

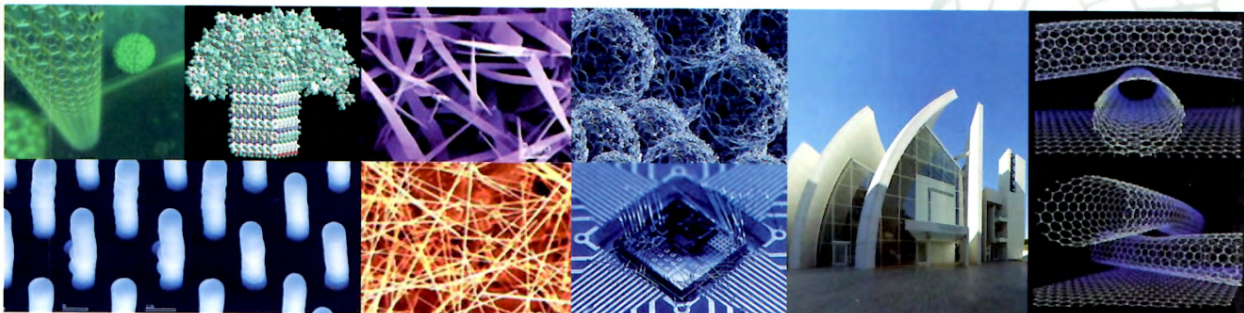
Atti del I° Convegno Internazionale

NANOTECH FOR ARCHITECTURE

innovative technologies, techniques and nanostructured materials



Palermo, 26/28 Marzo 2009



a cura di

Alberto Sposito

LUCIANOEDITORE

ISBN **88-6026-0000**

© 2009 by ALBERTO SPOSITO, DPCE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

© 2009 by LUCIANO EDITORE - Napoli
Via P. Francesco Denza, 7
80138 Napoli
Tel./Fax 081.5525472 - 081.5528888
<http://www.lucianoeditore.com>
e-mail: editoreluciano@libero.it

ATTI DEL I CONVEGNO INTERNAZIONALE
NANOTECH FOR ARCHITECTURE
Palermo 26-28 Marzo 2009

A cura di Alberto Sposito

LUCIANOEDITORE

ATTI DEL I CONVEGNO INTERNAZIONALE *NANOTECH FOR ARCHITECTURE*, PALERMO 26-28 MARZO 2009

Con il Patrocinio di: Senato della Repubblica, Università degli Studi di Palermo, D.P.C.E. - Dipartimento di Progetto e Costruzione Edilizia, SITdA - Società Italiana di Tecnologia dell'Architettura, Ordine degli Architetti Pianificatori Progettisti Conservatori della Provincia di Palermo, Ditta Palladio e Ditta Atria.



Pubblicazione realizzata con Fondi del Programma di Ricerca Scientifica di Rilevante Interesse Nazionale, PRIN 2006. Titolo della Ricerca: *Recupero e Conservazione dei Beni architettonici: Materiali nanostrutturati e Tecnologie innovative* - Coordinatore Scientifico: Prof. Arch. Alberto Sposito. Il Programma è stato svolto da tre Unità di Ricerca: UR1, responsabile scientifico Prof. Arch. Alberto Sposito, Università degli Studi di Palermo; UR2, responsabile scientifico Prof. Stefana Milioto, Università degli Studi di Palermo; UR2, responsabile scientifico Prof. Pasquale Piraino, Università degli Studi di Messina.

Responsabile Scientifico

Prof. Alberto Sposito, Università degli Studi di Palermo

Comitato Scientifico Internazionale

Prof. Tor Broström, Gotland University, Svezia.

Prof. Marie C. Comerio, University of California Berkeley, Department of Architecture, U.S.A.

Prof. Rodica Crisan, "Ion Mincu", University of Architecture & Urbanism, Bucarest, Romania.

Prof. Paolo Felli, Presidente della SITdA, Università degli Studi di Firenze.

Prof. Seeram Ramakrishna, Singapore National University, N.U.S.

Comitato Promotore

Prof. Giuseppe De Giovanni e Prof. Stefana Milioto, Università degli Studi di Palermo.

Prof. Pasquale Piraino, Università degli Studi di Messina.

Prof. Enrico Ciliberto, Università degli Studi di Catania.

Dott. Patrizia Livreri (Progetto BC Nanolab), Dott. Antonella Mamì, Dott. Rosa Maria Vitrano, Università degli Studi di Palermo.

Segreteria Organizzativa

Arch. Francesca Scalisi (responsabile), con gli archh. Federica Fernandez, Vanna Lisa Ruggirello, Maria Daniela Tantillo, Rosalia Guglielmini, Alberto Lucchesi Palli e Carmelo Cipriano.

Segreteria Amministrativa

Dott. Elisabetta Gucciardo e Teresa Bellina, D.P.C.E., Università degli Studi di Palermo.

Progetto Grafico

Arch. Pietro Artale

Revisione Editoriale

Arch. Francesca Scalisi

INDICE

PRESENTAZIONI

Prof. Arch. A. Sposito – Apertura dei Lavori	11
Prof. R. Lagalla - Rettore dell'Università degli Studi di Palermo	13
Prof. Arch. P. Felli - Presidente SITdA, Università degli Studi di Firenze	17
Prof. Ing. G. Fatta - Direttore del D.P.C.E., Università degli Studi di Palermo	21
Prof. Ing. P. Livreri – Coordinatore Progetto BC NanoLab	25

RELAZIONE INTRODUTTIVA

Prof. Arch. A. Sposito - Ordinario in Tecnologia dell'Architettura, Università degli Studi di Palermo <i>Nanotecnologie: Stato dell'arte e prospettive per l'architettura</i>	29
---	----

PARTE PRIMA: Le ricerche nel settore della nuova architettura

M. Dringoli, P. Fiamma <i>Architecture from nanotechnologies research vision about the future cognition of the built environment</i>	57
M. Dringoli, P. Fiamma, S. Pasquali <i>Nano-materials for the quality of public spaces</i>	69
R. Maspoli <i>La concretizzazione dell'immaginario tecnologico delle avanguardie</i>	79
F. Scalisi	

<i>La nanotecnologia per l'innovazione architettonica</i>	93
G. De Giovanni <i>Nanotecnologie per l'architettura temporanea</i>	101
P. L. Maffei, E. Massano <i>Benessere ambientale e razionale uso di energia rinnovabile</i> <i>Contributo della nanotecnologia per dare valore alla domotica</i>	117
I. P. Parkin, R. Binions, M. Saeli, C. Piccirillo <i>Functional Thin Films for Glazing Application</i>	129
V. Zacchei. <i>Film d'architettura: superfici funzionalizzate e coating attivi</i> <i>per il sistema involucro. Modelli di simulazione per supporti trasparenti</i>	141
D. Enea, G. Guerrini <i>Materiali cementizi fotocatalitici per il rivestimento superficiale di edifici</i>	151
R. Binions, I. P. Parkin, M. Saeli, C. Piccirillo, <i>Vanadium dioxide and gold nanocomposite films for glazing application</i>	163
M. Losasso, M. F. Leone <i>Tecnologie dematerializzate e tailor made.</i> <i>I materiali cementizi nano strutturati</i>	175
B. Daniotti, G. Guerrini, S. Lupica Spagnolo <i>La durabilità dei prodotti cementizi fotocatalitici: analisi del</i> <i>comportamento nel tempo mediante prove di invecchiamento accelerato</i>	189
M. Saeli, I. P. Parkin, R. Binions, C. Piccirillo, I. Ridley <i>Energy modelling studies of enhanced glazing</i>	199
M. F. Leone <i>Eco-efficiency of nanoengineered concrete</i>	213
C. Sposito <i>Nanotecniche per l'illuminazione</i>	229

PARTE SECONDA - Le ricerche nel settore dell'architettura storica

A. Sposito, S. Milioto, P. Piraino <i>Materiali nanostrutturati e tecnologie innovative per il recupero e la conservazione dei beni architettonici: un approccio interdisciplinare</i>	237
R. De Lisi, G. Lazzara, S. Milioto, N. Muratore <i>Nanostructured systems functional to the recover and conservation of cultural heritage</i>	251
P. Cardiano, P. Piraino <i>Materiali nanostrutturati per la conservazione del patrimonio architettonico</i>	265
A. Sposito, F. Fernandez, V. L. Ruggirello, F. Scalisi <i>Sperimentazione di materiali nano strutturati in ambito archeologico</i>	273
F. D'Agostino, A. Sposito <i>Caratterizzazione di nuovi consolidanti nanostrutturati applicati su lapidei naturali</i>	291
C. Bertolini Cestari <i>The activity of Politecnico di Torino in the field of nanotechnologies applied to Cultural Heritage</i>	301
C. Bertolini Cestari, T. Marzi, S. Invernizzi, J. M. Tulliani <i>Timber construction in cultural heritage: use of nanotechnologies for conservation, reinforcement and maintenance</i>	305
L. Carruba, M. P. Casaletto, M. Brai <i>Un nuovo approccio metodologico alla pulitura di materiale lapideo</i>	315
M. Fiore, M. P. Casaletto, M. Brai <i>Studio del degrado indotto da Sali solubili su materiali lapidei nelle ex-carceri dello Steri a Palermo</i>	323
A. Carollo, M.P. Casaletto, M. Brai <i>Valutazione dello stato di degrado di materiali lapidei in contesti archeologici: Il teatro antico di Taormina</i>	333
M. Brai, A. Campodonico, G. Gennaro, M. Marrale, T. Schillaci, L. Tranchina <i>Mural salts characterization of "Penitenziati" mural paintings in Chiaramonte Palace (Palermo)</i>	341
M. Brai, A. Gennaro, M. Marrale, T. Schillaci, L. Tranchina <i>Integrated characterization study of building materials in</i>	

<i>the Greek-Roman theatre of Taormina</i>	355
I. Vita, F. Fernandez, M. Scognamiglio, L. Bellanca <i>Applicazione di prodotti nanostrutturati per la protezione di superfici storiche nella Cappella Palatina (PA)</i>	369
C. Randazzo, F. Fernandez, M. Scognamiglio, L. Bellanca <i>Dispersioni di nanocalce per il consolidamento delle pitture murali di Palazzo Ajutamicristo a Palermo</i>	381
G. Alessandrini, P. Cornale, S. Gross, G. Ighany <i>Trattamenti a base di TiO₂ nanocristallino ad azione protettiva indiretta fotocatalitica applicati ai beni architettonici</i>	393
R. Riva Sanseverino <i>Nanotechnologies and Cultural Heritage: a cognitive map for the territory of Agrigento</i>	403
R. De Lisi, G. Milazzo, N. Muratore, L. Pellegrino <i>The urban map of the Grammichele city (CT): novel gels used for the restoration of a painted stone work of art</i>	415

PRESENTAZIONI

APERTURA DEI LAVORI

Prof. Arch. Alberto Sposito

Iniziamo i lavori di questo Primo Convegno Internazionale NANOTECH FOR ARCHITECTURE, ricordando che le tecnologie innovative e, in particolare, le nanotecnologie costituiscono ambiti d'investigazione multidisciplinare, che coinvolgono vari settori di ricerca: dalla biologia molecolare alla chimica, dalla scienza dei materiali alla fisica, all'ingegneria. Nell'ultimo decennio le applicazioni delle nanotecnologie si sono ampliate rapidamente e oggi interessano tutti i settori dell'industria, con notevoli implicazioni economiche. La loro pervasività è dovuta soprattutto all'impatto sui materiali: dal legno al tessile fino ai materiali cementizi autopulenti, consentendo ad essi nuove caratteristiche ed insolite prestazioni. La diffusione di conoscenza sulle nanotecnologie, sui nanomateriali e sui loro utilizzi rappresenta oggi una necessità, data la mancanza di consapevolezza delle enormi possibilità che le nanotecnologie offrono in termini di sviluppo di materiali, tecniche ed applicazioni. In particolare, nel settore dell'architettura, includendo in questo settore sia le nuove costruzioni, sia i Beni Culturali e la loro conservazione, sembra che le nanotecnologie stiano fornendo un notevole impulso all'innovazione nei processi e nei prodotti tradizionali.

Questo primo Convegno mira a promuovere la conoscenza delle nanotecnologie e delle applicazioni nel settore dell'architettura, offrendo una panoramica sulle attività di ricerca in corso, in ambito nazionale e internazionale, sulle tecniche e sui prodotti esistenti sul mercato. In altri termini questo Convegno vuole costituire una valida occasione per verificare lo stato dell'arte nell'applicazione delle nanotecnologie all'architettura, nonché un'opportunità di confronto e di scambio tra rappresentanti delle istituzioni pubbliche e dell'industria, al fine di stimolare l'avvio di iniziative e di collaborazioni, in grado di promuovere e facilitare l'impegno in questo campo. Diverse sono le aree tematiche proposte: sulla Innovazione tecnologica, sulle nanotecnologie e sul loro governo; 2) sulle ricerche che si riferiscono alle nuove costruzioni; 3) sulle ricerche che investono il settore dei Beni Culturali; 4) sui prodotti nanostrutturati.

Nel Comitato Scientifico Internazionale abbiamo invitato il Prof. Tor Broström dell'Università di Gotland, Svezia, la Prof.a Marie C. Comerio della University of California Berkeley, Department of Architecture U.S.A., la Prof. Rodica Crisan, "Ion Mincu", University of Architecture & Urbanism di Bucarest Romania, il Prof. Paolo Felli, Presidente della SITdA e Ordinario all'Università degli Studi di Firenze, il Prof. Seeram Ramakrishna, della Singapore National University N.U.S., che non potrà essere presente a causa di sopraggiunti impegni.

E prima di dare la parola al nostro giovane e Magnifico Rettore, Prof. Roberto Lagalla, leggo il telegramma inviatomi dal Presidente del Senato della Repubblica, On.le Renato Schifani: Concomitanti impegni non mi consentono di essere tra Voi ma voglio esprimere tutto il mio apprezzamento per aver dato vita all'iniziativa, che rappresenta un'occasione preziosa per approfondire il tema delle nanotecnologie applicate nei settori dell'architettura e dell'edilizia e per fare il punto sulla loro diffusione nel nostro Paese. Augurando pieno successo al Convegno, invio a lei e a tutti coloro che interverranno i miei più cordiali saluti.

SALUTI DEL RETTORE

Prof. Roberto Lagalla

Ringrazio il Prof. Alberto Sposito, che mi ha presentato come giovane rettore; grazie per il giovane, naturalmente mi riferisco alla carica e non ai dati anagrafici. In ogni caso è già sufficiente il breve tempo intercorso dall'insediamento, per farmi invecchiare: non però per farmi pentire dalla scelta, anche se, sicuramente, per farmi sentire pienamente consapevole delle difficoltà - e per certi versi vorrei dire della drammaticità - che in questo momento vive e sopporta il sistema universitario nazionale. E con esso ovviamente il mondo della ricerca e dell'innovazione.

Proprio ieri e l'altro ieri a Roma, abbiamo avuto una serie d'incontri con il Ministro Gelmini, con i Parlamentari e con le competenti Commissioni, sia della Camera che del Senato, ed in tale sede abbiamo ribadito come i Rettori delle Università italiane, che sono a capo del sistema accademico, siano estremamente preoccupati dell'insufficiente trasferimento di risorse, all'orlo del collasso dell'Università, anche se essi si rendono ben conto che ci troviamo in un momento di crisi generale del sistema. Tutto ciò potrebbe mettere gravemente e severamente a repentaglio la continuità dell'azione formativa e lo sviluppo della ricerca italiana.

Va detto al riguardo che abbiamo trovato nella controparte - anche se propriamente non di una controparte si tratta - una notevole attenzione, ravvisabile in tutta la rappresentanza politica, sia nello schieramento della maggioranza, sia nello schieramento dell'opposizione: il tema della cultura e della formazione costituisce infatti un problema che deve prescindere dagli schieramenti. Tuttavia, se pure abbiamo trovato una notevole sensibilità rispetto al problema, abbiamo anche riscontrato, né diversamente avrebbe potuto essere, la rappresentazione evidente di una difficoltà complessiva del Paese nel momento drammatico di crisi economica e finanziaria, una difficoltà che in qualche modo attraversa non solo l'Italia, ma tutti i Paesi del mondo occidentale industrializzato.

È assolutamente chiaro, che questo momento di crisi - come più volte ha autorevolmente ribadito il Presidente della Repubblica Giorgio Napolitano - ci impone una riflessione seria e consapevole, ed inoltre - consentite di dirlo così come ho fatto più volte in queste settimane ed in questi mesi - esso ci impone anche un processo di autoriforma e di autocritica. Il nostro sistema, probabilmente, è stato vissuto - rispetto ad alcuni aspetti non sostanziali e non essenziali - al di sopra delle capacità reali e delle possibilità economiche concrete. Abbiamo dunque la necessità, come responsabili dell'istruzio-

ne superiore e dell'alta formazione, di portare al tavolo della negoziazione istituzionale delle proposte costruttive, insieme ai frutti di una riflessione attenta; questa non può prescindere da una profonda revisione interna del sistema degli Atenei e del sistema dell'alta formazione e della ricerca.

Indubbiamente, è difficile essere il Rettore di un Ateneo, nel momento in cui occorre imporre forzatamente la necessità del cambiamento e la restrizione rispetto a determinati scenari in qualche modo ritenuti acquisiti e, come tali, presupposto di prassi ormai consolidate. È chiaro tuttavia che se venissimo meno - se venissi meno io stesso - al compito di doverosa attenzione, che in questo momento è necessario porre alla rivisitazione complessiva del sistema, verremmo meno al mandato che la situazione contingente inevitabilmente impone, quello, cioè, di traghettare la struttura complessiva dell'alta formazione e della ricerca verso modelli nuovi e diversi, rispetto a quelli che fino a questo momento hanno connotato i vari passaggi del sistema attuale. È un tema sul quale il dibattito appare continuo, diffuso, e, in un certo senso, a tutti possibile; ma è anche, al tempo stesso, un tema estremamente difficile da concretizzare in azioni operativamente efficaci ed economicamente rilevanti. Attorno alla consapevolezza di questa implicita, enorme difficoltà, chiedo la responsabilità e l'impegno di tutti gli organi dell'Ateneo e di ogni singolo Docente di quest'Ateneo, con l'obiettivo di un ridisegno totale, costruito a misura di studente e della più autentica efficacia dell'offerta formativa, magari talvolta tralasciando quell'abitudine all'autoreferenzialità del corpo Docente che troppo spesso è stigmatizzata. Quest'azione, oggettivamente rivolta verso il core business delle Università, che sono gli studenti, il loro livello di apprendimento e il loro livello di confidence rispetto al sistema e rispetto all'offerta, è e resta estremamente necessaria.

Ecco, il core business dell'Università è certamente quello della documentata e documentabile capacità di produrre innovazione e di assistere positivamente i processi di sviluppo e di avanzamento delle conoscenze. Solo su questi temi di una standardizzazione di parametri, rilevabili attraverso processi oggettivi di valutazione, noi saremo in condizione di rifondare in qualche modo - in modo più credibile ed opportuno - la proposta complessiva del sistema universitario italiano e di quello locale in particolare. Questo è il momento che attraversiamo e questo è quindi il problema che ci troviamo a volere superare, nell'interesse della prospettiva dell'istituzione, che va salvaguardata al di là delle persone e al di là delle contingenze. In questo quadro, come dicevo, emergono come sostanziali sia il tema della innovazione, sia quello della competitività; essi, nel rapporto con il mondo dell'impresa e con il mondo della produzione, attraverso il trasferimento tecnologico delle conoscenze, stanno registrando un importante e fondamentale momento di presenza diffusa dell'Università.

Il Convegno Nanotech for Architecture, che l'amico Prof. Alberto Sposito, che ringrazio anche per aver scelto il Palazzo Steri, sede del Rettorato, come luogo inaugurale dello svolgimento di queste attività, si inserisce a pieno titolo nel quadro delle difficoltà odierne e di un loro necessario superamento, attraverso ricerche di grande attualità e di prevedibile ricaduta economica. Questa manifestazione e questo Convegno, insomma, s'inscrivono nel modello di aggiornamento scientifico e nella ricerca sui temi dell'inno-

vazione e della modernità; temi che partono da un'esigenza disciplinare, per assumere le connotazioni e la valenza di una specificità interdisciplinare. Evidentemente, nel momento in cui si parla di nanotecnologie - una frontiera o, se preferite, un'area di confine culturale e scientifico, verso la quale confluiscono tutta una serie di competenze specialistiche - si allude specificatamente ad un'area di elaborazione culturale e scientifica, che è luogo deputato di rapporti interdisciplinari fra scienze di base e saperi fondamentali, come la fisica, la chimica ed altre scienze applicate, tra cui ovviamente la tecnologia dei materiali. A valle, il trasferimento delle nozioni acquisite si rivolge ad operazioni più complesse, sotto il livello della fruizione complessiva, le quali trovano sbocco in discipline come il restauro o come la scienza delle costruzioni, per sfociare infine in un ambiente che si connota sempre di più per la ricerca di eco-compatibilità e per l'esigenza di armonizzare il territorio con il contesto urbano nel suo complesso. Si tratta, in conclusione, dell'applicazione specifica di un tema moderno, affrontato in chiave interdisciplinare, così com'è corretto che sia, e condotto con il supporto delle esperienze di più scuole nazionali e internazionali. Inoltre, un convegno di questo tipo ha il potere di costruire una sorta di audit culturale e scientifico, utile per misurare il proprio livello di operatività attuale e per rivalutare o trovare gli spunti più appropriati all'azione di ricerca.

In questi mesi, sto lavorando e ho lavorato presso il Ministero dell'Università onde procedere, anche con la collaborazione istituzionale del Governo Regionale, all'ottimizzazione della fruizione e della finalizzazione di quelli che saranno i fondi del Programma Operativo Nazionale (PON) Ricerca e Innovazione, un programma che promette un flusso di finanziamento importante verso la Regione Sicilia, ancora inclusa nell'obiettivo uno, insieme ad altre Regioni del Mezzogiorno e d'Italia. In questo quadro operativo è opportuno non disperdere, neanche all'interno del nostro sistema universitario, le occasioni più importanti, che ci vengono offerte dai finanziamenti ancora esistenti e, proprio per evitare che questa dispersione possa realizzarsi, è nostra convinzione che siano necessari modelli integrati di ricerca: tali modelli, in qualche modo, devono andare ben oltre lo stesso modello dipartimentale, il quale, alla prova dei fatti, si è rivelato insufficiente.

Abbiamo, infatti, la necessità di arrivare a momenti di interlocuzione, che vadano oltre il concetto di Dipartimento, integrando i Dipartimenti, anche nella loro mera struttura fisica, e giungendo a nuovi insiemi di rilevante complessità, sulla base del modello interdipartimentale. Abbiamo la necessità di trovare momenti di passione per attività di ricerca interdisciplinare, sostenendoli anche attraverso la locazione di apparecchiature idonee e attraverso il confronto continuo e costruttivo dei gruppi di ricerca.

Questo è il tentativo concreto, questa è la risposta concreta, verso i quali dobbiamo perseverare rispetto all'intuizione della precedente Amministrazione, e che riteniamo, con l'aiuto di tutti, di studiare come il modello accessibile di proposta per lo sviluppo e l'innovazione in vista del cosiddetto trasferimento tecnologico. Certamente in questo ambito, il tema delle nanotecnologie, sia come ricerca di base, sia come momento di trasferimento alle applicazioni pratiche e concrete, diventa uno dei temi centrali per lo

sviluppo dell'innovazione e della competizione.

Io, naturalmente, come professore universitario prima e come Rettore dopo, sono chiamato a parlare di tutto, fondamentalmente di quello che non so, come avviene normalmente per tutti i professori universitari, e quindi anche oggi. Non so se sono uscito fuori tema, ma comunque, ho cercato di svolgere il mio compito. E pensate che ora, vado a preparare un intervento che invece riguarda la presentazione di un film, oggi pomeriggio, quindi su tutt'altra materia e argomento. Si parla di gelosia, su Il caso dell'infedele Clara: ecco, se qualcuno di voi vuole darmi qualche contributo sulla gelosia, io sono disponibile ad accettare idee e a farle mie, per quanto possibile, al di là della personale opinione. Devo dire questo perché voi mi scusiate del fatto che non potrò, ovviamente, continuare ad assistere ai lavori di questa mattinata, ancorché interessantissimi, sia perché dubito che potrei applicarli praticamente e sia perché gli impegni del mio nuovo ruolo sono particolarmente intensi. E per questo, secondo me, vanno affrontati per un limitato periodo di tempo; perché sono tra i sostenitori dell'esigenza di un mandato unico del Rettore, sufficiente a potere portare avanti un programma, e a dimostrare agli elettori cosa si è fatto. Non va bene affezionarsi troppo alla poltrona, ma occuparla per il tempo giusto, quando la tensione ideale, morale e operativa è così forte da potere costituire davvero un contributo per la nostra comunità.

Ho cercato di rappresentarvi alcune pennellate di ciò che in questo momento l'Ateneo palermitano sta facendo. E questa iniziativa odierna si inserisce appunto nell'ambito di un disegno più complessivo di questa struttura straordinaria, ma difficilissima, che è la struttura universitaria. Auguro ovviamente al Convegno il massimo successo ed esprimo il grande apprezzamento ed il senso della personale amicizia al Prof. Alberto Sposito e al Direttore del Dipartimento D.P.C.E., il Prof. Giovanni Fatta; e ringrazio i relatori che vengono da altre sedi e che ci onorano della loro presenza. Concludo riconfermando pienamente la disponibilità dello Steri, non solo come Sede fisica, ma come luogo ideale al centro di un dibattito culturale, che attraversi la città ed il territorio tutto. Scusandomi per avere abusato della vostra pazienza, vi ringrazio tutti, vi saluto con affetto e vi auguro un proficuo lavoro. Grazie.

*Prof. Roberto Lagalla
Rettore dell'Università degli Studi di Palermo*

NANOTECH FOR ARCHITECTURE

Prof. Arch. Paolo Felli

Sono lieto di essere in questa splendida Città di Palermo e, in particolare, in questa Sala di Palazzo Steri, che ci ricorda un grande protagonista come Carlo Scarpa, a cui la nostra generazione è particolarmente legata: un Maestro dell'architettura che trasformò anche il restauro in sapiente opera inedita. È quindi con grande piacere che la nostra Società ha dato il patrocinio a questo importante Convegno Internazionale "Nanotech for Architecture", sia come atto dovuto nei confronti di quei colleghi della Facoltà di Architettura di Palermo, che hanno dato un particolare e vivacissimo contributo alla ricerca nell'Area Tecnologica ed alla costituzione della nostra Società, sia per l'interesse e le potenzialità dei temi sulle nanotecnologie che sono al centro di questo Convegno.

Colgo l'occasione per ricordare, ad esemplificazione dell'impegno della Scuola Palermitana, il particolare contributo offerto al workshop fiorentino del 2003, dal titolo "Emergenza del Progetto-Progetto dell'Emergenza": un laborioso evento, organizzato per ricordare la figura di Pierluigi Spadolini, che divenne una proficua piattaforma di confronto e di lavoro fra tutti i docenti dell'area tecnologica sulle problematiche della protezione civile e sul ruolo del progetto di architettura. Un grande laboratorio multidisciplinare, preliminare alla costituzione della nostra Società, che si è poi formata attraverso due seminari svolti nel 2007: il primo, interno all'area tecnologica, mirava a fare il punto sulla linea di ricerca della nostra disciplina; il secondo, teso ad incentivare il confronto con le aree disciplinari limitrofe. Esperienze che hanno culminato nel Congresso fondativo della nostra Società, tenutosi a Napoli nel marzo del 2008.

Il titolo di quel Congresso, "L'Invenzione del Futuro", legato all'ideazione concettuale di Roberto Guiducci, è emblematico delle missioni che la nostra società, strutturata come onlus, si è prefissata di perseguire. Il nostro obiettivo immediato è quello di riunire le nostre energie, le nostre conoscenze, la nostra esperienza di ricercatori e di progettisti per sostenere e guidare il futuro con la forza delle nostre idee. Altrettanto prioritario è mantenere un fecondo rapporto fra chi vive nel mondo universitario e coloro che sviluppano il loro impegno nel mondo della produzione (un legame sollecitato da un'intuizione degli stessi Dottori di Ricerca). Abbiamo sintetizzato la missione della nostra Società in dieci punti che mi preme presentare e ricordare:

- 1) collegare università, istituzioni, professionisti;*
- 2) attuare una politica della ricerca, tesa tra l'altro ad incoraggiare l'esplorazione di aree emergenti della innovazione tecnologica in architettura;*
- 3) sedimentare una cultura dell'internazionalizzazione, coltivando i collegamenti con ricercatori, organizzazioni, istituzioni operanti a livello internazionale;*

- 4) *divulgare la ricerca come strategia, nella convinzione che sia necessario dare alla divulgazione una dimensione strategica;*
- 5) *promuovere la disciplina in modo multidisciplinare, cercando di fornire e privilegiare la convergenza e gli apporti di visioni multidisciplinari;*
- 6) *contribuire a processi normativi a vantaggio delle istituzioni che le governano, dal livello internazionale, a quello nazionale, a quello regionale, a quello locale;*
- 7) *assistere le istituzioni nel controllo e nella valutazione, incoraggiando le possibili forme di analisi e di osservazione sistematica nei processi di trasformazione del territorio;*
- 8) *collaborare alla formazione nelle aree della tecnologia e dell'innovazione nell'architettura;*
- 9) *agire da riferimento culturale, come punto di raccolta, di scambio e divulgazione dei concetti, delle informazioni, delle idee, dei servizi di ogni tipo;*
- 10) *valorizzare l'eccellenza, mediante premi, corsi di perfezionamento e borse di studio nell'ambito della Tecnologia dell'Architettura.*

Per promuovere questi obbiettivi, nel mese di Febbraio 2009, abbiamo organizzato un Convegno Internazionale nell'ambito di Made Expo a Milano, dal titolo "City Futures", in cui ci siamo interrogati, insieme ad esperti di fama internazionale, sui possibili futuri della città. Una ricca manifestazione culturale, che ci ha maggiormente convinti di quanto sia indispensabile acquisire una visione globale, necessaria alla costruzione del quadro strategico generale, all'interno del quale coltivare la conoscenza della cultura locale, come indispensabile base di riferimento per le scelte tattiche operative. Una metodologia oramai consolidata, di cui ricordo l'accattivante termine mediatico di glocal, ma che rimane ancora valida ed attuale.

Venendo al tema di questo Convegno Internazionale, rinnovo la mia gratitudine ai Colleghi palermitani per l'invito e tengo particolarmente a sottolineare come, dalla lettura degli abstract, un campo importante delle ricerche trovi riferimento ed applicazione, in modo inaspettato, nel settore del restauro, tradizionalmente legato ad un approccio storico-artistico. È proprio in questo settore che i termini di Invenzione e Integrazione, Invenzione e Innovazione si confrontano e creano occasioni di internazionalizzare la ricerca, promuovendo quei positivi effetti indotti che la ricerca può avere oggi nel mercato dell'occupazione e dell'economia locale. L'innovazione, intesa nella sua accezione più ampia, non riguarda infatti solo il momento della conoscenza, ma anche e soprattutto quello del trasferimento tecnologico e dell'implementazione operativa degli obbiettivi. Con questa logica, il profitto dell'innovazione si ottiene quando si riesce a coniugare lo strumento tecnologico con un planning strategico, mirato al trasferimento ed all'interazione fra la ricerca e la produzione.

L'innovazione nasce spesso dalle contaminazioni fra discipline diverse e basta pensare alla storia del Novecento per capire quanta verità ci sia in questa affermazione che oggi, più che mai, incide in modo cruciale sulla crescita del nostro settore disciplinare. Il titolo del convegno "Nanotecnologie per l'Architettura" non potrebbe quindi suscitare maggiore curiosità ed essere di maggior richiamo ed interesse. Le nanotecnologie,

che costituiscono un nuovo approccio alla conoscenza ed alla prestazionalità dei materiali, possono sicuramente far ulteriormente progredire sia la qualità che le potenzialità dello spazio e dell'architettura del futuro. D'altro canto, non credo esista un settore disciplinare che possa eludere la sfida di indagare le proprietà della materia a partire dalla sue strutture più minute. Le Micro e le Nanotecnologie sono infatti potenzialmente 'rivoluzionarie' a livello di impatto sulle prestazioni dei prodotti e sui metodi di produzione industriale e possono, grazie a materiali, componenti e sistemi più piccoli, più leggeri, più rapidi e più efficaci, far risparmiare risorse, ridurre il volume dei rifiuti e delle emissioni nocive, contribuendo alla salvaguardia sostenibile dell'ambiente.

I campi di indagine e di ricerca delle nanotecnologie sono articolati ed interdisciplinari, tanto che si è coniato il termine di "nanoscienze", che comprende discipline diverse che spaziano dalla fisica quantistica, alla chimica supramolecolare, alla biologia molecolare, fino alla scienza dei materiali che maggiormente ci riguarda. Questo ultimo ambito è oggi in grande fermento: il rapporto tra nuove materialità e nuovi linguaggi formali è estremamente ricco di potenzialità per l'architettura contemporanea, che dichiara un forte interesse a sperimentare materiali nuovi o materiali intelligenti, cioè interattivi, dinamici con variazioni cromatiche e luminose, rese possibili anche dai nuovi macchinari a controllo numerico e dalle indagini virtuali dell'ultima modellazione dinamica, Building Information Modeling (BIM), che si ispirano a campi transdisciplinari come quelli della filosofia, della matematica, delle scienze della complessità.

Proprio per rispondere a queste nuove tendenze progettuali, la produzione industriale ha ampliato il mercato con una gamma di prodotti nuovi, come lastre prefabbricate impreziosite da vetro, plastica e da stampi decorativi, secondo una tendenza che predilige la superficie allo spazio e che affonda le sue radici ideologiche anche nell'estetismo dell'industrial design. Materiali come, tra gli altri, il legno, il vetro, il Glass Reinforced Concrete (GRC) ricercano applicazioni anche in ambito strutturale e, quando tornano ad avere il più tradizionale ruolo di rivestimento, si arricchiscono di tecnologie applicate che ne trasformano texture e prestazioni. Il panorama internazionale propone architetture isomorfe, dinamiche, parametriche, che caratterizzano una ricerca sempre più contaminata da ambiti multidisciplinari, in cui confluiscono trasferimenti tecnologici evoluti in un processo di elaborazione sempre più sofisticato e concettuale.

L'ortodosso approccio tipologico è oggi sostituito da analisi digitali, che manipolano le soluzioni morfologiche in base ad algoritmi genetici non più euclidei. Il tradizionale concetto di spazio metrico di fede cartesiana viene abbandonato per una geometria di figure flessibili e continue con superfici sinuose, fluide e fluttuanti, che possono subire deformazioni elastiche senza alterare la loro natura. Mutano i rapporti fra linguaggio formale, estetico e tecnologico, che toccano ambiti urbanistico-territoriali, artistico-formali, sostenibili-ambientali, comunque e sempre a forte valenza materica e tettonica. Molte le realizzazioni di eccellenza che aprono gli orizzonti ad attività di ricerca, di cui forse oggi non percepiamo neanche gli esiti futuri.

Vorrei concludere, sottolineando, soprattutto per i giovani ricercatori, l'importanza e l'efficacia del rapporto che la nostra Società sta portando avanti con l'Associazione dei

Parchi Scientifici (PST) e Tecnologici Italiani (APSTI), *che costituisce il network nazionale dei parchi scientifici e tecnologici, a cui aderiscono la maggioranza dei PST con trenta associati, rappresentativi della quasi totalità delle Regioni italiane. Per sostenere lo sviluppo economico attraverso l'innovazione, che può essere occasione per lo sviluppo e la realizzazione di ricerche, l'accordo tra la nostra Società SITdA e l'Associazione APSTI si propone di:*

- *promuovere in modo più strutturato le attività innovative delle due organizzazioni, stimolando occasioni di confronto e di visibilità comuni;*
- *integrare competenze e risorse, con particolare attenzione alle energie rinnovabili ed all'efficienza energetica, ai nuovi materiali e alla domotica;*
- *costruire insieme una relazione stabile fra la richiesta di innovazioni dei sistemi d'impresa e la capacità dei Parchi Scientifici e Tecnologici di integrare l'offerta tecnologica;*
- *promuovere un confronto sui temi della formazione, in modo da orientare sempre più i percorsi di studio post-laurea verso tematiche e tecniche richieste dai contesti operativi;*
- *infine, promuovere scambi attraverso stage e borse di studio.*

Concludo con il salutare tutti i partecipanti, studiosi stranieri e italiani, certo che questo incontro offrirà cospicui e interessanti contributi all'innovazione tecnologica.

*Prof. Arch. Paolo Felli
Presidente della SITdA
(Società Italiana Tecnologia dell'Architettura)*

Prof. Ing. **GIOVANNI FATTA**
Direttore del Dipartimento di Progetto e Costruzione Edilizia

Nella circostanza di questo Convegno Internazionale non credo sia sufficiente esprimere la soddisfazione di rito per un'attività di successo che ha coinvolto diversi docenti del Dipartimento di Progetto e Costruzione Edilizia dell'Università di Palermo, che da qualche mese ho l'onore di dirigere. Intervengo volentieri perché questa è un'occasione importante per far conoscere all'esterno le iniziative prodotte dal Dipartimento, ma soprattutto perché il tema del Convegno è di grande attualità nel panorama scientifico e tecnico internazionale.

Nato oltre venti anni addietro per un comune interesse tra gli ingegneri dell'area di Architettura Tecnica e gli architetti del settore Tecnologia dell'Architettura, il nostro Dipartimento continua una storia importante, che ha origine da Gianbattista ed Ernesto Basile e che ci ha lasciato in consegna una ricca biblioteca che conserviamo, integriamo e restauriamo con grande cura, pregiati modelli didattici, attrezzature, fondi e arredi antichi, un laboratorio. I docenti che compongono la Struttura coprono un vasto arco dei Settori Scientifico-Disciplinari, dall'Architettura Tecnica alla Storia dell'Arte, dalla Produzione Edilizia all'Urbanistica, dalla Tecnologia dell'Architettura alla Composizione Architettonica, con attività di ricerca ampia e documentata da una notevole e apprezzata produzione di pubblicazioni su libri, riviste, atti di Congressi nazionali ed internazionali. A questo proposito è con soddisfazione che rileviamo nel Catalogo di Ateneo gli esiti dell'operosità dei ricercatori del DPCE, anche della componente più giovane, che viene sempre più coinvolta e di cui è ulteriore prova la numerosa presenza in questa sala.

L'impegno quotidiano e i risultati raggiunti nei diversi ambiti di ricerca, nel caso odierno sulla conoscenza, il progetto, la costruzione e il recupero dell'architettura, sono fatti riconosciuti e soddisfacenti. Tutto questo è legato ai motivi stessi per cui esistono i Dipartimenti, pensati come centri di ricerca che contribuiscano al miglioramento delle conoscenze, ma anche consentano di insegnare un sapere che non provenga soltanto da letture o da navigazioni sulla rete; sappiamo bene quanto sia efficace mettere nell'insegnamento quello che si fa e sperimenta personalmente, dando in questo modo le necessarie garanzie, richieste dai giovani e dalle loro famiglie che investono sull'alta istruzione dei figli, con un forte impegno finanziario e di speranze.

In questo ambito, mi fa piacere segnalare il ruolo svolto dalla componente di Architettura all'interno del DPCE, molto vivace nella proposta e nell'azione, che dà il pro-

prio contributo, efficace alla crescita culturale di docenti e studenti, con svariati apporti nazionali ed internazionali: ciò è appunto dimostrato da questo Convegno che riunisce esperienze diverse per temi e aree geografiche. Un Master universitario sulle nanotecnologie per i beni culturali, organizzato dalla nostra componente di Architettura e dall'Ateneo nell'ambito del POR Sicilia, ha costituito la base di questi studi che hanno poi portato al Convegno: alcune relazioni che ascolteremo derivano appunto direttamente dalle attività e dagli stages svolti durante il Master stesso.

Per diretta esperienza organizzativa di Master universitari, so quanto sia difficile che le attività dei corsi riescano a produrre risultati realmente spendibili. Più spesso essi rimangono confinati nel campo della teoria e delle buone intenzioni, senza una diretta attinenza con le applicazioni pratiche, magari legate al territorio. In particolare, quando il Prof. Sposito propose inizialmente al Dipartimento l'organizzazione del Master, in tanti eravamo piuttosto scettici. Nel tempo trascorso da allora dobbiamo riconoscere come si siano ulteriormente sviluppate le applicazioni in edilizia, architettura, restauro, archeologia, e quanto di ciò gli studenti del Master abbiano potuto trarre beneficio.

Rispetto a una pregressa conoscenza epidermica, questi fatti mi hanno consentito di avere un rapporto diretto col tema: tra i candidati all'ammissione al Master sono andati avanti alcuni dei nostri laureati in Ingegneria, ed uno di questi ha nel frattempo ottenuto l'ammissione al dottorato di ricerca ed in atto ne sono il tutor. Il Dipartimento gestisce due Dottorati di Ricerca: il primo di questi, coordinato essenzialmente dal gruppo di Tecnologia dell'Architettura, è orientato agli studi sul recupero e la fruizione dei contesti antichi, ed insieme ad altri argomenti, per le informazioni in mio possesso, si analizzano i materiali nanostrutturati applicati al restauro ed alla protezione dei siti archeologici e dell'architettura.

Riguardo all'altro Dottorato, organizzato dai docenti di Ingegneria, si approfondiscono questioni scientifiche e tecniche connesse alla tradizione e all'innovazione, in tanti casi visti come aspetti che si integrano e si completano, piuttosto che contrapposti e incompatibili: l'esempio più frequentato è costituito dal vastissimo campo dei Beni Culturali, in cui un errore concettuale e operativo è l'innovazione che cancella la tradizione; l'eventuale innovazione si innesta su elementi della tradizione, di cui tenere conto, da conoscere e da indagare a fondo.

Dalla lettura rapida degli abstracts presentati al Convegno, ritrovo più argomenti già presenti - anche se con approfondimenti e tagli diversi - tra i temi di ricerca da tempo in corso nel DPCE e nei Dottorati. Si dimostra come la nanomateria abbia caratteristiche, prestazioni, applicazioni diverse rispetto alla stessa materia in maggiori dimensioni: il molto piccolo, anche a parità di composizione chimica, può avere sviluppi diversi e, per noi, imprevedibili rispetto alla stessa materia "un po' più grande". Qualcuno, con una certa fantasia ma opportunamente, fa un paragone con le applicazioni fortemente diverse tra le unità biologiche adulte e le cellule staminali, tra il tessuto formato e quello in formazione.

Diverse relazioni trattano la caratterizzazione dei materiali a scala nanometrica:

alcune di queste studiano direttamente il materiale nanostrutturato da applicare, altre analizzano nel dettaglio microscopico la materia sulla quale dovrà avvenire l'applicazione. La capacità di indagine fortemente ravvicinata può consentire di conoscerne la struttura ed eventualmente riconoscerne i prodotti del degrado. È necessario l'uso di strumentazioni adatte allo scopo per questa categoria di ricerche, come per altre che trattano particolari applicazioni su vetro di film sottilissimi in materiali nanostrutturati: i promettenti risultati di tali studi in termini energetici si uniscono alle altre ricerche - che da tempo si effettuano nell'ambito del nostro Dipartimento - che ci aggiornano continuamente sulle prestazioni ottiche e strutturali delle infinite varietà del vetro.

L'insieme delle relazioni ci conferma come l'ingegnere edile e l'architetto debbano anche possedere capacità manageriali, nel senso di essere in grado di governare e valutare gli esiti specialistici provenienti dai vari campi, facendo convergere la complessità del problema verso un giudizio sintetico. Il bisogno di un rapporto di interdisciplinarietà nella ricerca applicata riguarda i temi sopra accennati, ma anche lo studio sulle malte in rapporto alla porosità: nel laboratorio appena impiantato nel Dipartimento abbiamo la possibilità di caratterizzare le malte e di analizzarne alcune delle prestazioni; ma è necessario appoggiarsi a strutture diverse per ottenere informazioni di dettaglio a livello nanometrico. In questo ci è d'aiuto la già costituita rete dei Laboratori di Ateneo, che integra il campo della diagnostica strumentale ad aree disciplinari adiacenti alle nostre.

Se è vero che la ricerca deve in prima istanza tendere alla soluzione dei problemi primari dell'uomo (primum vivere), nel nostro ambito si possono citare i prodotti fotocatalitici ed autopulenti che promettono risultati ecologicamente rilevanti; ma anche le questioni che attengono agli aspetti intellettuali ed educativi (deinde philosophare) sono oggetto dell'attenzione degli studiosi di nanotecnologie, come la tutela e il restauro dei Beni Culturali. Il successo in architettura sarà assicurato se questi studi riusciranno a produrre in un prossimo futuro risultati efficaci, sia per migliorare la salute dei fruitori, sia per offrire valide alternative alle tecniche e ai materiali attualmente disponibili.

Prof. Ing. **PATRIZIA LIVRERI**
Coordinatore Progetto BC-Nano/Lab

Saluto tutti i Convenuti a questo primo incontro Internazionale sulle nanotecnologie per l'architettura, una tematica che mi ha direttamente e di recente coinvolta, come coordinatore e responsabile scientifico, e che si riferisce all'ambito siciliano. Voglio qui brevemente segnalare il progetto BC-NANO/Lab, un Laboratorio dell'innovazione nel settore dei Beni Culturali, per la sperimentazione di nanotecnologie e nanomateriali. progetto è stato finanziato dal CIPE ed è stato adottato dal Complemento di Programmazione della Regione Siciliana con delibera n. 205 del 17 giugno 2005 (Progetti POR Sicilia 2000-2006, Misura 3.15 - Reti per lo sviluppo della ricerca scientifica FESR), con il finanziamento di Euro 2.950.000. La finalità del progetto era quella di sostenere l'innovazione tecnologica del sistema produttivo siciliano e, in particolare, delle imprese del distretto delle nanotecnologie, attraverso la creazione di un Laboratorio per la ricerca e il trasferimento di competenze sul tema delle nanotecnologie applicate ai Beni Culturali (BCNanoLab) e la sperimentazione su alcuni ambiti applicativi/territoriali.

Il Laboratorio è nato come luogo di ricerca e di sperimentazione nel campo delle nanotecnologie, puntando a sfruttare e ad applicare i metodi delle nanoscienze per la creazione e l'utilizzazione di materiali, dispositivi e sistemi con dimensioni a livello molecolare, con caratteristiche notevolmente migliorate rispetto a quelli tradizionali o del tutto nuove. Tale obiettivo è stato perseguito attraverso un'attività di ricerca che ha coinvolto settanta ricercatori dell'Università degli Studi di Palermo e il Consorzio Universitario della Provincia di Agrigento, unitamente ad un'attività di trasferimento dei risultati che ha coinvolto primariamente il CUPA, l'Ente Parco Archeologico Valle dei Templi e la Fondazione Marisa Bellisario; l'Ente Parco Archeologico Valle dei Templi, anche con finalità di sperimentazione dell'innovativo sistema di monitoraggio ambientale e del modello elettronico di restauro, basato su tecniche nanometriche.

Nell'ambito di questo progetto si è svolto il Master Universitario di I Livello per Esperto Nanotecnologie per i Beni Culturali, finanziato con fondi POR-SICILIA Misura 3.07 Formazione, con un importo di Euro 250.000. La motivazione cardinale dell'avvio di questo Master di eccellenza sulle tecnologie innovative nel settore dei BB.CC. è stata quella di consolidare le conoscenze della ricerca di base delle nanotecnologie e dei nanomateriali per la conservazione, la valorizzazione, la fruizione e la gestione di tali Beni, con possibilità di creazione di un nuovo comparto industriale da posizionare con successo su scala internazionale. Il Master, indirizzato a quattordici laureati in varie

discipline, dall'architettura alla chimica, ha fornito competenze su tematiche generali ed approfondimenti specifici, che sono andati ad integrare la formazione universitaria, per la creazione di esperti altamente specializzati in un settore trainante per l'economia della Regione Siciliana, quale la gestione dei Patrimonio Culturale.

Le tematiche affrontate nel Corso sono state sviluppate nell'ambito di moduli specifici, con l'obiettivo di formare profili professionali in grado di sviluppare azioni basate sulle soluzioni più innovative, anche attraverso la collaborazione congiunta di professionalità usualmente "distanti" fra loro, in quanto a formazione di base ed a competenze specialistiche, che hanno collaborato insieme durante lo sviluppo degli interventi. L'Esperto di nanotecnologie applicate ai Beni Culturali è una figura professionale innovativa ed emergente, all'interno del nuovo scenario competitivo dell'innovazione tecnologica e dei nuovi materiali, con competenze nell'ambito della conservazione e della gestione dei Beni Culturali; questa sperimentazione ha avuto motivazioni sia territoriali sia strategiche, data l'importanza che il settore dei Beni Culturali sta assumendo in termini di nuova imprenditorialità a livello nazionale ed internazionale.

A tutti i Convenuti auguro un proficuo lavoro e sono certa che i contributi presentati, oltre ad aggiornare lo stato dell'arte, saranno occasione di confronto, amplieranno gli orizzonti e saranno in grado di promuovere ulteriori incontri e nuove ricerche.

NANOTCNICHE PER L'ILLUMINAZIONE

Cesare Sposito*

* Ricercatore, Università degli Studi di Palermo, D.P.C.E., Dipartimento di Progetto e Costruzione Edilizia, Viale delle Scienze, 90128 Palermo, cesare.sposito@unipa.it

Abstract

The article underlines how techniques on the nano-metric scale have transformed and improved the scope of lighting products, improving their performance in terms of energy-consumption, luminosity produced, over-heating, longer life, etc. Consequently, Led, Oled, and Woled are all mentioned: acronyms that indicate lighting systems of indubitable quality, but still possessing undeniable limitations, especially in terms of cost, due to the high financial outlay demanded by the production process.

In Europa quasi il 10% dell'energia prodotta è utilizzata per la sola illuminazione. I Led (*Light Emitting Diode*) possono ormai produrre anche luce bianca e, dunque, sostituire la tecnologia tradizionale a incandescenza. Una loro sostituzione comporterebbe un contenimento dei consumi energetici, con un conseguente risparmio economico, in quanto i Led, diodi emettitori di luce, a parità di luminosità prodotta, richiedono solo il 10% dell'energia elettrica consumata da una normale lampadina; il potenziale di risparmio energetico pertanto è considerevole. Nelle abitazioni miliardi di televisori a tubi catodici saranno presto sostituiti da apparecchi con tecnologia Lcd (*Liquid Crystal Display*) e, a lungo termine, con la tecnologia Oled (*Organic Light Emitting Diode*); pertanto, queste due innovazioni, prodotte grazie alla nanotecnologia, potrebbero ridurre quindi la domanda energetica del 90%.

È poi da rilevare che le lampade tradizionali, oltre a richiedere un notevole apporto di energia per il loro funzionamento, producono una considerevole quantità di calore, che deve essere necessariamente valutata nei costi globali, necessari al raffrescamento di un edificio. Una prima soluzione a tale inconveniente è stata trovata con l'impiego di lampade fluorescenti; ma a fronte di una minore richiesta di energia e di una modesta quantità di calore prodotta, queste lampade contengono tracce di mercurio, tali da incidere comunque sui costi "ambientali". A causa del calore generato dall'illuminazione, la maggior parte degli edifici per uffici utilizza l'aria condizionata, anche quando la temperatura esterna è al di sopra di 12 °C; se consideriamo che ogni tre watt di energia per l'illuminazione non consumati consentono un'ulteriore economia di circa un watt per il raffrescamento dell'aria, allora comprendiamo come e quanto sia enorme il potenziale di

risparmio energetico con una illuminazione più efficiente. Quindi l'illuminazione in modo diretto, con lampade ad alte prestazioni e a basso consumo, e in modo indiretto, tramite il mantenimento della temperatura interna, può costituire un importante fattore di riduzione delle emissioni di anidride carbonica; tramite i *Light Emitting Diode* e gli *Organic Light Emitting Diode* tutto ciò è possibile e il risparmio di energia complessivo sarà sostanziale, data la loro efficienza, nettamente superiore rispetto all'illuminazione convenzionale.

I Led sono uno speciale tipo di diodi, elementi formati da un sottile strato di materiale semiconduttore, sempre più frequentemente utilizzati in ambito , in sostituzione di alcune sorgenti di luce tradizionali (lampade a incandescenza, alogene o fluorescenti compatte), che già oggi forniscono rilevanti prestazioni, grazie allo sviluppo di tecniche innovative in generale e al contributo della nanotecnologia in particolare. In un mercato globale dell'illuminazione pari a circa 21 miliardi di dollari, quello dei Led è superiore ai 4 miliardi, comprendendo sia opere civili come semafori e illuminazione pubblica, sia applicazioni particolari sugli edifici: emblematici esempi sono la facciata della Galleria *Shopping Mall* a Seoul o il *Greenpix* di Pechino (Figg. 1 e 2), realizzato in occasione delle Olimpiadi del 2008. Alcuni Led sono progettati per avere una vita di servizio di circa 100.000 ore, offrendo indubbiamente costi di gestione a lungo termine alquanto contenuti: il potenziale di risparmio energetico è stimato dall'82 al 93%, rispetto alle convenzionali lampade incandescenti o fluorescenti, per cui un loro impiego diffuso porterebbe a una riduzione delle emissioni globali di anidride carbonica, pari a 300 milioni di tonnellate per anno, contribuendo così a dimezzare la domanda globale di energia per l'illuminazione entro il 2025. Il principale ostacolo a una maggiore adozione di LED,



Figg. 1 e 2 – Lo Shopping Mall a Seoul e il Greenpix a Pechino.

tuttavia, è il costo che attualmente è almeno pari a 10 volte di più rispetto alle luci fluorescenti¹.

La dissipazione del calore rappresenta un ulteriore problema per il Led luminoso di lunga durata, e l'azienda *Celsia*, da tempo impegnata nella ricerca nanotecnologica, sta lavorando con altre aziende di settore per sviluppare soluzioni finalizzate al suo raffreddamento. Tra le varie soluzioni, ad oggi quella che sembra convincere i ricercatori, utilizza la tecnologia *NanoSpreader*, che prevede l'impiego di una pellicola di plastica che

collega il circuito Led, formando un refrigerante integrato. Molte sono comunque le aziende e gli istituti di ricerca che si occupano dei Led: due nanotecnologie applicate sono quelle di cui al brevetto “Nanowires-Based-Large Area Light Emitters and Collectors”, sviluppato presso l’Università di Harvard, e al brevetto “Luminescent Gold (III) Compounds, Their Preparation and Light-Emitting Devices”, della Hong Kong University of Science and Technology. Inoltre, la *PlexiLight*, startup della Wake Forest University, sta sviluppando una nuova fonte di illuminazione leggera, ultra-sottile ed energeticamente efficiente, perché utilizza la nanotecnologia per la produzione di luce visibile, piuttosto che come un sottoprodotto di un filamento che riscalda o di un gas; le sue proprietà consentono una vasta gamma di applicazioni residenziali e commerciali. Questa nuova tecnologia può portare a una maggiore efficienza dei pannelli che non avrebbero bulbi o alimentatori esterni e non emanerebbero calore. «È simile a un foglio di plexiglass che si illumina», dice il ricercatore David Carroll della *PlexiLight*, una nuova fonte di luce che può portare a una illuminazione senza calore (*fonte, Wake Forest University*).

Se lo sviluppo nanotecnologico del Led procede a passi da gigante, rimane ancora irrisolto il problema degli elevati costi del prodotto. In Gran Bretagna Colin Humphreys della Cambridge University ha recentemente annunciato di aver ideato una lampadina a Led dal costo stimato di sole due sterline, in grado di durare per 100.000 ore (circa 60 anni) e di tagliare i costi di gestione fino al 75%. Grande come una monetina, questa speciale lampadina utilizza il nitruro di gallio, un semiconduttore finora ottenuto dallo zaffiro e quindi costoso (circa 22 euro per ciascuna lampadina). I suoi ricercatori del *Centre for Gallium Nitride* di Cambridge hanno recentemente scoperto un metodo di produzione più economico, che consiste nel far sviluppare il nitruro di gallio semplicemente su cialde di silicone, abbattendo così i costi di produzione e producendo una luce bianca e non più azzurrina. Una lampadina a Led a nitruro di gallio risulta essere dodici volte più efficiente di una lampadina a incandescenza e tre volte più efficiente di una a risparmio energetico, senza peraltro contenere il nocivo mercurio; tra gli ulteriori vantaggi sono l’accensione istantanea e senza sfarfallio, una durata stimata pari a dieci volte quella di una lampadina fluorescente compatta.

Tra le più promettenti nanotecnologie per conservare energia nell’illuminazione, ci sono indubbiamente i diodi emettitori di luce organici (Oled); quando l’elettricità è gestita attraverso gli strati di materiali organici che compongono un Oled, gli atomi all’interno si eccitano ed emettono fotoni. Gli Oled sono altamente efficienti, fonti di luce naturale a lunga vita, che può essere integrata in pannelli estremamente sottili e flessibili. La loro introduzione nel mercato è stato finora limitata alle piccole componenti elettroniche, come il display del cellulare, ma la loro applicazione continuerà a crescere nell’immediato futuro. Gli Oled si caratterizzano per l’estrema flessibilità, per la trasparenza (quando le particelle sono in stato di quiete) e per la variabilità del colore della luce emessa. Gli Oled permettono di realizzare a colori con la capacità di emettere luce propria; pertanto, a differenza dei display a , i display Oled non richiedono componenti aggiuntivi per essere illuminati. Tale caratteristica consente di realizzare display molto più sottili, in taluni casi addirittura pieghevoli o arrotolabili, per il cui funzionamento è



Fig 3 - Carta da parati con tecnologia LED.

lizzati per creare finestre e lucernari (piani o curvi) che, nelle ore notturne, richiamino l'effetto di una sorgente luminosa naturale: con questa tecnologia i muri, i pavimenti, i soffitti, le tende, gli armadi e i tavoli potrebbero diventare essi stessi fonte di luce. I Nanotubi di carbonio organico-compositi potrebbero anche portare a pannelli strutturali in grado di essere integrati con l'illuminazione, consentendo notevoli economie di energia, non solo perché gli Oled sono più efficienti delle attuali tecnologie d'illuminazione, ma anche perché renderebbero più efficiente il modo di integrare l'illuminazione con altri componenti dell'architettura.

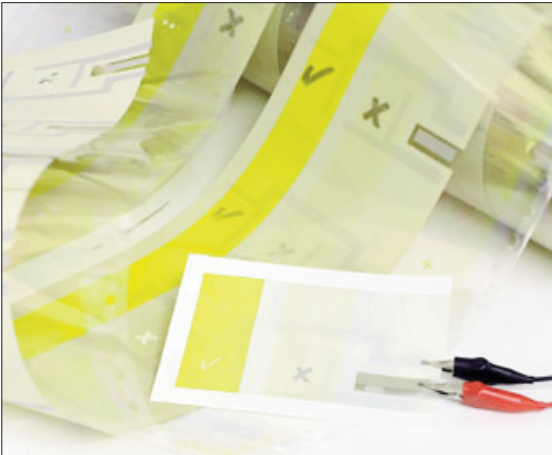


Fig. 4 – OLED flessibile.

che fa da barriera all'umidità.

Nello sviluppo della nanotecnologia Oled la luce bianca è uno degli obiettivi primari per le lampade di prossima generazione e gli scienziati delle Università del Michigan e di Princeton hanno annunciato una scoperta che spinge maggiormente la luce

richiesta una modesta quantità di energia a bassa . Sebbene gli Oled forniscano immagini ad alto e dai colori brillanti, essi presentano ancora dei limiti, primo tra tutti il costo elevato del processo produttivo e poi una durata di gran lunga inferiore a quella degli e al plasma; il materiale organico di cui sono composti, infatti, tende a perdere la capacità di emettere luce, dopo poche migliaia di ore di esercizio (Fig. 3).

Ciò nonostante le prospettive di impiego sono assolutamente interessanti: gli Oled potrebbero essere uti-

I ricercatori, che lavorano al progetto *European Rolled*, hanno sviluppato un Oled flessibile (Fig. 4), dello spessore pari a 200-250 micrometri, l'equivalente di tre o quattro fogli di carta, che può essere prodotto utilizzando la tecnologia di stampa *roll-to-roll*. Gli Oled possono essere impiegati per aggiungere valore al progetto e il nuovo metodo di fabbricazione è notevolmente più economico rispetto al metodo tradizionale. Gli Oled sviluppati nell'ambito di tale progetto sono realizzati con materiali organici, incapsulati in una pellicola

bianca da dispositivi organici emettitori di luce. I *White Organic Light-Emitting Devices* (Woled) generano luce bianca ricorrendo all'elettricità, per inviare un elettrone in strati dello spessore di nanometri, tramite materiali organici che servono come semiconduttori; gli elettroni eccitati in questi strati emettono fotoni di luce bianca brillante. Purtroppo, la maggior parte della luce viene riflessa indietro all'interno degli strati in sistemi convenzionali; tuttavia i ricercatori sono stati in grado di evitare questo, creando un sistema di griglie organiche e di microlenti che rifrangono la luce intrappolata e la guidano fuori dagli strati sottili.

Silenziosamente, senza che ce ne accorgiamo, le nanotecnologie invadono giorno dopo giorno la nostra vita quotidiana; spesso però le innovazioni introdotte sono sorprendenti: è il caso della *carta da parati* della Toshiba, un particolare rivestimento per le pareti domestiche, realizzato mediante l'assemblaggio di nanoparticelle, che formano, in questo modo, una sorta di griglia in grado di deflettere e amplificare la luce emessa da alcuni diodi. In poche parole, si tratta di un'applicazione della tecnologia Oled. La carta da parati, così composta, è in grado di arredare l'ambiente con motivi decorati e colori inusuali, il tutto con un'alimentazione a basso voltaggio e a basso consumo energetico. La carta da parati è molto sottile e può raggiungere contrasti molto vicini a quelli che abbiamo oggi nei nostri televisori; tale novità rappresenta un ulteriore passo avanti verso la realizzazione del vero progetto Toshiba, le "pareti-Tv", che si incentra sulla realizzazione, negli ambienti domestici e non solo, di pareti su cui è stesa una pellicola che proietta le immagini TV.

Tutto ciò è possibile grazie ai *quantum dots*, nanoparticelle che si formano all'interno di una matrice polimerica termoplastica, mediante la decomposizione di un materiale metallo-organico, grazie alla natura altamente viscosa del mezzo di reazione; si generano così particelle alla nanoscala di materiale metallico o semiconduttore con proprietà di luminescenza, praticamente a qualsiasi lunghezza d'onda del visibile e dell'infrarosso. Ad oggi le applicazioni interessano essenzialmente i display dei televisori; quelli della *E Ink and LG Phillips* hanno uno spessore di circa di 300 micron; il loro prototipo è uno schermo di 10" SVGA, con risoluzione pari a 100 pixel per pollice e un rapporto di contrasto pari a 10:1 con quattro livelli di scala di grigi. Oltre al limitato spessore e, quindi, alla leggerezza dello schermo, un altro vantaggio è rappresentato dal limitato consumo di energia, che è circa cento volte meno di un equivalente display a cristalli liquidi. Le nuove tecnologie *Quantum-dot*, oggi disponibili, sono il "Process to Grow a Highly-Ordered Quantum DOT Array, and a Quantum Dot Array Grown in Accordance with the Process", brevettato dalla Brown University, la "Biomolecular Synthesis of Quantum Dot Composites", messa a punto dall'Università del Massachusetts, la "Self-Organized Formation of Quantum Dots of a Material On a Substrate" dell'Oak Ridge National Laboratory e la "Fabrication of Quantum Dots Embedded in Three-Dimensional Photonic Crystal Lattice", brevettata dall'Università del Delaware².

Infine, nell'ambito dei nanomateriali, sono da menzionare i nanotubi di carbonio, organico-compositi che possono ridurre in modo significativo i costi di gestione dell'energia, riducendo in tal modo le emissioni di anidride carbonica. Cito qui, per esem-

pio solo l'*Advanced Technology Institutp* (Ati) presso l'Università del Surrey, che è stato recentemente premiato con 200.000 sterline da parte del *Carbon Trust* per la produzione di prototipi di dispositivi illuminanti allo stato solido che utilizzano materiali nanocompositi. La loro tecnologia *Ultra Low Energy High Brightness* (Ulehb) può offrire un'elevata riduzione dei costi energetici e ambientali rispetto alle tradizionali lampade fluorescenti a base di mercurio. «Questo cambierà completamente il modo in cui usiamo l'illuminazione», prevede il responsabile del progetto, il ricercatore Ravi Silva. La Ulehb produrrà la stessa qualità di luce della migliore lampadina da 100 watt, ma utilizzando solo una frazione di energia, con una durata di gran lunga maggiore.

Per concludere, si prevede che quando si abbasseranno i costi di produzione, secondo gli esperti il Led acquisterà in modo esponenziale nuove quote del mercato dell'illuminazione per la lettura e per altre attività che richiedono luce focalizzata e luminosa, mentre gli Oled saranno sempre più diffusi e impiegati per quella illuminazione ambientale che richiede condizioni di bassa luminosità, come negli hotel e nei ristoranti. Questi punti luce, realizzati con nanotecniche, offriranno agli utenti la possibilità di modificare a piacimento il colore negli ambienti attraverso un semplice e diffuso variatore di luminosità convenzionale. Perché vi sia la loro commercializzazione a larga scala però sarà necessario migliorarne l'efficienza: infatti la maggior parte degli attuali Led e Oled ha un'efficienza variabile tra i 30 e i 160 Lumen, mentre 1000 lumen saranno necessari per la loro diffusione.

Bibliografia

ELVIN G., *Nanotechnology for Green building*, Green Technology Forum, 2007.
MANN S., *Nanotechnology and Construction*, Nanoforum 2006.

Note

¹ Cfr. L'United Nations Environmental Programme, "Buildings and Climate Change," 2007,

² Cfr. XU J. et.al., "Process to Grow a Highly-Ordered Quantum DOT Array, and a Quantum Dot Array Grown in Accordance with the Process," Brown University, 2004; LAWTON C., "Biomolecular Synthesis of Quantum Dot Composites," Massachusetts Technology Transfer Center; MURAKOWSKI et.al., "Fabrication of Quantum Dots Embedded in Three-Dimensional Photonic Crystal Lattice", University of Delaware, 2006.

Le nanotecnologie costituiscono ambiti d'investigazione multidisciplinare, che coinvolgono vari settori di ricerca: dalla biologia molecolare alla chimica, dalla scienza dei materiali alla fisica. Nell'ultimo decennio le applicazioni si sono ampliate rapidamente e oggi interessano tutti i settori dell'industria, con notevoli implicazioni economiche. La loro pervasività è dovuta soprattutto all'impatto sui materiali: dal legno al tessile fino ai materiali cementizi autopulenti, consentendo nuove caratteristiche e insolite prestazioni. La diffusione di conoscenza sui nanomateriali e sui loro utilizzi rappresenta oggi una necessità, data la mancanza di consapevolezza delle enormi possibilità che le nanotecnologie offrono in termini di sviluppo di materiali, tecniche e applicazioni. In particolare, nel settore dell'architettura, includendo in questo settore le nuove costruzioni e la conservazione dei Beni Culturali, sembra che le nanotecnologie stiano fornendo un notevole impulso all'innovazione nei processi e nei prodotti tradizionali.

Il Convegno ha voluto promuovere la conoscenza delle nanotecnologie e delle applicazioni, offrendo una panoramica sulle attività di ricerca in corso in ambito nazionale e internazionale, sulle tecniche e sui prodotti esistenti. In altri termini il Convegno ha voluto costituire una valida occasione per verificare lo stato dell'arte delle nanotecnologie per l'architettura, nonché un'opportunità di confronto tra rappresentanti delle istituzioni pubbliche e dell'industria, al fine di stimolare l'avvio di iniziative in grado di facilitare l'impegno in questo campo.

Nanotechnology is multidisciplinary issues, involving various research topics: from molecular biology to chemistry, from materials science to physics. Over the last decade the applications of nanotechnology have been developed rapidly influencing several industry areas, having significant economic implications. Their pervasiveness is primarily due to their effect to the materials: from wood to textiles up to self-cleaning cement materials, allowing them new features and unusual performance. The dissemination of knowledge on nanotechnology, nanomaterials and their use is now a necessary step by considering the enormous potential applications that nanotechnologies offer in terms of materials development, techniques and uses. In particular, in the architecture field, including both new construction and Cultural Heritage with its conservation, nanotechnology is providing a significant input to innovation in processes and traditional products.

The Conference aims at promoting knowledge of nanotechnology and its application in the construction field, providing an overview of the ongoing research activities in the international area, the available techniques and the existing products. The Conference represents a good opportunity to review the status of art in the application of nanotechnologies to architecture allowing to a cultural exchange among people from public institutions and industry in order to stimulate the initiatives of cooperation, and to start up and speed up the efforts in this field.

ISBN 88-6026-076-5

