



Atti del Workshop:
Tecniche Speciali e Avanzate di
Dosimetria e
Radioprotezione

24 | 06 | **DUEMILASEDICI**

Dipartimento di Fisica e Chimica

Viale delle Scienze, Edificio 18 - PALERMO

Presidente del Workshop
Prof.ssa Maria Brai

21 
Università degli Studi di Palermo 1806-2016

A cura di
Francesca Alberghina
Giorgio Collura
Cristina D'Oca
Salvatore Gallo
Maurizio Marrale
Stefania Nici
Salvatore Panzeca
Michele Quartararo
Luigi Tranchina

**Atti del Workshop:
Tecniche Speciali e Avanzate di Dosimetria e Radioprotezione**

CODICE ISBN: 9788894124514



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO



Tecniche Speciali ed Avanzate di Dosimetria e Radioprotezione

24 Giugno DUEMILASEDICI, Palermo

ISBN 978-88-94124514

SESSIONE DI DOSIMETRIA RETROSPETTIVA

RELAZIONE GENERALE

La dosimetria retrospettiva: stato dell'arte e strategie future **Pag.66**
P. Fattibene

COMUNICAZIONI ORALI

Analisi dei vetri di orologi tramite risonanza paramagnetica elettronica (EPR) e termoluminescenza (TL) per dosimetria retrospettiva **Pag.68**
A. Longo, M. Marrale, A. Bartolotta, M.C. D'Oca, S. Gallo, S. Panzeca, G. Collura, S. Nici, M. Brai

Progettazione di risonatori per misure EPR non distruttive in banda X **Pag.71**
L. Di Trocchio, C. De Angelis, G. De Angelis, S. Della Monaca, L. Ficcadenti, M. Lucentini, A. Mostacci, L. Piersanti, S. Pisa, E. Pittella, M.C. Quattrini, F. Santavenere, P. Fattibene

Pulse EPR methods for characterization of ionizing radiations **Pag.74**
A. Barbon



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO



Tecniche Speciali ed Avanzate di Dosimetria e Radioprotezione

24 Giugno DUEMILASEDICI, Palermo

ISBN 978-88-94124514

SESSIONE 3

Dosimetria Retrospettiva

Moderatore: Dr.ssa **Letizia Barone Tonghi**
*Azienda Ospedaliera di Rilievo Nazionale e di Alta
Specializzazione, GARIBALDI di Catania*



Analisi dei vetri di orologi tramite risonanza paramagnetica elettronica (EPR) e termoluminescenza (TL) per dosimetria retrospettiva

A. Longo^{1,2}, M. Marrale^{1,2}, A. Bartolotta¹, M.C. D'Oca¹,
S.Gallo^{1,2}, S. Panzeca^{1,2}, G. Collura^{1,2}, S. Nici¹, L. Tranchina³, M. Brai^{1,2}

¹ Dipartimento di Fisica e Chimica, Università degli Studi di Palermo, viale delle Scienze, Ed.18, Palermo

² Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) – Sezione di Catania, via Santa Sofia 64, 95123 Catania

³ ATeN Center - Università degli Studi di Palermo, viale delle Scienze, Ed.18, Palermo

e-mail: anna.longo@unipa.it

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni è cresciuto il rischio di esposizioni radiologiche non controllate della popolazione, sia a causa di incidenti associati ad applicazioni industriali e mediche delle radiazioni ionizzanti sia in seguito ad incidenti legati all'abbandono o alla dismissione di sorgenti ma anche ad un uso criminale di materiale radioattivo [1–3]. Gli effetti biologici prodotti dalle radiazioni ionizzanti dipendono fortemente dalla quantità di energia impartita per unità di massa (dose assorbita) [4]. Pertanto, nell'ambito di un incidente radiologico, disporre di procedure di ricostruzione della dose assorbita da un individuo può contribuire oltre che ad identificare i membri della popolazione eventualmente coinvolti anche a stimare la gravità del danno subito. Inoltre per prevedere i possibili effetti a lungo termine e programmare un corretto trattamento terapeutico può essere altresì importante conoscere la distribuzione di dose al corpo [5, 6].

Poiché la popolazione comune non indossa dosimetri individuali specifici, diviene indispensabile la ricerca di dosimetri di emergenza tra i materiali facilmente reperibili sulla persona esposta o sul luogo dell'evento. I dosimetri fortuiti devono essere di facile acquisizione, semplici da preparare per le misure ed è auspicabile che l'intera procedura per la ricostruzione della dose in condizioni di emergenza sia rapida e non invasiva. È importante, inoltre, che la loro lettura sia sufficientemente sensibile da permettere la misura di dosi clinicamente significative (sicuramente inferiori ai 10 Gy) e la differenziazione tra valori di dose appartenenti ai diversi intervalli di dose di interesse per la dosimetria in caso di emergenza radiologica [7, 8].

L'insieme delle misure finalizzate alla ricostruzione della dose ricevuta in un passato recente o lontano vengono descritte collettivamente come dosimetria retrospettiva [6]. Si parla di dosimetria retrospettiva accidentale qualora le valutazioni siano mirate a ricostruire dosi ricevute in seno ad incidenti ai quali è associata emissione di radiazioni ionizzanti. Spesso le esposizioni accidentali dei membri della popolazione sono localizzate o comunque molto eterogenee. In tal caso, può essere utile adottare come dosimetri accidentali oggetti prossimi a diverse parti del corpo così da poter ricostruire la distribuzione di dose al corpo stesso. Per tale motivo vari tipi di materiali organici ed inorganici, prelevabili direttamente dagli individui o da oggetti in loro stretta prossimità, sono stati sottoposti ad esperimenti, anche con più tecniche sperimentali, per studiarne le potenzialità come dosimetri individuali fortuiti. Sono state prese in considerazione tecniche di dosimetria biologica e di dosimetria fisica. Queste ultime, in particolare, consentono una misura indiretta della dose tramite valutazione degli effetti fisici indotti dalle radiazioni ionizzanti. Tra le varie tecniche di dosimetria fisica, la spettroscopia di risonanza di spin elettronico (ESR) permette la valutazione quantitativa della concentrazione delle specie paramagnetiche radioindotte che è strettamente legata alla dose assorbita. Invece, la termoluminescenza (TL) fornisce informazioni sulla dose di irraggiamento tramite la misura della concentrazione di elettroni indotti dalla radiazione ionizzante nelle trappole della struttura di materiali isolanti o semiconduttori.

L'obiettivo di questo lavoro è l'analisi delle proprietà dosimetriche campioni di vetro minerale, quale quello presente sui quadranti degli orologi da polso, irradiati con fasci di fotoni tramite spettroscopia EPR e tecnica TL.

MATERIALI E METODI

Gli irraggiamenti con fotoni sono stati realizzati presso l'Unità di Radioterapia M. Ascoli di Palermo per

mezzo dell'acceleratore lineare LINAC (Linear Accelerator Siemens Primus Low) a 6 MV. I dischi di vetro sono stati irradiati dopo essere stati inseriti in un fantoccio di perspex ad una profondità di 5 cm; la sezione del fascio utilizzato è stata di $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alla superficie del fantoccio, in modo da assicurare l'omogeneità di dose impartita ai campioni irradiati.

Le misure di risonanza paramagnetica elettronica sono state realizzate a temperatura ambiente tramite uno spettrometro EPR Bruker ECS106, equipaggiato con una cavità rettangolare TE₁₀₂. I campioni di vetro sono stati inseriti in un tubo di quarzo e posizionati in cavità nella posizione di segnale massimo.

Tutte le glow curve TL (emissione di termoluminescenza in funzione della temperatura) sono state registrate con un lettore TL Harshaw 3500. I parametri strumentali sono stati fissati come segue: voltaggio pari a 500 V; preriscaldamento del campione a 60 °C per 10 s; rateo di riscaldamento di 5 °C/s; temperatura finale pari a 360 °C. È stato, inoltre, utilizzato un opportuno filtro che riduce almeno parzialmente la radiazione di corpo nero.

RISULTATI e DISCUSSIONE

Campioni di vetro da orologio sono stati esposti a fotoni prodotti da acceleratore lineare a 6MV, nell'intervallo di dose 1-10 Gy. In Figura 1 sono riportati gli spettri EPR di due campioni di vetro d'orologio: a) irradiato con fotoni da 6MV a 8 Gy e b) non irradiato. Il segnale radioindotto dai fotoni si trova nella regione spettroscopica $g \approx 2.0$ e ha una larghezza picco-picco di 1.52 mT; in letteratura è suggerita la possibile attribuzione di questo tipo di segnale, osservato in molte tipologie di vetro, ad un centro di lacuna dell'ossigeno derivante da una rottura del legame Si-O [9].

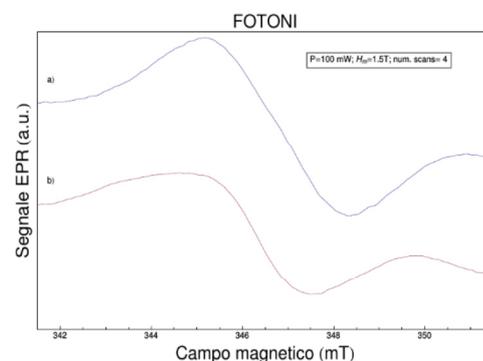


Figura 1

Nell'intervallo ridotto 1-10 Gy (Figura 2) la risposta EPR in funzione della dose (dopo la sottrazione del segnale di zero dose) ha un andamento lineare con intercetta compatibile con lo 0. Tramite una procedura di fit dei dati con una relazione lineare si ricava per questo fascio di radiazione un valore di minima dose rivelabile di 1.3 Gy.

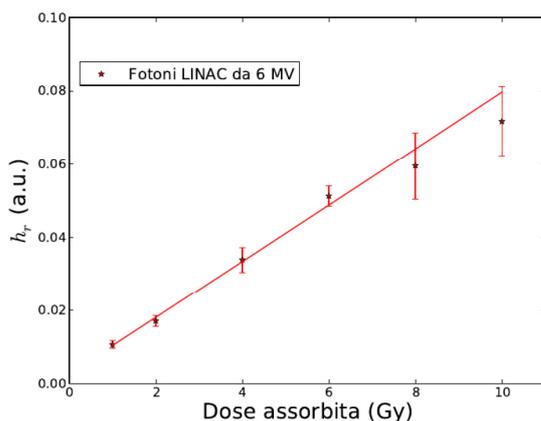


Figura 2

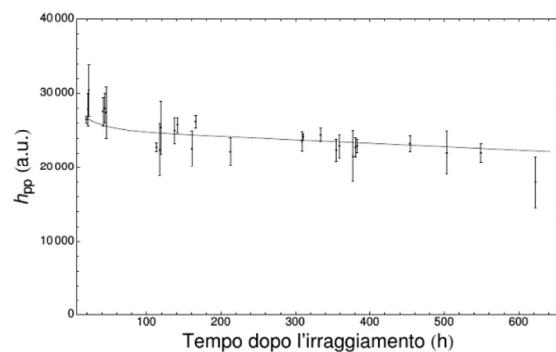


Figura 3

È stata analizzata la stabilità del segnale EPR radiosensibile monitorando le variazioni nel tempo della sua ampiezza picco-picco nel corso di una settimana dopo l'irraggiamento. La Figura 3 mostra i dati ottenuti per un campione di vetro irradiato con fotoni a 20 Gy. Nelle prime ore dopo l'esposizione il segnale comincia a diminuire. Dopo circa 200 h continua a ridursi ma molto più lentamente. Nel corso di una settimana si registra una perdita complessiva di circa il 15%.

Le glow curve dei vetri da orologio irradiati con fotoni LINAC da 6 MV, nell'intervallo 0.2 Gy-20 Gy, presentano un singolo picco centrato intorno a 230° C. In Figura 4 si possono osservare le glow curve di campioni di vetro da orologio irradiati a quattro valori di dose: 0.5 Gy, 1 Gy, 3 Gy, 5 Gy. L'emissione TL cresce al crescere della dose di esposizione. Per ogni glow curve registrata è stato calcolato il segnale TL (o risposta TL) come integrale della glow curve in una regione di interesse centrata alla temperatura corrispondente al valore massimo della glow curve e larga 90°C. Il segnale integrato è stato normalizzato alla massa del campione.

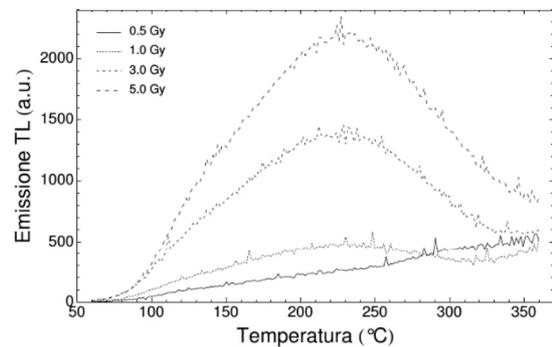


Figura 4

La risposta TL in funzione della dose di esposizione a fotoni ha mostrato una crescita lineare al crescere della dose nell'intervallo 0.2-20 Gy (Figura 5) con confermato dal fit lineare caratterizzato da $R^2=0.99847$. Anche per le misure di termoluminescenza è stata calcolata la minima dose rivelabile dalla curva della risposta TL alla dose di irraggiamento. Per questi vetri esposti a fotoni e analizzati con TL si ricava un valore di minima dose rivelabile pari a circa 0.1 Gy, quindi un ordine di grandezza inferiore rispetto al valore ottenuto tramite TL.

Anche per il segnale TL è stata analizzata la stabilità nel tempo di campioni irradiati. La principale riduzione del segnale è stata osservata nelle prime 25 h dopo l'irraggiamento e si aggira intorno al 25% del segnale iniziale. Per tempi successivi il segnale rimane pressochè costante anche dopo una settimana.

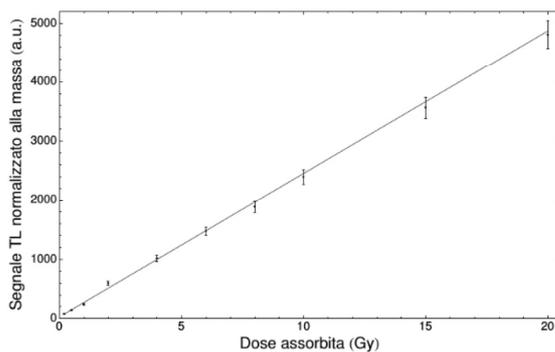


Figura 5

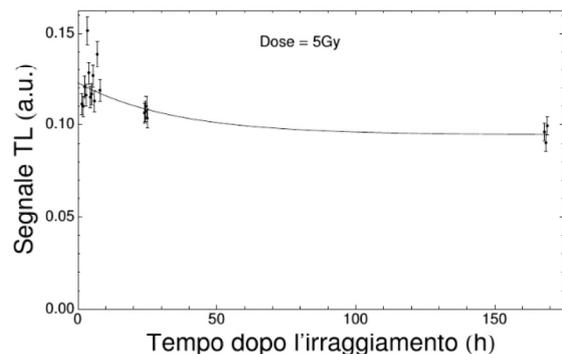


Figura 6

CONCLUSIONI

Da questo lavoro si conclude che i vetri di orologio possono essere utilizzati per la dosimetria retrospettiva tramite EPR e TL. Quest'ultima risulta essere più sensibile e permette di ricostruire dosi di irraggiamento inferiori.

Bibliografia

- [1] Alexander G.A., Swartz H. M., and Amundson S. A. Radiat. Meas., 42:972–996, 2007.
- [2] Turai I. and Veress K. DEJOEM, 7:3–14, 2001.
- [3] Nenot J. C. J. Radiol. Prot., 29:301–320, 2009.
- [4] Hobbie R.K. and Roth B.J. Intermediate Physics for Medicine and Biology. Springer, New York, 2007.
- [5] Regulla D. F. Appl. Radiat. Isot., 62:117–127, 2005.
- [6] International Commission on Radiation Units and measurements. Retrospective assessment of exposures to ionising radiation. Technical report, ICRU reports, 2002.
- [7] Swartz H.M., et al. P. Radiat. Prot. Dosim., 120:163–170, 2006.
- [8] E. A. Ainsbury et al. Radiat. Prot. Dosim., 147(4):573–592, 2011.
- [9] Trompier F. et al. Ann. Ist. Super. Sanità, 45(3):287–296, 2009.



INDICE PER AUTORI

A

B.F. Abbate	112
L. Abbene	78
F. Alberghina	62
S. Altieri	107
E. Amato	16
M.C. Angiocchi	23,26,83
G.R. Asero	16,95

B

F. Baffigi	18
A. Baldi	43
A. Barbon	74
L. Barone Tonghi	95
A. Bartoli	43
A. Bartolotta	68
A. Bazani	13
G. Benecchi	86
E. Bonanno	29
I. Bonaparte	23,26,83
E. Bortolin	60
S. Bortolussi	107
A. Botta	82
M. Brai	31,34,38,62,68,112
A. Brogna	23,83
M. Bruzzi	43
G. Burrafato	16

C

R. Caivano	86
M.C. Cantone	21
G. Caputo	16,
V. Caputo	34,38,112
S. Caracappa	112
G. Cassata	112
R. Catalano	51
N. Cavalli	29
S.Chillura Martino	97
N. Chiodini	21
S. Cialdi	21
S. Cilla	86
G. Collura	31,62,68,107,112,115
L. Cristaldi	110
T. Cucchiara	34
F. Cuccia	34
I. Cupparo	43

D

E. D'Ippolito	21
C. De Angelis	60,71
G. De Angelis	71
C. De Mattia	21
S. Della Monaca	71
F. Deodato	86
F. d'Errico	31,76,112
M. Di Carlo	110
G. Di Chiara	97,100,103
G.V. Di Martino	95
L. Di Trocchio	71
C. Dispenza	110
L.A. Ditta	110
M.C. D'Oca	68

F

D. Falco	86
M. Fasoli	21
P. Fattibene	60,66,71
M. Ferrari	107
G. Ferrera	38
G. Feti	23,83
L. Ficcadenti	71
A. Fidanzio	86
V. Figlia	38
D. Fiore	97
L. Fulgentini	18
V. Fusco	86

G

C. Gagliardo	31
S. Gallo	31,62,68,107,112,115
C. Ganci	103
M. Gargano	21
M. Garioni	13
G. Garreffa	82
G. Gerardi	78
D. Giacomazza	110
G. Giangrande	103
C. Gianino	51
M.C. Gilardi	18
A. Girlando	29
A. Giulietti	18
L.A. Gizzi	18
F. Greco	86
M. Grusio	86
A.M. Gueli	16,29,31,41,95



I

G. Iacoviello	31,34,38,107,115
I. Ielo	23,26,83
G. Immè	51
P.L. Indovina	82

K

P. Koester	18
------------	----

L

L. Labate	18
R. Lagalla	92
D. Lamia	18
A. Lo Casto	92
G. Loi	21
A. Longo	31,62,68,107
N. Luca	34
M. Lucentini	71
N. Ludwig	21

M

M. Magnoni	47
S. Manenti	59
G. Mangano	51
G. Mannino	16
N. Marchese	97
C. Marino	29
M. Marrale	31,34,62,68,92,107,112,115
F. Martorana	103
S. Menna	86
A. Micali	23,26,83
F. Midili	26
V. Militello	110
P. Milone	41
E. Mones	21
V. Mongelli	23
D. Morelli	51
A. Mostacci	71
S. Mutolo	112

N

S. Nici	31,62,68,107,112,115
E. Nicolai	89
R. Nigro	86
D. Nuzzo	110

O

L. Orlandini	86
--------------	----

P

C. Pace	97
D. Palla	18
S. Pallotta	43

S. Panzeca	34,38,62,68,107,115
A. Parlato	97,100,103
G. Pedroli	13
G. Pellegriti	95
G. Perrone	103
G. Petrillo	41
C. Petrucci	89
P. Picone	110
A. Piermattei	86
L. Piersanti	71
S. Pisa	71
P. Pisciotta	18,89
E. Pittella	71
I. Postuma	107
F. Principato	78
N. Protti	107

Q

M.C. Quattrini	60,71
----------------	-------

R

L. Raffaele	41
P. Randaccio	105
G. Raso	78
S. Rizzo	62
G. Russo	18,89

S

M.A. Sabatino	110
M.G. Sabini	89
S. Salerno	92
P. San Biagio	110
A.S. Santamaria	54
F. Santavenere	71
G. Savoca	34,38
M. Scaringella	43
L. Scopelliti	92
C. Siragusa	26,83
G. Spadaro	110
S. Spampinato	41
M. Spanò	38,112

T

M.A. Tabocchini	60
C. Talamonti	43
E. Tomarchio	38,97,100,103
L. Tranchina	31,62,112
C. Tudisca	92

V

L.M. Valastro	89
A. Vedda	21
I. Veronese	21