condizioni fisiche di trasmissione della luce, flusso di calore e supporto strutturale. La superficie è addensata, a livello locale, dove è strutturalmente necessario per supportare se stessa, e modula la sua trasparenza in base alle condizioni di luce del suo ambiente. Venti piastrelle sono assemblate come un *continuum* composto di molteplici tipi di resine rigide e/o flessibili. Ogni piastrella è concepita come un composito strutturale che rappresenta i criteri di prestazione locale, si manifesta nelle miscele di resina liquida. La forma della cera incarna i processi che hanno generato la sua forma fisica e le caratteristiche definitive. Il lavoro è stato ispirato dalle argomentazioni di Cartesio espresse nel 1640: egli sosteneva che, poiché noi identifichiamo la cera come cera anche quando essa cambia proprietà fisiche in presenza di calore, sappiamo che la nostra mente ha un ruolo importante, superiore a quella della nostra capacità sensoriale.



Monocoque

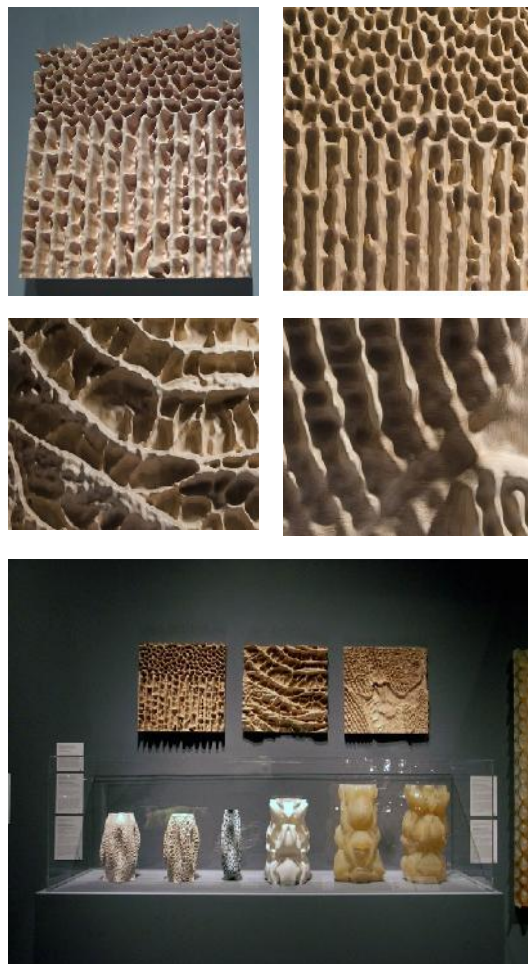
Rappresenta un altro approccio alla fabbricazione di una pelle-membrana. Il peso intero di ogni oggetto è sostenuto dalla sua pelle, con aree più spesse, atte a sopportare la maggior parte del carico, che ricordano le naturali strutture vascolari. Gli oggetti sono fabbricati attraverso algoritmi computazionali che, la produzione avviene attraverso una stampante 3D. A differenza della progettazione tradizionale in cui si distinguono elementi strutturali e elementi esterni non portanti, questo approccio promuove l'eterogeneità e la variazione delle proprietà dei materiali in modo spontaneo nelle porzioni in cui lo stesso materiale-progetto lo richiede. Il modello è stato stampato

in 3D con il Poli-jet, tecnologia che permette l'assegnazione di proprietà strutturali di molteplici materiali. Questa tecnologia prevede la possibilità di stampare parti costituite da materiali diversi all'interno di una singola generazione, così come la creazione di materiali compositi che presentano combinazioni predefinite delle proprietà meccaniche.



Subterrain

Le caratteristiche fisiche di un terreno, rappresentano la distribuzione e l'entità delle forze che lo hanno generato. Da questa osservazione nasce l'algoritmo che dà origine a subterrain. Tessuti micro 2D strutturali sono visualizzati, analizzati e ricostruiti in prototipi 3D macro. L'analisi orientata agli oggetti viene utilizzata per determinare il comportamento dei materiali in base alle proprietà assegnate e alla *performance*, come forza, *stress*, tensione, deformazione, flusso di calore e di energia, in modo tale che le proprietà in scala atomica sono riportate al modello morfologico macro. Il tessuto viene poi ricostruito utilizzando un mulino a controllo numerico. Tre micro tessuti biologici in scala sono stati ricostruiti con questo procedimento generativo (una sezione di foglia, un'ala di farfalla e una zampa scorpione).



Capitolo 7

Il design della Tecno-Natura

«Siamo abituati a pensare all'industria e all'ambiente come a due realtà contrapposte perché i normali metodi di estrazione, produzione e smaltimento tendono a danneggiare la natura»¹²². Gli incisivi mutamenti generati dall'uomo sull'ambiente risalgono ai primi albori della rivoluzione industriale e nel corso dei secoli successivi il rapporto fra artificiale e naturale è divenuto sempre più avverso. Sebbene i progressi tecnologici abbiano prodotto alcuni cambiamenti sociali ed economici positivi, spesso hanno lasciato in eredità problematiche alle quali oggi si tenta di far fronte. Negli ultimi anni del XIX secolo, dopo un lungo periodo di sfrenata ricerca e progresso scientifico, compaiono i primi segnali di un interesse per la salvaguardia delle risorse ambientali compromesse. Si comprende che il sistema lineare a senso unico “dalla culla alla tomba”¹²³ sotteso alla produzione post rivoluzione industriale è un sistema fallimentare, che porta alla degenerazione delle risorse naturali. Negli anni '80 del XIX secolo il problema della tutela dell'ambiente e la considerazione dei suoi aspetti economici furono affrontati in maniera ufficiale negli Stati Uniti, in uno studio effettuato da un gruppo di ricercatori collegati al governo americano: “*The Global 2000 Report to the President*”¹²⁴. Venivano analizzati i problemi della popolazione e le sue attività in

¹²² McDonough William, Braungart Michael, *Dalla culla alla culla*, San Mauro (To) 2003, p.4

¹²³ McDonough W., Braungart M., *Op.cit.*,p .25

¹²⁴ Lo studio è stato commissionato dal presidente Jimmy Carter nel 1977, ed è stato diretto da Gerald O. Barney. Esso si basa sulla raccolta di dati raccolti da diverse istituzioni. Questi dati sono stati utilizzati

rapporto alle risorse naturali. Tale studio ebbe, all'epoca, una straordinaria pubblicità mondiale. Precedentemente, nel 1972, il Club di Roma¹²⁵ pubblicò un rapporto sui limiti dello sviluppo commissionato al MIT di Boston, che conquistò l'attenzione dell'opinione pubblica, nel quale si prediceva che la crescita economica non potesse continuare indefinitamente a causa della limitata disponibilità delle risorse naturali, prima fra tutte il petrolio. Tali previsioni allarmarono il panorama internazionale e numerosi ricercatori in vari paesi del mondo iniziarono a proporre soluzioni che garantissero una produzione sostenibile. Una delle conclusioni del rapporto è che è possibile modificare i tassi di sviluppo¹²⁶ e giungere ad una condizione di stabilità ecologica ed economica, sostenibile anche nel lontano futuro. Lo stato di equilibrio globale dovrebbe essere progettato in modo che le necessità di ciascuna persona sulla terra siano soddisfatte e ciascuno abbia uguali opportunità di realizzare il proprio potenziale umano. Nel 1988 durante un convegno dell'Università delle Nazioni Unite a Tokyo è stato formalizzato il termine "metabolismo industriale" che poneva l'attenzione sul fatto che le cause primarie dei cambiamenti globali, innescati dal nostro intervento nei sistemi naturali, derivavano dal sistema economico e produttivo e quindi dalle attività industriali, causa di interferenze continue negli equilibri dinamici dei cicli biogeochimici fondamentali, come quelli del carbonio, dell'ossigeno, dell'azoto e dello zolfo. Oggi l'industria è inevitabilmente parte del "metabolismo" della biosfera. È perciò indispensabile cercare di far rientrare le attività industriali nei cicli della natura e per fare ciò l'industria dovrebbe imitare la natura. Il centro di interesse deve essere spostato dal capitale umano ed economico a quello naturale. Il nostro sottosistema economico e produttivo può vivere solo entro i limiti dell'ecosistema globale¹²⁷.

Nel 1992 viene indetto l'*Earth Summit* a Rio de Janeiro, per decidere come affrontare i preoccupanti segni del declino ambientale. In questa occasione la proposta

per la definizione di modelli al computer, per fare delle proiezioni per il futuro in base alle tendenze per i prossimi decenni.

¹²⁵ Associazione non governativa di scienziati, economisti, industriali, capi di stato dei cinque continenti, fondata nel 1968 per iniziativa di Aurelio Peccei, il cui scopo è analizzare i cambiamenti della società contemporanea.

¹²⁶ Uno dei primi a elaborare oscure predizioni sul futuro delle risorse ambientali e sul genere umano fu Thomas Malthus, che alla fine del XVIII secolo, osservando i repentini cambiamenti che l'industrializzazione stava provocando sulla natura, predisse che gli esseri umani si sarebbero moltiplicati esponenzialmente, con conseguenze terribili per il genere umano.

¹²⁷ Dario Toso, Tesi di Laurea *Systems design applicato alla filiera del legno dell'alta Val Chisone*, Relatore Luigi Bistagnino, Corso Specialistica in Design del Prodotto Ecocompatibile, Politecnico di Torino -Facoltà di Architettura

che emerge è quella dell'eco-efficienza, ovvero come la definisce Carlo Vezzoli¹²⁸ la concomitanza di vantaggio ambientale e vantaggio competitivo.

Le recenti scoperte tecnico scientifiche relative alla possibilità di strutturare la materia a scala nanometrica hanno riaperto il dibattito culturale sulla possibilità di relazionare l'artificiale al naturale e le questioni sulla sostenibilità della produzione. Superati i metodi del riuso e del riciclo le nanotecnologie aprono nuove prospettive verso nuove valenze di sostenibilità. La possibilità di progettare nel nanospazio, consente di strutturare un materiale avendo prestabilito le qualità, le proprietà tecniche e prestazionali dello stesso e si configura dunque la possibilità di fornire una soluzione alla questione della minimizzazione delle risorse energetiche, alla possibilità di migliorare le prestazioni dei materiali e aumentare la longevità dei prodotti finiti, diminuendo i rifiuti; resta necessario trovare l'approccio corretto affinché tali tecnologie possano essere impiegate rispettando i principi dell'eco-efficienza finale.

«Nel XXI secolo il design è chiamato a cambiare i propri statuti e i propri limiti disciplinari, per diventare un elaboratore di nuove strategie, non solo industriali nell'epoca della globalizzazione, ma anche umanistiche nell'epoca della grande crisi ambientale; strategie che concorrano a creare le condizioni favorevoli ad una ospitalità globale dell'universo costruito; addomesticando le tecnologie, operando sulle qualità materiali e immateriali, percettive e spirituali dello spazio urbano esistente, perché sia in grado di ospitare il sacro ed il profano, gli umani e gli animali, l'architettura ma anche l'agricoltura.»¹²⁹

Si ritiene che il XXI secolo è contraddistinto dall'accelerazione degli sviluppi tecnologici e dall'utilizzo degli strumenti digitali, che hanno modificato le visioni del design. Il promettente rapporto tra design e tecno-scienza è divenuto un argomento di riflessione di varie istituzioni di ricerca che si interrogano sul futuro con la consapevolezza che esso sarà sempre più contraddistinto dagli sviluppi delle nanotecnologie, della robotica e da quelle innovazioni verdi che gli economisti¹³⁰ definiscono "la sesta ondata delle innovazioni" a partire dalla rivoluzione industriale.

¹²⁸ Tratto da un'intervista a Carlo Vezzoli, direttore dell'Unità di Ricerca, Design e Innovazione per la Sostenibilità ambientale e professore di "Life Cycle design, i requisiti ambientali", al Politecnico di Milano

¹²⁹ Tratto da una lezione del Prof. Giuseppe Lotti, *Design per la sostenibilità*, la frase riportata è di Andrea Branzi

¹³⁰ P.Hawken, H.Lovins, M.H.Smith e K.Hargroves, *op.cit.*

L'approccio biomimetico del design alle tecnologie del XXI secolo orienta verso lo scenario che si può definire come il design della Tecno-Natura, da intendersi quale evoluzione dei precedenti approcci progettuali, che integrando un'idea di natura nella tecnologia inaugura una nuova visione del rapporto fra la tecnologia e l'ambiente, fra soggetto e oggetto. La natura intesa come esperta progettista, che risparmia sulla scelta dei materiali ed è attenta alla precisa definizione delle modalità di strutturazione della materia, diviene fonte ispiratrice delle tecnologie del XXI secolo, che rappresentano gli strumenti mediante i quali dare atto all'idea progettuale e il design diviene il canale di comunicazione fra natura, tecno-scienza e uomo. Il ruolo del designer nello scenario della Tecno-Natura deve essere rivisitato, nell'ottica di un nuovo ricercatore-progettista, conoscitore delle potenzialità offerte ai materiali dalle più recenti tecnologie a scala nanometrica bioispirate, che orienta la propria ricerca progettuale tenendo conto della sostenibilità ambientale del prodotto finito. Il sistema lineare "dalla culla alla tomba" muta nel sistema "dalla culla alla culla"¹³¹, il processo progettuale dell'oggetto coincide con il processo progettuale del materiale, che diviene vivente, dinamico e mutevole specchiando l'attuale società.

¹³¹ McDonough W., Braungart M., *op.cit.*

7.1 Schede del design della Tecno-Natura

Nome: Morph

Tipologia: concept

Autore: Nokia-Università di Cambridge

Luogo e anno: Finlandia 2007

L'azienda finlandese Nokia in collaborazione con il centro di ricerche sulle nanotecnologie di Cambridge, coordinato dal professor Mark Welland, responsabile del Dipartimento di Ingegneria del Nanoscience Group, ha elaborato un progetto, che potrebbe essere completato entro il 2015, in grado di dimostrare le innumerevoli potenzialità delle applicazioni delle nanotecnologie nel campo della comunicazione in senso lato. Si tratta di un nuovo concept di cellulare al quale è stato dato il nome di "Morph", per le plurifunzioni che incorpora; è al contempo, mp3, rilevatore di sostanze ambientali e alimentari, bracciale, agenda e altro. Le nanotecnologie applicate a Morph garantiscono la possibilità di essere modellabile, indossabile, autopulente, perché le superfici nanostrutturate sono in grado di respingere lo sporco (Nanoflowers), autoricaricabile perché al suo interno vi sono nanostrutture che raccolgono l'energia solare (Nanoglass) e con elettronica trasparente

Il colore o le *texture* cambiano in base ai gusti del fruitore, basta infatti fotografare il colore, la *texture* o il paesaggio che si preferisce che "Morph" al cui interno contiene dei nano sensori, ne assume le sembianze. Inoltre, l'utilizzo di materiali biodegradabili potrebbe rendere la produzione e il riciclaggio dei dispositivi più semplice ed ecologico.

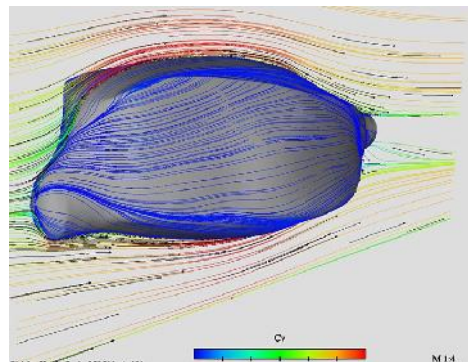
L'applicazione delle nanotecnologie garantisce un prodotto di *advancement* tecnologico, così come è stato definito al MoMA di New York durante la mostra "Design and the Elastic Mind".

Morph rappresenta un esempio emblematico del Design della Tecno-Natura, è un ponte tra tecnologie altamente avanzate, natura e utente.



Nome: Bionic car
Tipologia: progetto
Autore: Peter Pfeiffer - Mercedes
Luogo e anno: Germania 2005

Mercedes si è ispirata per la Bionic car al pesce scatola, un pesce tropicale che grazie allo scarso attrito datogli dai bordi della sua corazza è in grado di percorrere in un secondo sei volte la sua lunghezza. Ispirandosi a questa linea, la Bionic può percorrere 30 Km con un solo litro di benzina. L'innovazione di quest'auto riguarda inoltre l'impiego di nanoparticelle per la vernice di rivestimento, che rende l'auto ultraresistente ai graffi. La vernice contiene microscopiche particelle di ceramica che formano una rete molto fitta che indurendo, è in grado di triplicare la resistenza ai graffi. Il rivestimento si è dimostrato più brillante e più resistente ai graffi delle vernici tradizionali, anche dopo anni. Il prototipo è stato esposto alla mostra "Design and elastic mind".

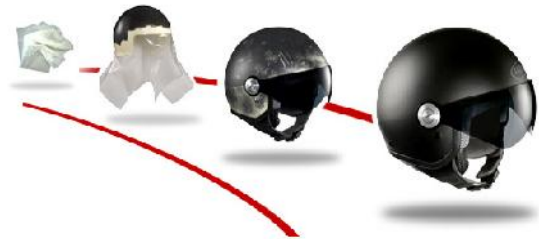
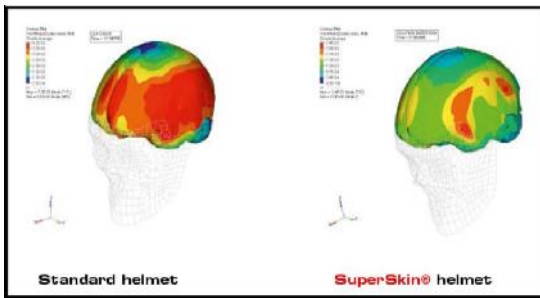
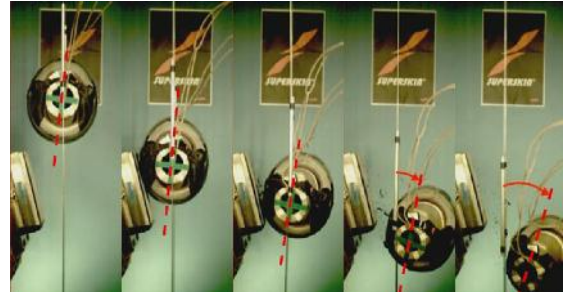
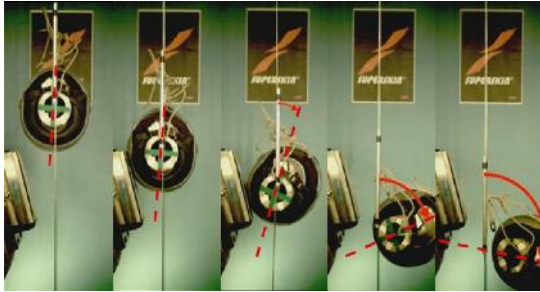




Nome: Superskin helmet
Tipologia: concept
Autore: Lazer -Università Louis Pasteur di Strasburgo- CNR
Luogo e anno: Belgio 2010

È un casco che riduce notevolmente i rischi di trauma cranico in caso di caduta, grazie a una nuova tecnologia chiamata SuperSkin, che riproduce esattamente ciò che avviene in natura: come il cranio è protetto dalla cute, così il casco è protetto da una membrana che simula la funzione di protezione che ha la nostra pelle. La tecnologia Superskin mira a simulare la pelle umana sulla superficie del casco grazie a una membrana elastica, estremamente resistente ed estensibile (fino a 8 volte rispetto alla sua lunghezza iniziale). La membrana è accoppiata a un gel lubrificante e si comporta come una seconda pelle. Questo nuovo concetto consente alla pelle di scivolare sulla superficie e di assorbire l'energia di rotazione. Il guscio duro del casco SuperSkin™ è stampato per iniezione, mentre l'imbottitura è fatta di polistirolo espanso (EPS).





Nome: Habitat 2020
Tipologia: concept
Autore: Centro di Ricerche Philips
Luogo e anno: Eindhoven (Olanda) 2009

Il concept si basa sull'idea che i palazzi del futuro non siano costruiti pensando solo alla funzione di solidità e protezione, ma vengano realizzati con una "pelle" funzionale e sensibile che risponde ai cambiamenti delle condizioni ambientali. Per mezzo di questa "membrana intelligente", i palazzi non avranno più necessità di utilizzare i sistemi di approvvigionamento di energia e acqua cui siamo abituati con un conseguente grande risparmio ambientale e influenze positive sulla riduzione dell'inquinamento e sul miglioramento reale delle condizioni della qualità abitativa; è necessario comprendere la dinamica delle città in continua evoluzione e l'equilibrio degli eco-sistemi naturali possono aiutare a formulare strategie per un futuro urbano sostenibile. Il nome dato al concept è "Off The Grid Sustainable Habitat 2020" e ha vinto il prestigioso premio Well-Tech Award 2009 nella categoria "Wellness e tecnologia".



Si tratta di una nuova bioarchitettura, che reagisce e interagisce con l'ambiente. Si basa sulle previsioni di sviluppo delle megalopoli della Cina nel 2020 e l'obiettivo è quello di progettare edilizia sostenibile. Si tratta di un edificio al cui interno vi sono spazi di vita "intelligente", capaci di sfruttare esclusivamente risorse rinnovabili, catturate dall'esterno e sfruttate all'interno. Così gli edifici anziché avere una superficie esterna con la funzione esclusiva di chiusura, la Philips suggerisce di utilizzare superfici sensibili, una sorta di pelle, funzionale e reattiva che risponde alle condizioni mutevoli. In questo modo la superficie esterna di un edificio può, per esempio, captare la luce esterna direttamente negli appartamenti all'interno per l'illuminazione delle ore

serali; catturare l'acqua piovana che viene poi filtrata e utilizzata per bere e per altri usi domestici; convogliare il vento per l'aria condizionata e trasformare la luce solare in energia elettrica.

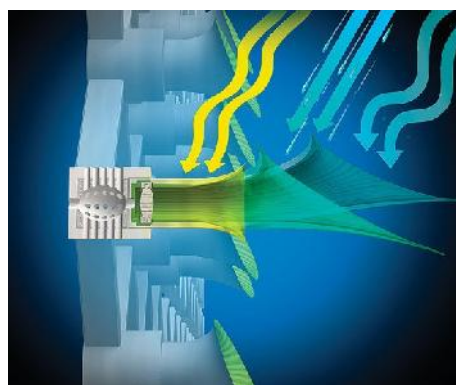
Off the Grid è una struttura leggera caratterizzata da particolari “fiori”, elemento essenziale per il funzionamento biomimetico dell'edificio.

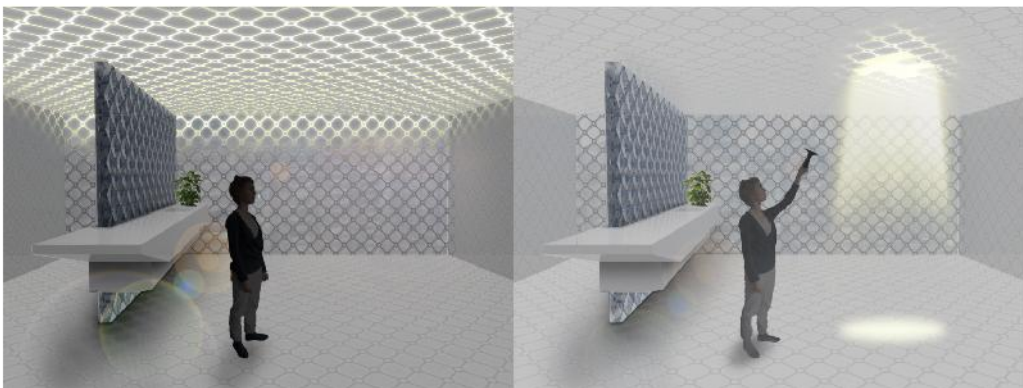
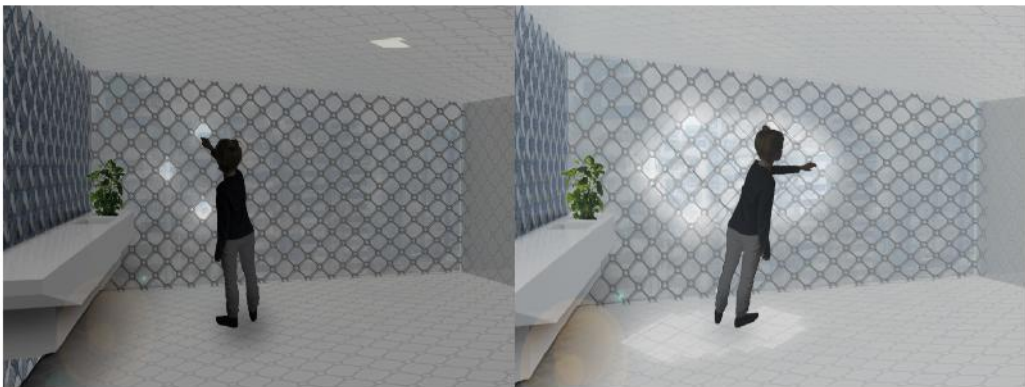
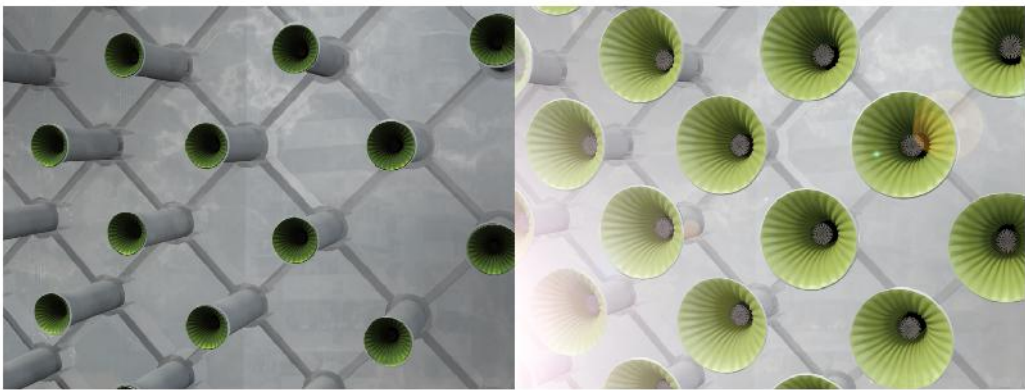
A seconda delle necessità questi “fiori” possono essere aperti (come dei fiori che sbocciano) per lasciar passare più o meno luce fino a rendere tutto l'appartamento completamente trasparente. Questo sistema riduce drasticamente l'utilizzo di luce artificiale in favore di quella naturale, favorendo la salute ed il benessere psicofisico delle persone.

Sempre gli stessi “fiori”, destinati a lasciar passare più o meno luce, fungono anche da incanalatori di aria e vento. Il passaggio delle correnti di aria all'interno dei “fiori” genera energia pulita destinata ad alimentare l'edificio stesso fornendo, in più, aria pulita (depurata e privata di agenti allergici o tossici) per gli interni dell'edificio e, grazie ai sistemi di canalizzazione, l'aria può anche essere raffreddata naturalmente (per i periodi estivi).

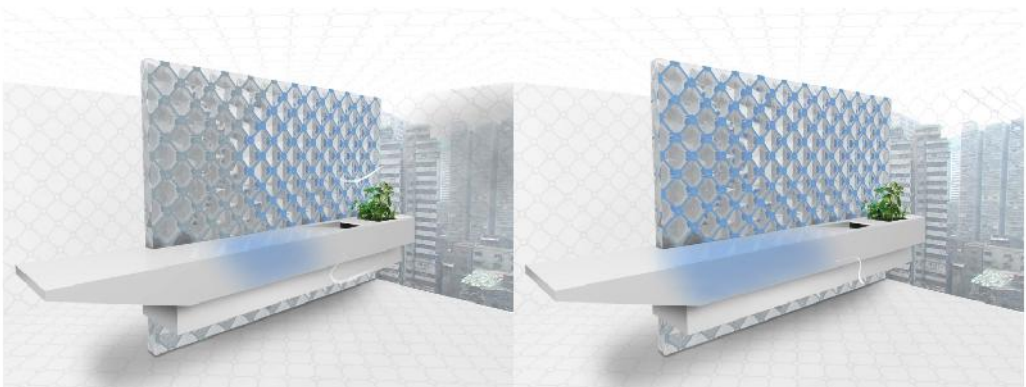
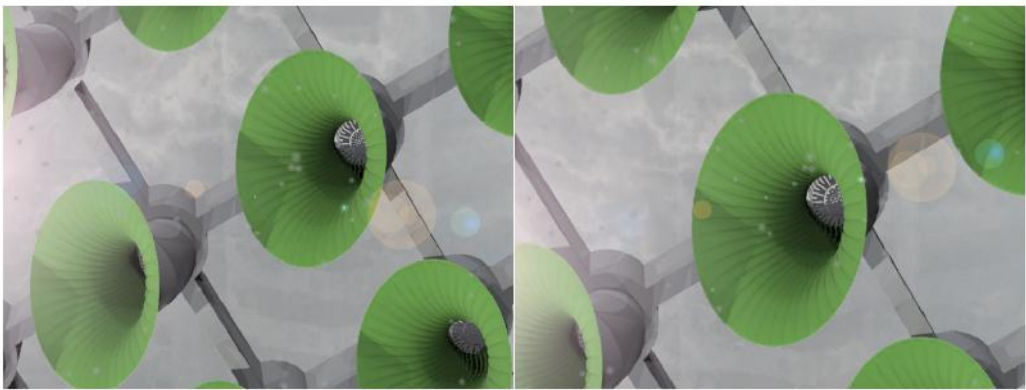
Nei casi di piogge tramite i “fiori” è possibile recuperare l'acqua piovana e l'umidità presente nell'aria (nei periodi di siccità). Una volta purificata e filtrata è possibile riutilizzarla nel circuito chiuso della casa.

I rifiuti organici all'interno dell'unità vengono trasformati in energia di biogas utilizzabile per il riscaldamento dell'appartamento o dell'acqua per il lavaggio.

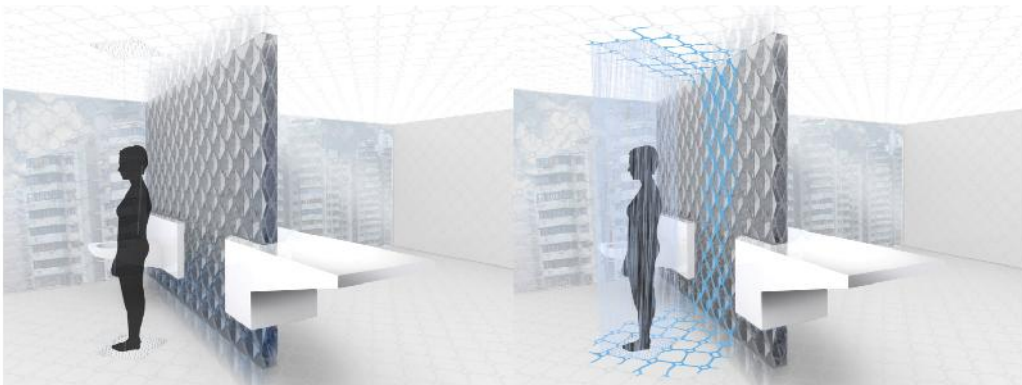
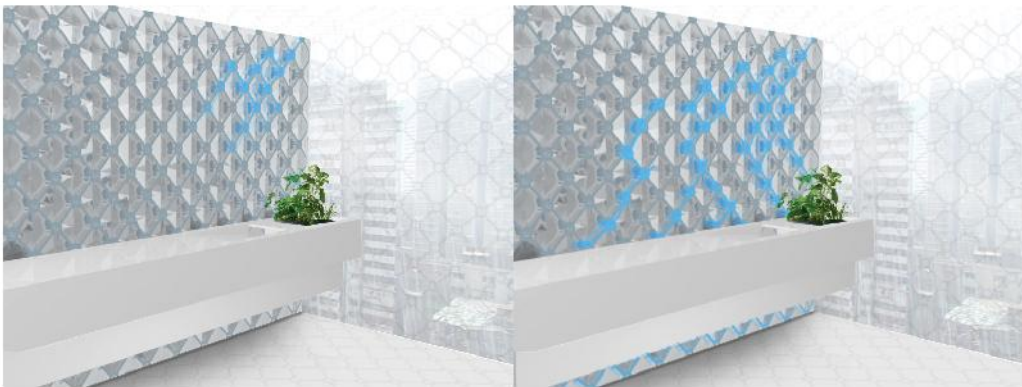
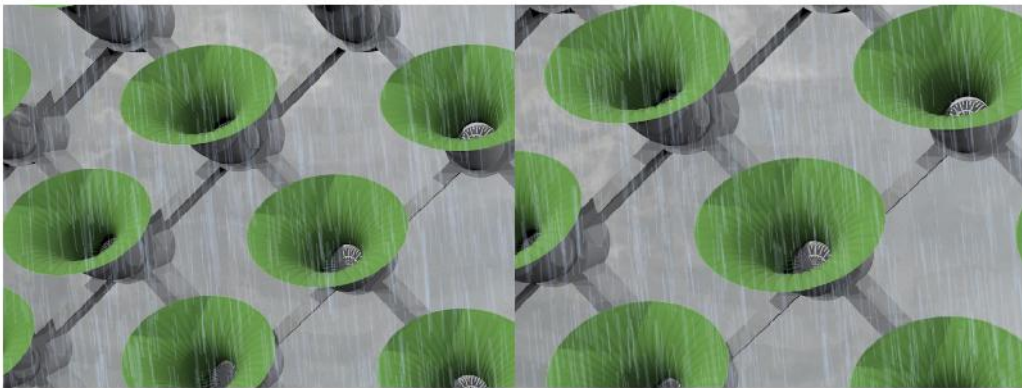




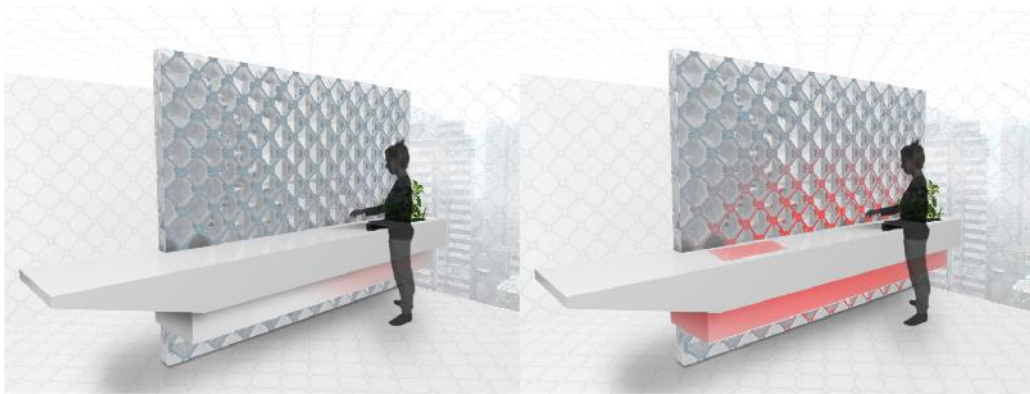
sustainable light



sustainable air



sustainable water



sustainable waste

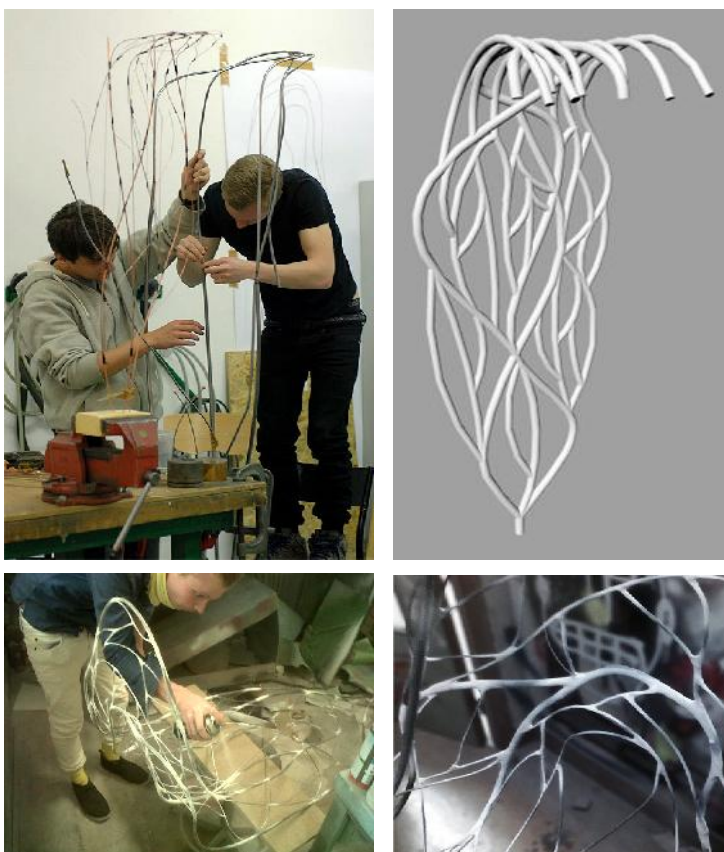
Nome: Piezo Shower

Tipologia: concept

Autore: Natalie Weinman, Victor Stelmasuk, Sebastian Jansson e Fernanda Piza

Luogo e anno: Milano 2010

È una doccia autoriscaldante, progettata da un gruppo internazionale di designer: Sebastian Jansson from finlandese, Fernanda Pizà messicano, Victor Stelmasuk brasiliano e Natalie Weinmann tedesca. L'acqua si scalda grazie all'energia prodotta dal suo stesso movimento nei tubi. Prima di uscire dai bulbi, l'acqua deve compiere un lunghissimo cammino attraverso una ragnatela assemblata la cui forma ricorda vagamente una foglia. I tubi sono percorsi da dispositivi piezoelettrici, in risposta alle sollecitazioni meccaniche, essi generano una piccola quantità di energia elettrica: che nel caso della Piezo Shower viene appunto impiegata per scaldare l'acqua. Il progetto ha vinto il secondo premio al "Salone Satellite 2010"¹³² di Milano.



¹³² È un evento istituito nel 1998 per favorire il contatto tra giovani designer e creativi under 35 di tutto il mondo con le aziende produttrici.

Nome: Surface regeneration
Tipologia: prototipo
Autore: Alessia Giardino
Luogo e anno: Milano 2010

È un'innovativa interpretazione del calcestruzzo alla luce delle nuove tecnologie a scala nanometrica. Soluzioni funzionali e decorative in grado di percepire e comunicare le condizioni ambientali. Una combinazione di calcestruzzo, materiali organici, nanotecnologie e tecniche tessili permette di creare trame e disegni, utilizzati come indicatori della qualità dell'ambiente. La *texture* diviene sensore e indicatore. Il legno tagliato a laser e applicato su una base di cemento, reagisce distaccandosi e creando una tessitura mutevole, mentre la pittura fotocatalitica “disegna” il livello di inquinamento dell'aria. I prototipi di “Surface regeneration”: cement prints, natural footprint, polluted pattern, concrete lace e concrete wallpaper, sono stati presentati al “Salone Satellite 2010” a Milano.

Cement prints

Schermo stampato con cemento foto catalitico. Le decorazione divengono indicatori del livello d'inquinamento dell'aria. Cattura l'aria malsana e contaminata scompare scurendosi invece quando tutta la superficie è diventata più scura. Questo accade quando il processo di deterioramento e la contaminazione dei gas aumenta.



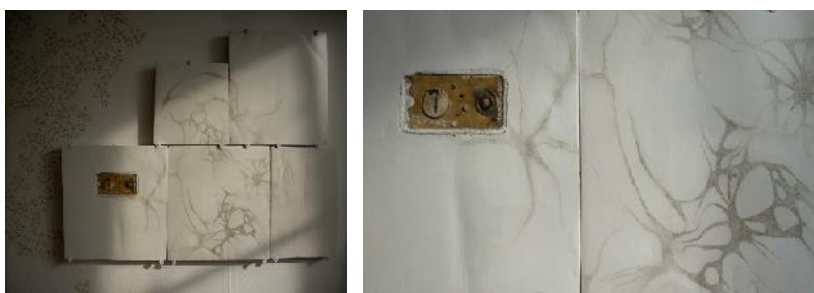
Natural Footprint

È un calcestruzzo il cui concept si basa sulla caratteristica dei bioindicatori e del rapporto simbiotico tra organismi naturali. Allo stesso modo in cui l'inquinamento o il cambiamento climatico possono portare a stress inducendo all'espulsione degli strati superficiali dei elementi naturali (come nel corallo-sbiancato), così la designer ha pensato al comportamento del materiale. La designer ha tradotto questo effetto per applicazioni in architettura, combinando materiali organici e inorganici per creare *texture* di superficie mutevoli. Modelli intricati di legno intagliato al laser, impresso nel cemento cominciano a staccarsi e si decompongono a causa dell'inquinamento e degli agenti atmosferici, creando effetti di ombra simile al merletto, in quanto si distorcono piegano, fino a cadere, lasciando una traccia permanente sulla superficie di calcestruzzo.



Polluted pattern

“La porta avvolta” è uno schermo stampato con nanotecnologie ricoperto con vernice catalitica contenente nanoparticelle di TiO_2 . È una sorta di modello che è attivato e progettato dall'inquinamento. La superficie coperta da vernice sarà protetta dagli agenti inquinanti, invece l'inquinamento potrà disegnare la parte restante, come fossero dei merletti. È capace di rompere “molecole inquinate” nell'aria e trasformarle in sostanze innocue. Questo materiale può essere usato per costruire facciate, decorazioni di muri esterni ed interni. La dimensione standard del pannello è 30x30 cm. È anti-batterico, garantisce elevata protezione dai raggi UV, è antistatico e autopulente.



Concrete lace

È calcestruzzo inciso con le stesse proprietà tecniche e prestazionali descritte nei precedenti prototipi, ciò che muta è la tecnologia applicata per la realizzazione del pattern superficiale e il rivestimento a volte presente delle vernici superficiali.



Concrete wallpaper

Il lavoro realizzato per un mercato dimostra come decorare e rigenerare spazi all'aperto usando materiali che funzionerebbero in armonia con i naturali, adottati come una naturale dilazione degli stessi. È una carta da parati che funziona come un catalizzatore, dissolve sostanze inquinanti presenti nell'aria.



Nome: Hylozoic Ground
Tipologia: progetto
Autore: Philip Beesley, Rob Gorbet, Rachel Armstrong
Luogo e anno: Venezia 2010

È il Padiglione Canadese presentato alla Mostra Internazionale di Architettura – Biennale di Venezia 2010, che manifesta il forte legame fra le tecno-scienze e le arti. “Hylozoic Ground” (Terra dell’Ilozoico) trasforma il padiglione canadese in un ambiente coinvolgente ed interattivo costituito da decine di migliaia di componenti leggeri, creati grazie a un processo digitale, interconnessi da una rete di microprocessori e sensori. Questa foresta artificiale, dalla fragilità pari al vetro, è ottenuta utilizzando una struttura di supporto costituita da piccoli elementi trasparenti in materiale acrilico e ricoperta da una rete di fronde, filtri e filamenti interattivi e meccanici. L’ambiente è simile a una barriera corallina, con cicli di apertura, di stasi, di filtraggio e digestione. Una serie di sensori digitali, reattivi al tatto, e di attuatori in materia a “memoria di forma”, crea onde che riproducono il movimento della respirazione, attraendo i visitatori nel cuore scintillante di una foresta di luce.



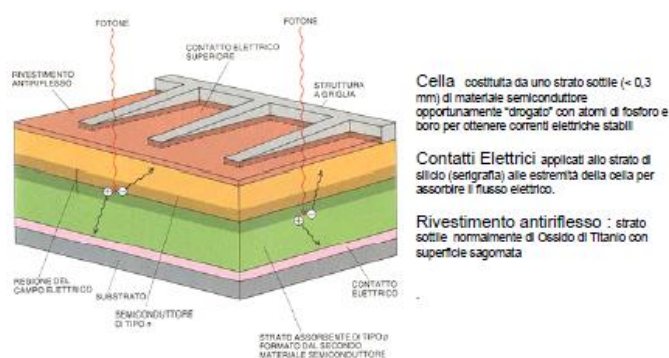
Il progetto è stato disegnato da Philip Beesley, Professore associato di Architettura presso l’Università di Waterloo, con la direzione per la parte ingegneristica di Rob Gorbet, per la parte chimica di Rachel Armstrong e di molti collaboratori. Il titolo del progetto si riferisce allo “ilozoismo”, un’antica credenza secondo la quale il principio della vita è intrinseco alla materia. Hylozoic Ground offre un’occasione di riflessione per i futuri progetti di architettura responsabile. Hylozoic Ground può essere descritto come una struttura geotessile sospesa, che gradualmente accumula un humus ibrido da ingredienti tratti dall’ambiente circostante. La struttura

possiede funzioni simili a quelle di un organismo vivente ed è dotata di un'intelligenza artificiale diffusa che fa sì che l'interazione umana inneschi movimenti carezzevoli di respirazione, di deglutizione e di scambi metabolici ibridi. Questi movimenti empatici si propagano in onde peristaltiche da un reticolo di valve e pori cinetici, creando un sistema di pompaggio che aspira aria, umidità e materiale organico sospeso attraverso membrane ilozoistiche di filtraggio. Gli scambi chimici "vitali" sono stati concepiti come una tappa iniziale di uno sviluppo che potrebbe portare in futuro questa architettura a possedere funzioni di autorigenerazione.



7.2 Fotovoltaico bioispirato

Nel 1839 il fisico francese Edmond Becquerel scopre senza definirlo il fenomeno fotovoltaico¹³³ ma soltanto nel 1876 il fenomeno viene definito dai britannici Adams e Day, che scoprono che un materiale solido se esposto alla luce può produrre elettricità, questo materiale era il selenio¹³⁴; pochi anni dopo scoprono che una giunzione fatta di selenio e di un suo ossido produce corrente elettrica. Fino agli anni venti questa incredibile invenzione non viene accettata dagli altri scienziati a causa della mancanza di una chiara spiegazione scientifica, che sarà fornita pochi anni dopo dai due fisici Kennard e Dieterich. Nel 1953 si ha la svolta che porta all'attenzione mondiale il potenziale di questa fonte energetica; nei laboratori Bell, il fisico Pearson studiando le proprietà elettriche del silicio costruisce involontariamente la prima cella solare fotovoltaica¹³⁵.



Nello stesso anno Chapin e Fuller, due scienziati degli stessi laboratori, perfezionano la scoperta impiegando il silicio che aveva un rendimento circa 5 volte superiore a una cella al selenio. Già dagli anni sessanta si iniziano a ricercare nuovi materiali e nuove tecnologie per diminuire il costo delle celle fotovoltaiche. Negli anni settanta ottanta e novanta vengono introdotte le celle al silicio policristallino e al silicio amorfo che diminuiscono drasticamente il costo delle celle. Le celle fotovoltaiche finora esposte

¹³³ Il fisico francese scopre l'effetto fotovoltaico durante degli esperimenti con celle elettrolitiche, notando il formarsi di una differenza di potenziale tra due elettrodi identici di platino, uno illuminato e l'altro al buio.

¹³⁴ Nel 1873 Willoughby Smith aveva scoperto la fotoconducibilità del selenio.

¹³⁵ L'effetto fotovoltaico si realizza quando un elettrone contenuto in un semiconduttore, assorbendo un fotone, inizia a condurre.

sono definite nella letteratura scientifica di prima generazione e consentono di convertire in energia elettrica solo la fascia dello spettro solare a cui è sensibile il silicio. La seconda generazione, ancora in fase di sviluppo, è quella dei moduli fatti con film sottili di materiali semiconduttori microcristallini che si prestano alla deposizione in strati su lamine di sostegno (vetro, metallo, plastica, ecc.), come ad esempio il silicio amorfo idrogenato, il diseleniuro di indio e rame, il tellururo di cadmio, il solfuro di cadmio, ecc. Per questi prodotti è stato possibile mettere a punto un processo industriale quasi completamente automatizzato, che può portare a ridurre fortemente i costi di produzione dal momento che il costo del materiale fotovoltaico in film sottile risulta pressoché trascurabile. Esistono tuttavia molti dubbi di tipo ecologico sulla possibilità di diffondere su larga scala l'uso di impianti a film sottili. Infatti, se si eccettua il silicio amorfo tutti gli altri materiali possiedono caratteristiche di alta tossicità, che porterebbero a precauzioni di sicurezza nell'uso e soprattutto a problematiche di smaltimento dei rifiuti a fine vita operativa con conseguente innalzamento dei costi economici.

Nel 1970 il fisico Leo Esaki propone la possibilità di impiegare materiali semiconduttori naturali che quando sono depositi, conservando la struttura cristallina in strati piani molto sottili con spessori dell'ordine dei 10^{-9} m, che mostrano caratteristiche optoelettroniche diverse da quelle del semiconduttore di partenza. Molti strati sottili, alternativamente drogati possono essere sovrapposti in pila in modo che il pacco ottenuto abbia uno spessore significativo per l'assorbimento della radiazione solare. Tale materiale risultante si comporta come un nuovo semiconduttore cristallino, non esistente in natura, avente caratteristiche fisiche dipendenti, dallo spessore dei singoli strati sottili che lo costituiscono. Modulando opportunamente tale parametro durante la fase di deposizione degli strati, si possono realizzare nuovi materiali semiconduttori con banda di energia proibita di larghezza variabile a progetto¹³⁶. Storicamente, questi materiali sono stati indicati con il nome di super reticoli, ma recentemente si è preferito classificarli come uno dei primi prodotti ottenuti dalla nuova branca della tecnica, detta delle nanotecnologie. La prima applicazione fotovoltaica, definita di terza generazione di un super reticolo si è avuta nel 1982 in una cella a due giunzioni sovrapposte.

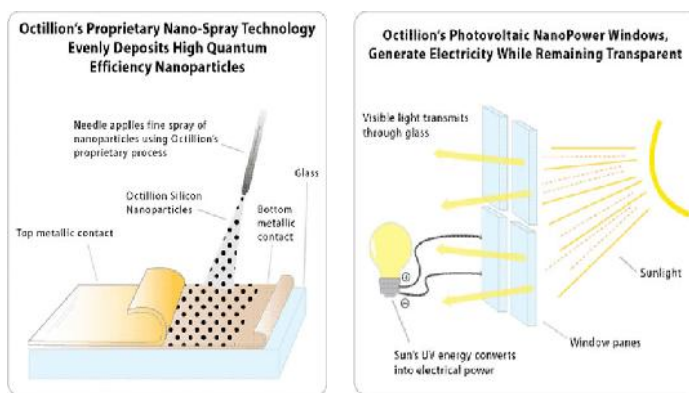
¹³⁶ Questo nuovo ramo della tecnologia dei semiconduttori è stato chiamato *band engineering* e mediante esso è oggi divenuto possibile progettare materiali dalle caratteristiche ottimali per le esigenze della conversione fotovoltaica dell'intero spettro solare.

L'interesse in campo fotovoltaico sui super reticoli a struttura piana è andato progressivamente a diminuire negli anni '90, mentre nel contempo hanno preso avvio nuovi argomenti di studio, basati sulle nanotecnologie dei materiali, che prospettano la possibilità di realizzare con tecniche più semplici lo sfruttamento dello spettro solare al fine di ottenere l'alta efficienza di conversione. I nuovi pannelli realizzati con nanomateriali di nuova generazione, sono definiti di quarta generazione. È stato dimostrato, ma ancora in fase di ricerca e definizione, che è possibile creare celle solari meno costose delle attuali sul mercato impiegando nanopolveri, nanobastoncini (nanorods) o nanotubi, in grado di sfruttare un più ampio spettro della radiazione solare. Attualmente la ricerca è orientata principalmente verso le celle organiche, note come DSSC (*Dye-Sensitized Solar Cell*). Questo tipo di unità utilizza un pigmento organico fotosensibile applicato su un film sottile costituito da un strato d'ossido metallico nanoporoso e polimeri conduttori o elettroliti liquidi. La peculiarità di queste celle è di essere notevolmente flessibili e adatte ad essere conformate in diverse forme e applicazioni. Il passaggio dal materiale semiconduttore cristallino esteso a quello di aggregato atomico di dimensioni nanometriche, chiamato brevemente nanocristallo quantistico o quantum dot, produce un cambiamento delle caratteristiche fisiche ed optoelettroniche tale che diviene possibile l'ingegneria delle bande attraverso la scelta del materiale di partenza ed il controllo delle dimensioni dei nanocristalli. In altri termini, i quantum dots possono essere considerati come se ciascuno di essi fosse un super reticolo tridimensionale. Modulando il diametro dei nanocristalli quantistici, si possono realizzare diversi valori della banda proibita in modo da realizzare con lo stesso materiale diverse possibilità d'accoppiamento fotoelettrico ottimale con le varie frequenze dello spettro solare. Storicamente, la prima realizzazione pratica di un tale dispositivo è costituita dalla cella elettrochimica di Grätzel¹³⁷. Il dispositivo in origine utilizzava, come materiale semiconduttore per il trasporto e la raccolta delle cariche, nanocristalli di biossido di titanio (TiO₂) di dimensioni relativamente grandi (20 nm). Questi nanocristalli erano trattati in modo tale da rendere la loro superficie porosa cosicché ciascun poro poteva essere riempito con una particella di materiale luminescente colorato (dye), del tipo dei sali con cui si realizzano le vernici luminescenti.

¹³⁷ Detta così dal nome del suo inventore O'Regan, Grätzel, 1991

Le caratteristiche fondamentali apportate dalle nanotecnologie al fotovoltaico sono la possibilità di ridurre drasticamente gli spessori delle celle e l'efficienza di conversione, consentita dai nanocristalli. Un gruppo di ricercatori di Harvard, per esempio, guidato da Charles Lieber, ha documentato su "Nature" il funzionamento di un primo esemplare di nanocavo (nanowire) fotovoltaico e costruito con diversi strati concentrici (coassiali) di ossidi di silicio, a differenti proprietà ottiche ed elettriche. Il nanocavo assorbe i fotoni sul suo strato esterno, eccitando elettroni che passano nel secondo strato e infine formano una piccola corrente nel *core* centrale, in silicio cristallino. Il risultato è una nano-cella tubolare che cattura una quantità significativa di luce nella sua lunghezza, muove elettroni senza intrappolarli in strati troppo spessi, e usa l'anima di silicio cristallino per canalizzare i flussi di corrente¹³⁸.

L'azienda canadese Octillion Corp ha effettuato una ricerca finanziata con i ricercatori presso l'Università dell'Illinois, per lo sviluppo di un prototipo di finestra fotovoltaica, *Nano-Power Window Technology*, utilizzando, nanoparticelle di silicio applicate sul vetro tramite un elettro-spray in grado di formare una pellicola.



Steven Novack, ricercatore del dipartimento dell'Energia dell'Idaho national laboratory negli Stati Uniti a messo a punto un dispositivo in grado di produrre energia dalla banda a infrarossi emessa dal sole, si tratta di un pannello fotovoltaico in grado di funzionare anche nelle ore notturne. Nelle ore notturne, la superficie terrestre riemette raggi infrarossi (a una diversa lunghezza d'onda) e sarebbe proprio questa forma di energia ad alimentare il rivoluzionario pannello. A differenza delle celle fotovoltaiche,

¹³⁸ Il nanocavo di Harvard presenta ancora un'efficienza energetica molto bassa (il 3,4% della luce è convertita in elettricità), contro il 20% delle celle fotovoltaiche in silicio policristallino, ma l'approccio è promettente.

che assorbono fotoni per liberare elettroni e generare energia, il modulo funziona grazie a un sistema di microantenne che entrano in risonanza con la lunghezza d'onda degli infrarossi. Grazie al contributo dell'energia "notturna", il pannello progettato da Novack raggiungerebbe un rendimento complessivo del 46%, nettamente superiore rispetto a quello delle più efficienti celle al silicio attualmente in commercio (che raggiungono il 25% di rendimento).



Una grande prospettiva nell'ambito del fotovoltaico è annunciata dal grafene, per le ricerche su tale nanomateriale due ricercatori dell'università di Manchester, Andre Geim e Konstantin Novoselov, sono stati insigniti del premio Nobel per la Fisica 2010. Il grafene è un materiale ottenuto dalla più comune grafite, costituito da uno strato sottilissimo, monoatomico, di atomi di carbonio legati tra loro esagonalmente a nido d'ape, somiglia quindi a una specie di sottilissimo velo atomico. Questa disposizione consente agli elettroni di muoversi al suo interno con estrema mobilità: in questo micromondo bidimensionale infatti, gli elettroni riescono a viaggiare a velocità altissime, spostandosi come particelle del tutto prive di massa. Si configura quale materiale più sottile del mondo e l'importanza risiede nella sua quasi completa trasparenza e nell'ottima capacità di conduzione elettrica e termica. Si può considerare il materiale più promettente per costruire dispositivi quali *touch screen*, pannelli luminosi e celle solari, ed è anche ottimale per aprire la strada ai futuri computer quantistici. L'interesse per le potenzialità offerte da questo nuovo materiale è stato mostrato da diversi centri di ricerca e industrie. Il Centro Ricerche ENEA, per esempio, nel suo laboratorio Materiali e Dispositivi di Base (UTTB-MDB), ha recentemente realizzato dei campioni di grafene, nell'ambito della sperimentazione di questo nuovo

materiale per la realizzazione di dispositivi sensori e di dispositivi fotovoltaici, utilizzando la stessa tecnica messa a punto dai due fisici.



Questo materiale prospetta inoltre innovazioni anche nell'ambito degli Oled (*Organic lightening emitting diodes*).

Un gruppo di ricercatori coordinati da Giuseppe Gigli, professore di Fisica all'Università del Salento e responsabile della divisione di nanotecnologie molecolari dell'Istituto di Nanoscienze, ha realizzato diverse tipologie di Oled, che già oggi hanno una durata di 100.000 ore, dieci volte superiore a quella delle lampade a basso consumo, e un'efficienza vicina ai 100 lumen per watt, analoga a quella dei migliori prodotti in commercio. Il mondo dell'industria ha già mostrato grande interesse per le potenzialità degli Oled nanostrutturati. Sono in corso ricerche supportate da Guzzini, che mirano a portare la tecnologia Oled su oggetti illuminanti dal design innovativo, dalla società francese Alstrom Fiamm Safety con il Cnr un accordo per sviluppare tecnologie Oled per il settore dell'automotive.

Nella ricerca di nuove soluzioni tecniche ed estetiche alternative, molti studiosi si sono ispirati alla natura. Le piante per esempio sono in grado di assorbire anche la più bassa quantità di energia solare convertendola in energia chimica.

Schede di fotovoltaico nanotech

Nome: Fotovoltaico bioispirato

Tipologia: prototipo

Autore: scienziati del MIT

Luogo e anno: Boston

I ricercatori del MIT di Boston hanno studiato la capacità delle seppie di mimetizzarsi a seconda del fondale che trovano in pochissimi secondi, secernendo sostanze chimiche speciali per modificare la spaziatura tra le loro membrane e di conseguenza il loro colore. Una tecnica, “low-energy” il cui principio è stato applicato nella realizzazione di display ad inchiostro elettronico capaci di utilizzare meno dello 0,01% dell’energia richiesta tradizionalmente.

Il prototipo, messo a punto, misura alcuni pollici e solo un micron di spessore; stipati in questo spazio ristretto ci sono 20–30 strati di polistirolo vetroso alternato a gel di polivinile. In assenza di energia elettrica lo schermo è chiaro, ma applicando una tensione il gel si espande e cambiando il colore a seconda del voltaggio. Il dispositivo sperimentato agisce riflettendo la luce incidente, e ciò significa che in condizioni di assenza di luce risulta ad oggi non funzionante.



Nome : Collettori solari

Tipologia: concept

Autore: Shanghai Jiao Tong University e Saga University

Luogo e anno: Shanghai 2009

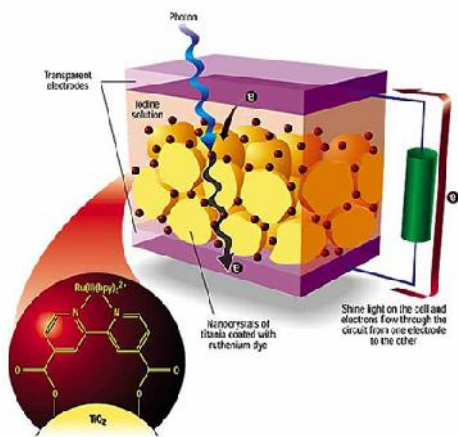
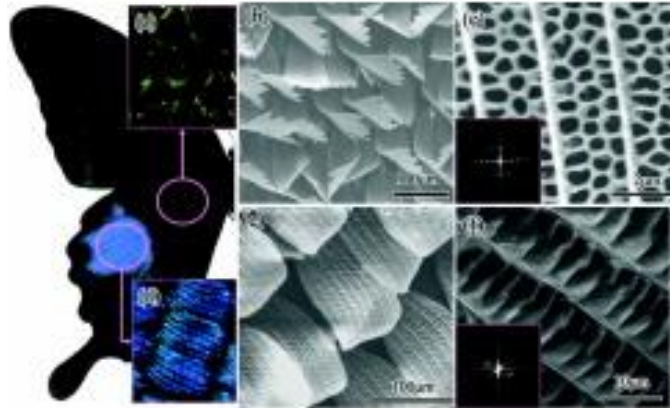
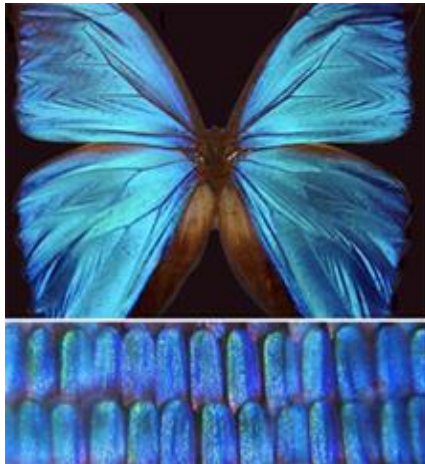
La scoperta che le ali della farfalla della specie *Papilio Paris* fungono da piccoli collettori solari ha portato degli scienziati sino-giapponesi a progettare un efficiente modello di cella solare che può essere utilizzato per alimentare case, aziende e numerose altre applicazioni in futuro.

Le farfalle appartengono alla famiglia dei Lepidotteri, parola che significa letteralmente “ali con le squame”, in relazione alla presenza di minute scaglie, che rivestono l’insetto. È stato scoperto che le scaglie contenenti i pigmenti più scuri sono caratterizzate da una peculiare struttura fisica a nido d’ape che intrappola la luce, rendendola più facile da assorbire; proprio su questa particolarità hanno posto l’attenzione il gruppo di scienziati mentre lavoravano alla messa a punto di materiali capaci di incrementare l’immagazzinamento della luce solare nelle celle organiche. Si tratta nello specifico della realizzazione dei fotoanodi, lo strato di materiale fotoattivo contenente il pigmento, delle celle Grätzel (dette anche celle *dye-sensitized*), che i ricercatori hanno sintetizzato utilizzando le stesse scaglie come trama biologica. Sono stati così ottenuti fotoanodi a triplice struttura, disposti a ricomporre la forma originale delle lamelle sull’ala, calcinati su un film di biossido di titanio anatase¹³⁹. Quest’ultimo riveste un substrato vetroso, ricoperto di ossido di stagno e drogato con il fluoruro. Il risultato è una struttura perfettamente cristallina. I successivi esami di laboratorio hanno dimostrato ai ricercatori che le celle aventi questi microscopici collettori solari siano di gran lunga più efficienti nell’assorbire la luce rispetto al convenzionale fotovoltaico a pigmenti organici. Le analisi dei singoli spettri di assorbimento alla lunghezza d’onda della luce visibile hanno, infatti, conferito un più 10% di rendimento che ha spinto gli scienziati a proseguire nella direzione intrapresa, con la speranza, visto anche la semplicità e la velocità del processo produttivo, di arrivare presto a dispositivi commercialmente validi.

A Michael Grätzel si deve la scoperta delle tinture solari per celle solari sensibilizzate (DSCS) ispirate alla farfalla, come alternativa poco costosa e versatile al tradizionale

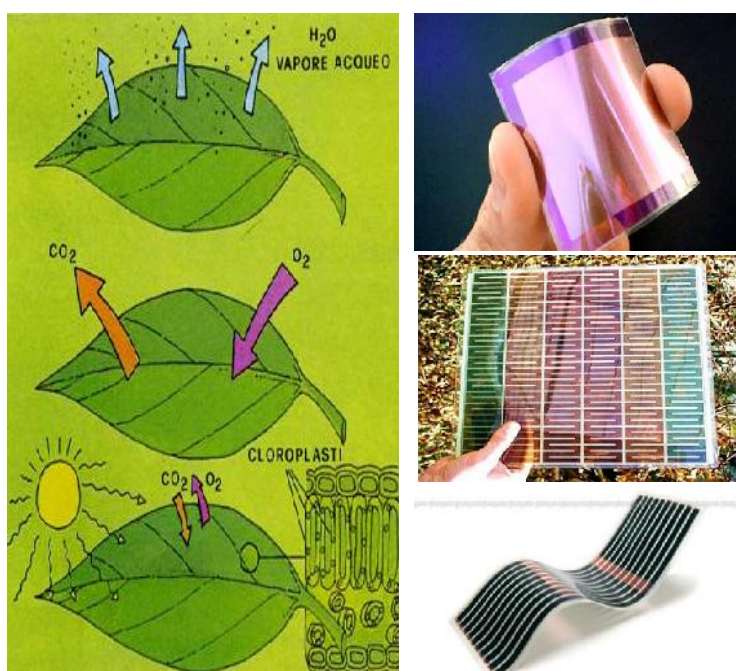
¹³⁹ Il Biossido di titanio in natura è presente in tre forme cristalline diverse: rutilio, anatasio, brookite.

fotovoltaico. La tintura solare DSC è in grado di sopportare alte temperature, funzionando in qualsiasi condizione anche di scarsa illuminazione.



Nome : Nanosolar
Tipologia: concept
Autore: Nano Markets
Luogo e anno: Glen Allen, Virginia 2008

Nano Markets, conduce una serie di ricerche riguardanti i film fotovoltaici sottili Nanosolar o le Nanoantenne, il fotovoltaico organico e stampabile realizzati con materiali tradizionali e di nuova generazione. La struttura di una cella organica è semplice ed efficiente: chiamata “a sandwich”, è composta da un substrato - generalmente fatto di vetro ma anche di plastica flessibile - e da una o più sottilissime pellicole (che contengono i materiali “fotoattivi”), frapposte tra due elettrodi. Il tentativo dei ricercatori è stato quello di “copiare” la fotosintesi clorofilliana, utilizzando una miscela di materiali: alcuni di essi assorbono la radiazione solare, altri estraggono la carica per produrre elettricità.



Tipologia: progetto di ricerca
Autore: Daniel Morse - Università della California
Luogo: Santa Barbara California 2007

La spugna *Tethya aurantia* fa parte della classe delle demospongiae e poiché ha la capacità di produrre filamenti di silicio è detta anche spugna silicea o cornea, ha una struttura scheletrica composta da spicole silicee, spicole e spongina¹⁴⁰ o solo spongina. In particolare, *Tethya aurantia* sfrutta uno dei suoi enzimi, la silicateina, per cristallizzare il silicio naturalmente presente nell'acqua di mare sotto forma di acido. I ricercatori dell'Università della California hanno iniziato a sviluppare un processo analogo a bassa energia che produce strutturato strati di ossido di zinco - un semiconduttore usato per la realizzazione della cella solare. Hanno sperimentato inoltre la possibilità di controllare la struttura del film di ossido di zinco che si deposita lentamente su un substrato di vetro. In questo modo hanno costruito strati cristallini che vanno in spessore 100-300 nanometri.



¹⁴⁰ È una proteina del collagene, che contribuisce alla formazione dell'endoscheletro di molte specie di spugne

Nome: Lily Pad
Tipologia: concept
Autore: Peter Richardson - ZM Architettura
Luogo e anno: Glasgow, Scozia 2008

Il concept consiste nella realizzazione di isole galleggianti come ninfee lungo il fiume Clyde in modo da sfruttare l'energia del sole lungo il fiume. Il design delle Lily Pad si ispira alla natura, ottimizzando l'efficienza di conversione e facilitandone gli spostamenti o lo smontaggio. Le Lily Pad hanno raggiunto il primo posto all'International Design Awards, impressionando il *Glasgow City Council* del *Land and Sea's competition* così tanto che la città sta esaminando un piccolo prototipo in modo da lanciare un progetto pilota in collaborazione con il Glasgow Science Centre.



Nome: Grow

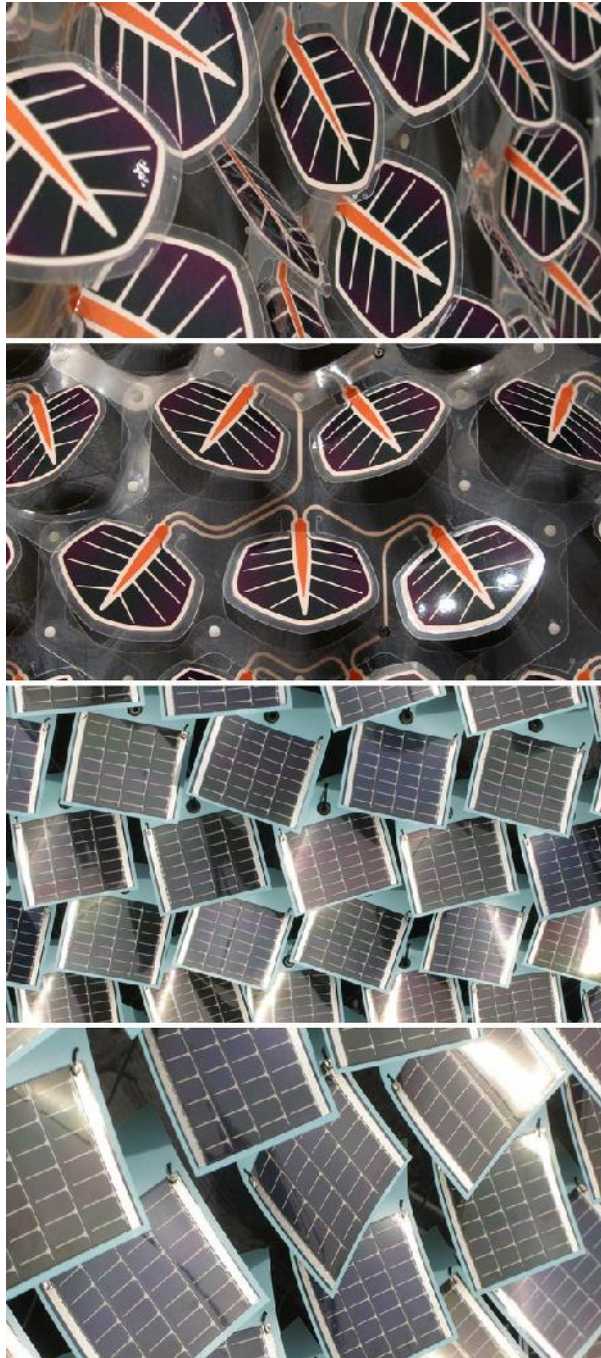
Tipologia: progetto

Autore: Teresa Cochran - SMIT (Sustainably Minded Interactive Technology)

Luogo e anno: New York 2008

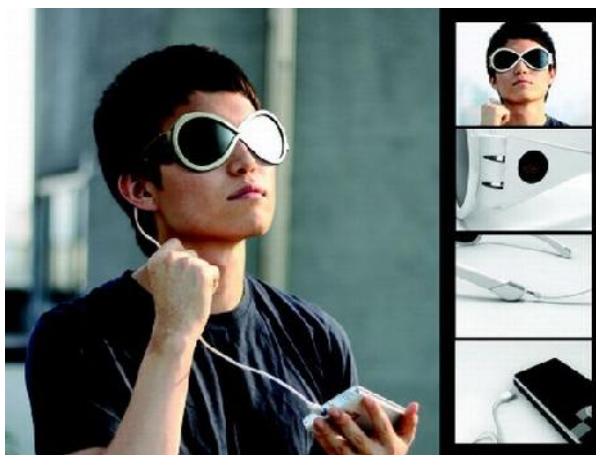
Grow è un progetto nato da un'idea di Teresa Cochran del team di progettazione di una società newyorkese specializzata nel design sostenibile, SMIT (*Sustainably Minded Interactive Technology*) ed è in attesa di brevetto. Esiste in due versioni, Grow 1 e 2: quest'ultimo riguarda l'applicazione delle foglie fotovoltaiche sulle pareti di un'abitazione, mentre il primo è stato esposto al "Design and the Elastic Mind", al Moma di New York. Come progetto successivo a Grow, il team dello studio SMIT intende sviluppare WATTg, un software di monitoraggio di energia in grado di visualizzare i propri valori su un'interfaccia, che verrà integrato a Grow. Si tratta di una struttura modulare formata da piccoli pannelli solari che possono muoversi generando energia. La piccola quantità di energia può essere prodotta sia con vento che con sole. Grow "cresce" come l'edera sulle facciate di un edificio, ma oltre ad avere uno scopo ornamentale, ha la capacità di produrre energia, reinterpretando l'applicazione tradizionale del fotovoltaico alle architetture. I pannellini fotovoltaici della dimensione di una foglia, producono elettricità sfruttando l'energia solare; utilizzano un dispositivo piezoelettrico per trasformare il movimento meccanico dei mini moduli fotovoltaici, spostati dal vento, in elettricità.





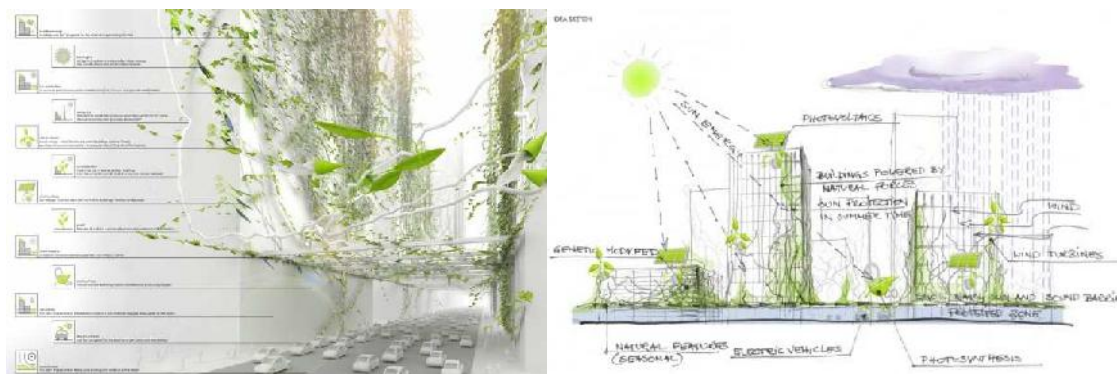
Nome: SIG o Self-Energy Converting Sunglasses
Tipologia: progetto
Autore: Hyun-Joong Kim e Kwang-Seok Jeong
Luogo e anno: San Francisco 2008

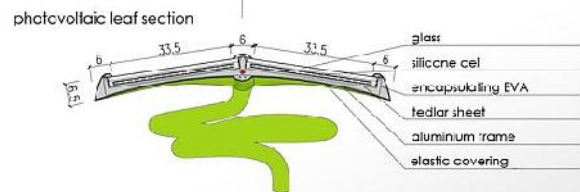
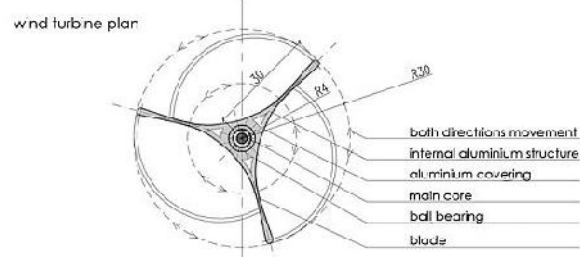
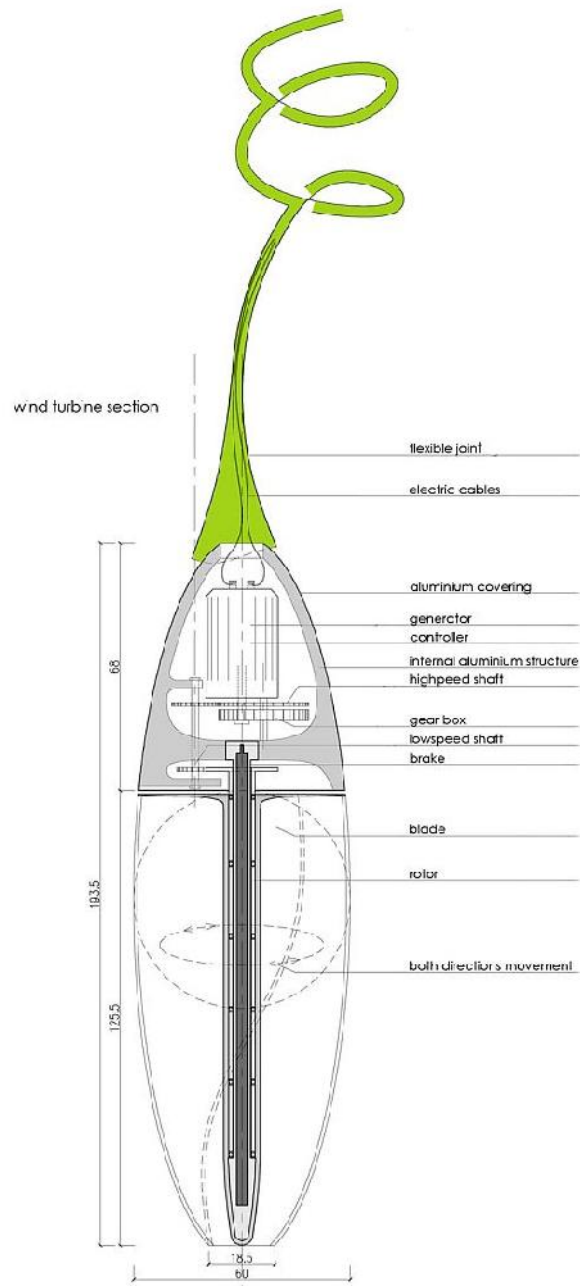
È un dispositivo innovativo per alimentare piccoli apparecchi occhiali da sole multifunzionali fotovoltaici con particelle di materiale organico luminescente colorato (dye); Le lenti sono costruite con nanotecnologie nel cui interno sono presenti delle celle fotovoltaiche che trasformano energia in energia elettrica sufficiente per alimentare ogni sorta di piccoli apparecchio. L'energia catturata dalle lenti viene immagazzinata nella parte posteriore del telaio dei tramite un jack d'alimentazione. Questo progetto ha inoltre la funzione di proteggere gli occhi dalle radiazioni.



Nome: City-vigne
 Tipologia: progetto di ricerca
 Autore: Jakub Fiszer e Piotr Pyrteke Tomasz Salamon
 Luogo e anno: Polonia 2010

Gli architetti polacchi Jakub Fiszer e Piotr Pyrteke Tomasz Salamon hanno presentato una proposta davvero futuristica, per rendere le nostre città più verdi e forse più vivibili. Si stima che nel 2013 più della metà della popolazione mondiale vivrà in insediamenti urbani. Il ritmo di urbanizzazione ha lasciato le nostre città con una costante mancanza di infrastrutture, livelli di inquinamento elevato e pochi progetti di architettura urbana. Alla base del progetto degli architetti polacchi vi è l'idea di fare ricorso alle più recenti tecnologie a scala nanometrica. L'intento è quello di coprire con viti, alcune città tra le più inquinate del mondo. City-vigne fornirà riparo alle intemperie, attraverso pensiline verdi, diminuirà le quantità di CO₂ e sarà anche una fonte di bio-combustibili (foglie e legno di scarto) che alla fine andrà a sostituire il consumo di energia fossile.





Conclusioni

Nel corso del secolo corrente il rapporto fra tecnologia natura e design è divenuto inscindibile. Già all'inizio del XX secolo l'immaginario scientifico seguito alla scoperta del mondo subatomico aveva generato una nuova visione della realtà e la conseguente configurazione di scenari progettuali, secondo i quali il progetto dell'oggetto non può prescindere dall'analisi della natura.

Le rivoluzioni tecnico-scientifiche del XXI secolo, connesse allo studio della materia a scala nanometrica, hanno riaperto la questione dell'analisi dei fenomeni e delle logiche naturali e nell'ambito del design hanno offerto agli stessi scenari nuove prospettive e nuove valenze di design sostenibile.

Emerge una nuova figura quella del "designer scientist" il cui apporto consiste nell'attitudine ad afferrare il senso dei cambiamenti in atto negli ambiti della scienza, della tecnologia, dei comportamenti sociali e di tradurli in concept di progetto, nella capacità di ricondurre le acquisizioni scientifiche alla dimensione della vita dell'uomo e di interpretare le tecnologie in modo da costruire interfacce adeguate alla loro fruizione contemporanea.

Secondo il nuovo processo progettuale il fine ultimo non è il progetto dell'oggetto ma il progetto del materiale-oggetto, inteso nella sua dimensione di elemento facente parte dell'ambiente. Tale idea costituisce la base di uno scenario progettuale fondato sulla consapevolezza che il mondo non è costituito da una serie di oggetti separati, ma da una rete di fenomeni interconnessi e interdipendenti, secondo una nuova visione del mondo

che Fritjof Capra definisce visione olistica o ecologica¹⁴¹. L'interdipendenza dei fattori costituenti la realtà in cui viviamo, implica la complessità del processo di conoscenza, che in quanto tale può, essere compiuto solo attraverso relazioni fra ambiti di ricerca.

Nel secolo corrente le tecnologie a scala nanometrica, che si configurano quali tecnologie interdisciplinari, hanno permesso di sondare la natura in maniera profonda svelando logiche altrimenti non conoscibili e costituendo un possibile strumento mediante il quale dare atto all'approccio olistico del mondo.

Il design che ricorre all'impiego delle innovazioni apportate dalle tecnologie traducendole in oggetti viventi che interagiscono con l'ambiente è ciò che si può definire design della Tecno-Natura.

¹⁴¹ Capra F., *La rete della vita*, Trebaseleghe (Pd) 2008. Il fisico austriaco impiega nel testo l'aggettivo "ecologico" con un significato più ampio di quello etimologico, ovvero intende la caratteristica interdipendenza di tutti i fenomeni e il fatto che, come esseri individuali e sociali tutti incidiamo sui processi ciclici della Natura.

Bibliografia

- Angeli Sachs (a cura di), *Nature Design From Inspiration to innovation*, Museum Fur Gestaltung Zurich ed. Settembre, Zurigo 2007
- AA.VV., *Design and Elastic Mind*, Museum of Modern Art New York ed. 2008
- Badalucco Laura, Medardo Chiapponi, *Energia e Design. Innovazioni di prodotto per la sostenibilità energetica*, Carocci ed. Roma 2009
- Benyus Janine M., *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, Kindle ed. New York 1997
- Boeing Niels, *Invasione delle nanotecnologie*, Orme ed., Azzate (Va) 2006
- Bucchetti Valeria, *Packaging design. Storia, linguaggi, progetto*, Franco Angeli ed., Milano 2005
- Cardillo Marco, Ferrara Marinella, *Materiali intelligenti, sensibili, interattivi .vol. 02 materiali per il design*, Lupetti ed., Milano 2008
- Capra Fritjof, *La rete della vita*, BUR Scienza ed., Trebaseleghe (Pd) 2008
- Cecchini Cecilia, *Plastiche: i materiali del possibile. Polimeri e compositi tra design e architettura*, Alinea ed., Firenze 2004
- Celaschi Flaviano, Deserti Alessandro, *Design e Innovazione Strumenti e pratiche per la ricerca applicata*, Carocci ed., Roma 2007
- Clino Trini Castelli, *Il lingotto primario, Progetti di design primario alla Domus Accademy*, Arcadia ed., Milano 1985
- De Fusco, Renato, *Storia del design*, Laterza ed., Bari 2005
- Dorfles Gillo, *Introduzione al disegno industriale. Linguaggio e storia della produzione di serie*, Einaudi ed., Torino 2001,
- Denison Edward, *Progetti di packaging*, (a cura di) Rossella Botti, Logos ed., Modena 2007
- Ferrara Marinella, *Materiali e innovazioni nel design*, Gangemi ed., Roma 2004
- Ferrara Marinella, *Materiali e innovazioni nel design. Le microstorie*, Gangemi ed., Roma 2004
- Ferrara Marinella e Lucibello Sabrina (a cura di) *Design follows materials*, Alinea ed, Firenze 2009
- Gershenfeld Neil, *Quando le cose iniziano a pensare. Come gli "oggetti intelligenti" rivoluzioneranno la vita quotidiana*, Garzanti ed., Milano 1999

- Greenfield Susan, *Gente di domani*, Newton & Compton ed., Roma 2003
- Gregotti Vittorio, *Il disegno industriale del prodotto industriale. Italia 1860-1980*, Electa ed., Milano 1980
- Johansen John M., *Nanoarchitecture: A New Species of Architecture*, Princeton Architectural Press ed, New York 2002
- Langella Carla , *Hybrid design. Progettare tra tecnologia e natura*, Franco Angeli ed., Milano 2007
- Levi Marinella, Rognoli Valentina, Salvia Giuseppe, *Il progetto della natura. Gli strumenti della Biomimesi per il design*, Franco Angeli ed., Milano 2009
- Maldonado Thomas, *Disegno industriale un riesame*, Feltrinelli ed., Milano 2001
- Maldonado Thomas, *Il futuro della modernità*, Feltrinelli ed., Milano 1987
- Maldonado Thomas, *Reale e virtuale*, Feltrinelli ed., Milano 1994
- Manzini Ezio, *La materia dell'invenzione*, Arcadia ed., Milano 1989
- McDonough William, Braungart Michael, *Dalla culla alla culla*, Blu ed. S.r.l., San Mauro (To) 2003
- Mokyry Joel, *I doni di Atena. Le origini storiche dell'economia della conoscenza*, Il Mulino ed., Bologna 2004
- Molotch Harvey, *Fenomenologia del tostapane*, Cortina Raffaello ed., Milano 2005
- Narducci Dario, *Cosa sono le nanotecnologie*, Sironi ed., Milano 2008
- Narducci Dario, *Le nanotecnologie. Istruzione per l'uso della prossima rivoluzione scientifica*, Sironi ed., Milano 2008
- Pacchioni Gianfranco, *Idee per diventare scienziato dei materiali. Dall'invenzione della Carta alle nanotecnologie*, Zanichelli ed., Bologna 2009
- Pacchioni Gianfranco, *Quanto è piccolo il mondo. Sorprese e speranze dalle nanotecnologie*, Zanichelli ed., Bologna 2006
- Rognoli Valentina, Levi Marinella, *Materiali per il design: espressività e sensorialità*, Polipress, Milano 2005
- Russo Ugo, *La matematica e la conoscenza dell'universo*, Federico & Ardia ed., Napoli 1982
- Saffer Dan, *Design dell'interazione. Creare applicazioni intelligenti e dispositivi ingegnosi con l'Interaction Design*, Bruno Mondadori ed., Torino 2007

- Sinopoli Nicola (a cura di), *Design italiano: quale scuola?*, Franco Angeli ed, Milano 1990
- Thagard Paul, *Rivoluzioni concettuali, le teorie scientifiche alla prova della conoscenza artificiale*, Guerini e Associati ed., Milano 1999
- Vezzoli Carlo, Manzini Ezio, *Design per la sostenibilità ambientale*, Zanichelli ed. Milano 2007
- Villani Giovanni, *La chiave del mondo. Dalla filosofia alla scienza: l'onnipotenza delle molecole*, CUEN ed., Napoli, 2001
- Vitta Maurizio, *Il progetto della bellezza. Il design fra arte e tecnica 1851-2001*, Einaudi ed., Torino 2001

Riviste

- AA.VV. "Economia e Ambiente", Anno XXVII, N. 1-2 Gennaio-Aprile 2008
- Baldon Galdino (a cura di) "I quaderni delle nanotecnologie" Veneto Nanotech, Cadoneghe (Pd) 2006
- Bray F., "Nano packaging, la nuova frontiera", *Rivista delle Tecnologie Alimentari*, Ottobre 2008 pp.48-49
- De Lisi R., "Nanotecnologie per un design sostenibile", in *DID* n°41, anno 2009, pp.84-89
- Dell'Aglio L. "Sciami di robot a difesa delle città", *Il Sole 24 ore*, 23 Gennaio 2004, pp. 11
- Di Zitti E., Ricci D., Daniele D. Caviglia "Nanotecnologie e ict: Potenzialità e prospettive" *Mondo digitale* n. 3, Settembre 2004 pp.3-20
- Fachin E., "Arti Maggiori, minori e minime", intervista Robin Goode e Alessandro Scali *AfterVille* politecnici e multimediali, anno 1 n.0, autunno-inverno 2007
- Gelain F., "Le nanotecnologie: mercato ed investimenti", n.71/2007, Registrazione Tribunale di Milano N. 565 del 5 Ottobre 2003
- Lucibello S. (a cura di), "Nature & Materials in Design", in *DID* n. 38 anno VII, 2009
- Maggi C., "Il fotovoltaico, stato dell'arte e aspettative", Laboratorio Energia ERG Enea, in *ARPA* n. 5 Settembre-Ottobre Bologna 2006

- Marino G., “Innovazione Materica e Design, indicazioni per la scelta consapevole di materiali di nuova generazione”, in *Quaderni di Design*, Politecnico di Torino 2008
- Massari S., “Le nanotecnologie”, in Leoci B., *Cicli produttivi e merci*, tomo II, Aracne ed., Roma 2007
- Schulenburg Mathias, “La nanotecnologia. Innovazione per il mondo di domani” Ed. Commissione Europea, Direzione Generale Ricerca, Unità Informazione e Comunicazione, Bruxelles 2004

Tesi

- Bonadies I., “Nanocompositi a matrice pvc”, Dottorato di Ricerca in Ingegneria dei materiali e delle strutture XXII ciclo, Dipartimento di Ingegneria dei materiali e della produzione, relatore: prof. Domenico Acierno tutor prof Cosimo Carfagna dott.ssa Maria Errico
- Mariano M. J., “Le innovazioni nel packaging nella prospettiva delle nuove tecnologie. Nuovi approcci comunicativi”, Tesi di Laurea a.a. 2007/2008, relatore: Riccini R. - Corso di Laurea Specialistica in Comunicazioni Visive e Multimediali, Università Iuav Venezia
- Toso D., “Systems design applicato alla filiera del legno dell’alta Val Chisone”, Tesi di Laurea a.a. 2006/2007, Relatore: Bistagnino L. -Corso di Laurea Specialistica in Design del Prodotto Ecocompatibile, Facoltà di Architettura Politecnico di Torino

Sitografia

- www.alessiagiardino.com
- www.architetturaedesign.it
- www.architecture.mit.edu
- www.azonano.com
- www.biomimicryguild.com
- www.cristalplant.it
- www.d3o.com
- www.design.philips.com

- www.dezeen.com
- www.gzespace.com
- www.genitronsviluppo.com
- www.h2ovisions.com
- www.hylozoicground.com
- www.industrialdesign.altervista.org
- www.liquida.it
- www.metropolismag.com
- www.moma.org
- www.nanoarte.it
- www.nanofoum.it
- www.nano.gov
- www.paxstreamline.com
- www.philipbeesleyarchitect.com
- www.ricercaitaliana.it
- www.room50.org
- www.scienzaearte.it
- www.sugru.com
- www.susana-soares.blogspot.com
- www.theearthawards.org
- www.venetonanotech.it
- www2.polito.it
- www.politicheinnovazione.eu
- www.zyvex.com