



Bài báo nghiên cứu

XÁC ĐỊNH MỘT SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA LIỀU KẾ QUANG PHÁT QUANG TẠI PHÒNG CHUẨN LIỀU CẤP 2 - TRUNG TÂM HẠT NHÂN THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Trịnh Thị Thảo Quyên¹, Lê Hữu Lợi¹, Lê Mạnh Trí²,
Trương Trường Sơn², Ông Quang Sơn¹, Hồ Văn Doanh¹, Đào Văn Hoàng¹

¹Trung tâm Hạt nhân Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

*Tác giả liên hệ: Trịnh Thị Thảo Quyên – Email: trinhthithaoquyen@gmail.com

Ngày nhận bài: 28-02-2024; ngày nhận bài sửa: 07-11-2024; ngày duyệt đăng: 19-11-2024

TÓM TẮT

Liều kế quang phát quang (OSL) được sử dụng phổ biến trên thế giới, phải tuân theo tiêu chuẩn chất lượng của IEC và khuyến cáo của IAEA. Tại Việt Nam, nghiên cứu về khả năng đáp ứng các tiêu chuẩn này của liều kế OSL còn hạn chế. Nghiên cứu này nhằm đánh giá các đặc trưng cơ bản của liều kế OSL như độ đồng đều, ngưỡng nhạy, đáp ứng tuyến tính và ảnh hưởng của phẩm chất chùm tia chiếu, nhằm phục vụ công tác đảm bảo an toàn bức xạ tại Việt Nam. Thực nghiệm được thực hiện tại Phòng chuẩn liều cấp 2 – Trung tâm Hạt nhân Thành phố Hồ Chí Minh, sử dụng bức xạ gamma từ nguồn Cs-137 và chùm tia X phổ hẹp theo tiêu chuẩn ISO 4037:2019. Hệ đọc MicroStar được dùng để đo giá trị tương đương liều cá nhân Hp(10). Kết quả cho thấy, ngưỡng nhạy của liều kế là 0,043 mSv, độ đồng đều đạt 7% trong trường chiếu đồng nhất với tia gamma và 10,43% khi được chiếu hỗn hợp tia gamma và tia X. Liều kế đảm bảo tuyến tính trong dải liều thấp 0,1-15mSv với phương trình làm khớp có hệ số góc 0,88, đồng thời thỏa mãn yêu cầu về độ lặp lại với giá trị si và sj lần lượt là 0,03 và 0,062. Có thể kết luận liều kế OSL đáp ứng được tiêu chuẩn của IEC và IAEA.

Từ khóa: Hp(10); liều kế OSL; liều kế cá nhân; phòng chuẩn liều cấp 2

1. Mở đầu

Việc đánh giá chính xác các đặc tính của liều kế quang phát quang (Optically Stimulated Luminescence Dosimeter – Liều kế OSL) là hết sức quan trọng trong việc xác định tương đương liều cá nhân của người hoặc vật thể bị chiếu xạ ngoài trong một khoảng thời gian cụ thể. Bên cạnh những ưu điểm vượt trội khi sử dụng như không cần nguồn nhiệt cao và có thể đọc lại kết quả nhiều lần, các đại lượng đặc trưng của liều kế OSL cần đảm

Cite this article as: Trịnh Thị Thảo Quyên, Lê Hữu Lợi, Lê Mạnh Trí, Trương Trường Sơn, Ông Quang Sơn, Hồ Văn Doanh, & Đào Văn Hoàng (2024). Determining characteristics of optically stimulated luminescence dosimeters at Center for Nuclear Technologies. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 21(11), 2077-2089.

bảo các tiêu chuẩn chất lượng của Ủy ban kỹ thuật điện quốc tế (International Electrotechnical Commission – IEC) và các khuyến cáo của Cơ quan năng lượng nguyên tử quốc tế (International Atomic Energy Agency – IAEA). Mặc dù liều kế OSL đã được sử dụng phổ biến trong công nghiệp và y tế trên toàn thế giới (Ondo Meyé et al., 2017; Yukihara et al., 2011), tuy nhiên tại Việt Nam liều kế OSL vẫn còn nhiều tiềm năng áp dụng. Tại Viện Nghiên cứu Hạt nhân Đà Lạt đã có các nghiên cứu về việc chuẩn hóa liều trong nghiên cứu sinh học phóng xạ sử dụng liều kế OSL (Nguyễn et al., 2018). Một nhóm nghiên cứu đến từ Trường Đại học Nguyễn Tất Thành đang thực hiện đánh giá và nghiên cứu cải thiện phép đo liều mắt cho các nhân viên y tế làm việc với bức xạ dùng liều kế OSL. Trong xạ trị y tế, liều kế OSL loại nanodot bắt đầu được sử dụng nhằm theo dõi quá trình điều trị của bệnh nhân. Để đảm bảo tính chính xác, các liều kế cần được đánh giá các tiêu chí cần thiết về chất lượng trước khi đưa vào áp dụng. Các nghiên cứu và báo cáo liên quan đến việc đánh giá khả năng đáp ứng tiêu chuẩn của liều kế loại này với liều bức xạ ở mức an toàn chủ yếu được thực hiện tại Viện Khoa học và Kỹ thuật Hạt nhân (Le et al., 2016). Tại Trung tâm Hạt nhân Thành phố Hồ Chí Minh với đầy đủ các điều kiện về thiết bị chiếu chuẩn cũng như sở hữu một lượng lớn liều kế OSL, hoàn toàn đảm bảo các tiêu chuẩn để khảo sát bước đầu cũng như mở ra những hướng nghiên cứu ứng dụng liều kế OSL vào các lĩnh vực phục vụ đời sống.

Từ tình hình thực tế về nhu cầu sử dụng và các yêu cầu về đáp ứng kỹ thuật, nghiên cứu này được thực hiện với mục đích là đánh giá thực nghiệm các đặc tính cơ bản của liều kế OSL loại Inlight nhằm xem xét khả năng đáp ứng các tiêu chuẩn về liều kế thụ động của IEC, phục vụ nhu cầu thực tế trong công tác đảm bảo an toàn bức xạ. Các thông số được xác định bao gồm: độ đồng đều, ngưỡng nhạy, đáp ứng tuyến tính tại khoảng liều thấp và khảo sát sự phụ thuộc vào tính chất chùm tia chiếu. Để thực hiện các nội dung này, các liều kế OSL được chiếu xạ với các phẩm chất bức xạ khác nhau: Bức xạ gamma sử dụng nguồn Cs-137 và bức xạ tia X sử dụng hệ chiếu chuẩn tia X chuỗi phổ hẹp theo chuẩn ISO 4037:2019 với các phẩm chất phổ hẹp N-40, N-60, N-80, N-100, N-120. Việc chiếu liều chuẩn cho liều kế cá nhân được tiến hành tại Phòng chuẩn liều cấp 2 thuộc Trung tâm Hạt nhân Thành phố Hồ Chí Minh. Hệ đọc MicroStar được sử dụng để đọc giá trị tương đương liều cá nhân Hp(10) đối với liều kế OSL.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Liều kế quang phát quang loại Inlight của hãng Landauer được sử dụng làm đối tượng nghiên cứu. Liều kế loại này được tạo thành từ bốn phần tử nhôm oxit pha tạp carbon có đường kính 5,0 mm và dày 0,3 mm ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$) được lắp vào một thanh trượt, ở trên có gắn các tấm lọc tương ứng với 4 vị trí đầu dò từ E1 đến E4 dùng để đo các đại lượng liều cá nhân như tương đương liều cá nhân Hp(10), liều da Hp(0,07), liều thủy tinh thể của mắt Hp(3) và liều beta. Do $\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ có nguyên tử khối hiệu dụng là $Z_{\text{eff}} = 11,3$ nên liều kế OSL được gọi

là liều kế không tương đương mô và có độ nhạy phụ thuộc vào năng lượng chùm tia chiếu. Dải liều cho bức xạ photon là 50 μSv đến 10 Sv và cho bức xạ beta là 100 μSv đến 10 Sv.

2.2. Quy trình thực hiện thí nghiệm

2.2.1. Chiếu chuẩn liều kế

Việc chiếu xạ các liều kế OSL được thực hiện tại phòng chuẩn liều cấp 2 thuộc Trung tâm Hạt nhân Thành phố Hồ Chí Minh theo tiêu chuẩn ISO 4037:2019. Thiết bị chiếu xạ Hopewell Designs bao gồm hệ chiếu chuẩn bức xạ gamma G10 Irradiator System (G10-1-12-E) sử dụng nguồn Cs-137 (661,7 keV) với hoạt độ 26,973 Ci (13/05/2019) và hệ chiếu chuẩn bức xạ tia X phổ hẹp Model X80-160-E với các phẩm chất bức xạ khác nhau: N-40 (33,3 keV), N-60 (47,9 keV), N-80 (65,2 keV), N-100 (83,3 keV) và N-120 (100,0 keV). Trường suất liều gamma từ nguồn Cs-137 được sử dụng có dải liều từ 9,4 đến 47183,2 $\mu\text{Sv/h}$ (Nguyen et al., 2021), và trường chuẩn liều tia X có dải liều từ 17,2 đến 21477,5 $\mu\text{Sv/h}$ (tương ứng cho phẩm chất tia X phổ hẹp N-80) (Le et al., 2022; Ong et al., 2021). Trong nghiên cứu này, để có được thời gian chiếu liều chuẩn phù hợp, suất liều gamma được sử dụng khoảng 7000 $\mu\text{Sv/h}$, suất liều tia X phổ hẹp đối với phẩm chất N-40, N-60, N-80 khoảng 4000 $\mu\text{Sv/h}$, đối với N-100 và N-120 khoảng 3000 $\mu\text{Sv/h}$.

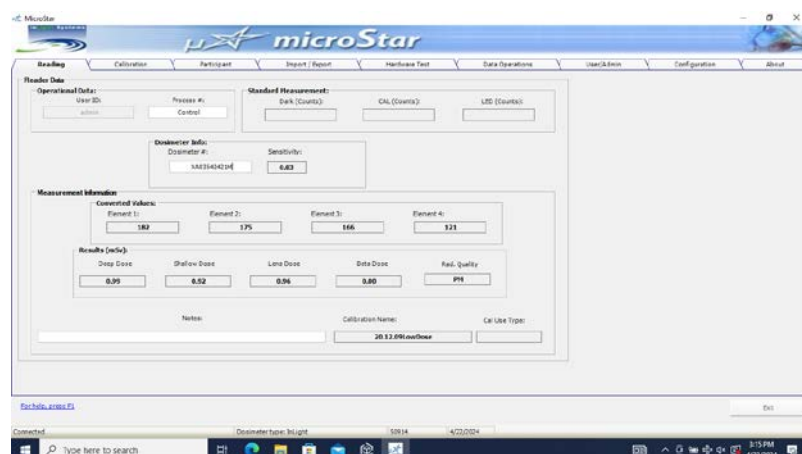


Hình 1. *Bố trí chiếu chuẩn các nhóm liều kế*

Lấy ngẫu nhiên 100 liều kế OSL trong bộ 1000 cái chia thành 20 nhóm, mỗi nhóm 5 liều kế được chiếu xạ trong các điều kiện trường xạ xác định trước. Các nhóm liều kế OSL được cố định tại vị trí chính giữa, mặt trước của ISO Slab phantom với kích thước 30cm×30cm×15cm (theo tiêu chuẩn của ICRP về phantom dùng cho xạ trị trong y tế) bằng băng dính (Hình 1). Quy trình chiếu xạ các liều kế tuân thủ theo ISO 4037:2019 với góc chiếu trực diện (góc tới 0°). Các liều kế sau khi chiếu chuẩn được lưu giữ trong điều kiện phòng thí nghiệm, thời gian lưu giữ là 24 giờ trước khi tiến hành đọc kết quả liều.

2.2.2. Đọc kết quả liều

Liều kế trước khi chiếu chuẩn lần lượt được đọc giá trị phong nội tại, sau khi đã xóa thông tin liều bức xạ bằng thiết bị Pocket Annealer của hãng Landauer với thời gian thực hiện là 90s. Liều kế sau chiếu chuẩn được giữ đến khi ổn định thì đọc kết quả liều tương đương cá nhân Hp(10) trên Hệ đọc MicroStar. Các số liệu được xử lý và hiển thị kết quả đọc liều bởi phần mềm μStar tích hợp trên máy tính kết nối với hệ đọc Microstar (Hình 2).



Hình 2. Phần mềm đọc kết quả liều kế Microstar

Giá trị liều cần đo (D_{mea}) là hiệu số của liều đọc (D_{read}) với liều phong nội tại (D_{bg}) của từng liều kế tương ứng (công thức (1)).

$$D_{mea} = D_{read} - D_{bg} \quad (1)$$

Trong nghiên cứu này sẽ khảo sát và đánh giá các đặc trưng sau: độ đồng đều, ngưỡng nhạy, độ phụ thuộc tuyến tính của các liều kế OSL trong dải liều thấp, sự phụ thuộc khi chiếu hỗn hợp liều kế trong trường gamma và tia X, và độ lặp lại của các liều kế OSL. Tiêu chuẩn của Ủy ban kỹ thuật điện quốc tế IEC 61066:2006 và IEC 62387:2020 được áp dụng đối với các liều kế cá nhân thụ động nhiệt phát quang (TLD) và cũng được chấp nhận đối với liều kế quang phát quang (OSL) (IEC, 2006; IEC, 2020).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Độ đồng đều

Độ đồng đều của một bộ liều kế là độ đồng nhất về khả năng ghi nhận liều chiếu của các liều kế trong cùng một mẻ sản xuất. Theo tiêu chuẩn IEC 61066:2006, độ đồng đều của từng nhóm liều kế được đảm bảo khi giá trị H không vượt quá 30%, với H được xác định theo công thức (2) (IEC, 2020):

$$H(\%) = \frac{D_{mea \max} - D_{mea \min}}{D_{mea \min}} 100\% \quad (2)$$

trong đó, $D_{mea \max}$ và $D_{mea \min}$ lần lượt là các giá trị liều đo cao nhất và thấp nhất.

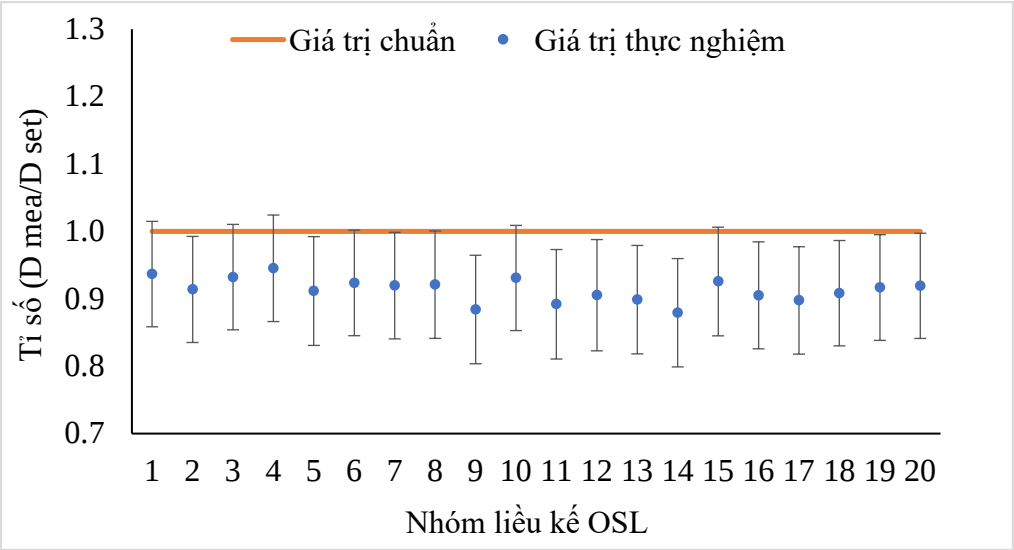
Để khảo sát độ đồng đều trong nghiên cứu này, 20 nhóm liều kế đã được chiếu chuẩn lần lượt bởi hệ chuẩn bức xạ gamma (nguồn Cs-137) với liều đối chiếu là 2 mSv. Sau khi chiếu chuẩn các liều kế được lưu giữ cho ổn định và tiến hành đọc giá trị liều. Đánh giá kết quả độ đồng đều của các liều kế trong cùng một bộ liều kế được trình bày trong Bảng 1.

Kết quả cho thấy trong cùng một nhóm, khả năng ghi nhận tín hiệu liều chiếu và tương thích hệ đọc của các liều kế OSL được đảm bảo đồng đều nhau với độ lệch trong khoảng từ 1,76% (nhóm 13) đến 13,53% (nhóm 14).

Bảng 1. Độ đồng đều của các liều kế OSL trong từng bộ liều kế

TT nhóm OSL	$D_{mea\ max}$	$D_{mea\ min}$	H, %
1	1,95	1,75	10,44
2	1,87	1,81	3,22
3	1,92	1,81	5,52
4	1,93	1,80	6,84
5	1,87	1,73	7,17
6	1,94	1,77	8,37
7	1,97	1,75	10,78
8	1,89	1,75	7,61
9	1,80	1,66	7,87
10	1,93	1,80	6,54
11	1,82	1,75	3,95
12	1,86	1,67	10,02
13	1,82	1,79	1,76
14	1,86	1,61	13,53
15	1,96	1,74	11,11
16	1,88	1,74	7,36
17	1,86	1,73	7,00
18	1,84	1,80	1,96
19	1,89	1,78	5,61
20	1,93	1,77	8,20

Tỉ số giữa giá trị liều đọc so với giá trị liều chiếu chuẩn (D_{set}) cho liều kế được biểu thị trên đồ thị Hình 3. Kết quả cho thấy, các tỉ số thực tế thu về trong thí nghiệm này có giá trị nằm trong khoảng từ 0,88 đến 0,95.



Hình 3. Đồ thị khảo sát độ đồng đều của 20 nhóm liều kế OSL

Với 20 lần chiếu khác nhau dưới cùng một điều kiện chiếu chuẩn của 20 bộ liều kế OSL, kết quả giá trị liều trung bình đo được nhỏ nhất là $D_{mea \min} = 1,76$ mSv và lớn nhất là $D_{mea \max} = 1,89$ mSv. Từ đó giá trị H được tính toán dựa trên công thức (2) và có kết quả là 7,0% không vượt quá 30%. Điều đó cho thấy rằng 20 nhóm liều kế OSL đạt được độ đồng đều trong ghi nhận tín hiệu và trong đáp ứng hệ đọc kết quả.

Từ đó, có thể kết luận rằng độ đồng đều của 100 liều kế OSL loại Inlight của hãng Launder tại Trung tâm Hạt nhân TP.HCM đạt chuẩn về quy định sử dụng liều kế trong giám sát cá nhân và môi trường đối với bức xạ photon của Ủy ban Kỹ thuật Điện Quốc tế IEC (IEC 62387:2020).

3.2. Ngưỡng nhảy

Ngưỡng nhảy của liều kế được hiểu là mức liều nhỏ nhất có thể đo được của một liều kế cá nhân và là một hàm biến đổi thống kê của những tín hiệu phong thu được từ những liều kế không được chiếu xạ (Yukihara et al., 2011). Với phương pháp liều tối thiểu có thể xác định được, ngưỡng nhảy được xác định bởi k lần độ lệch chuẩn (σ_{Bg}) của các giá trị lặp lại hoặc đồng thời của liều kế không tiếp xúc (hay còn gọi là phong nội tại của liều kế), trong đó k là hệ số phủ có thể thu được từ phân phối Gaussian. Đối với liều kế OSL và hệ thống đọc kết quả liều Microstar Inlight, giá trị k bằng 3 tương ứng với độ tin cậy là 99,73%. Do đó, ngưỡng nhảy của liều kế OSL (D_L , mSv) được xác định công thức sau:

$$D_L = 3 \cdot \sigma_{Bg} \quad (3)$$

Trong nghiên cứu này, 10 nhóm liều kế OSL đã đảm bảo về độ đồng đều được xóa thông tin liều bức xạ và đọc giá trị phong nội tại. Giá trị phong nội tại trung bình của 10 nhóm và độ lệch chuẩn tương ứng được trình bày tại Bảng 2.

Theo đó, giá trị phong nội tại trung bình đọc được ở cả 10 nhóm là 0,05 mSv, độ lệch chuẩn $\sigma_{bg} = 0,014$ mSv. Kết quả thu được ngưỡng nhảy của liều kế đạt 0,043 mSv. Giá trị này gần bằng với giá trị được thông báo từ nhà sản xuất là 0,05 mSv và cũng phù hợp với nghiên cứu khảo sát của nhóm tác giả từ Viện khoa học và kỹ thuật hạt nhân.

Bảng 2. Kết quả giá trị liều phong nội tại của các nhóm liều kế OSL

TT LK /nhóm	Giá trị liều phong nội tại của từng nhóm liều kế, mSv									
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10
1	0,04	0,06	0,03	0,08	0,05	0,07	0,04	0,04	0,04	0,04
2	0,04	0,07	0,04	0,07	0,05	0,03	0,04	0,05	0,05	0,04
3	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,04	0,06	0,05
4	0,04	0,06	0,06	0,07	0,04	0,05	0,03	0,03	0,05	0,09
5	0,04	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,06	0,04	0,03
Trung bình	0,04	0,05	0,04	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05
σ_{Bg}	0,004	0,016	0,011	0,016	0,008	0,015	0,011	0,011	0,008	0,023

3.3. *Đáp ứng tuyến tính trong khoảng liều thấp*

Sự đáp ứng tuyến tính của liều kế OSL là một hàm phụ thuộc của tín hiệu quang phát quang với liều chiếu. Thông thường đối với dải liều thấp, đáp ứng liều là tuyến tính. Khi liều chiếu tăng lên, đáp ứng bắt đầu trở nên phi tuyến tính và khi tiến gần tới điểm bão hòa, đáp ứng trở thành dưới tuyến tính. Theo tiêu chuẩn của IEC 62387:2020, dựa theo các tiêu chuẩn quốc tế như đã nêu, sự đáp ứng tuyến tính của liều kế được đánh giá thông qua giá trị ε , tính toán bởi công thức (4) (IEC, 2020). Trong khoảng liều chiếu từ 0,1 mSv đến 1 mSv, liều kế được cho là đáp ứng tuyến tính khi giá trị ε nằm trong khoảng từ -13% đến +18% (IEC, 2020).

$$\varepsilon_i = \frac{\overline{D_{mea i}} \pm I_i}{D_{set i}} \quad (4)$$

trong đó, $\overline{D_{mea i}}$ là giá trị liều đọc trung bình của 5 liều kế ở một mức liều chuẩn; $D_{set i}$ là giá trị liều chuẩn, I_i là nửa khoảng tin cậy của độ lệch chuẩn (D_i).

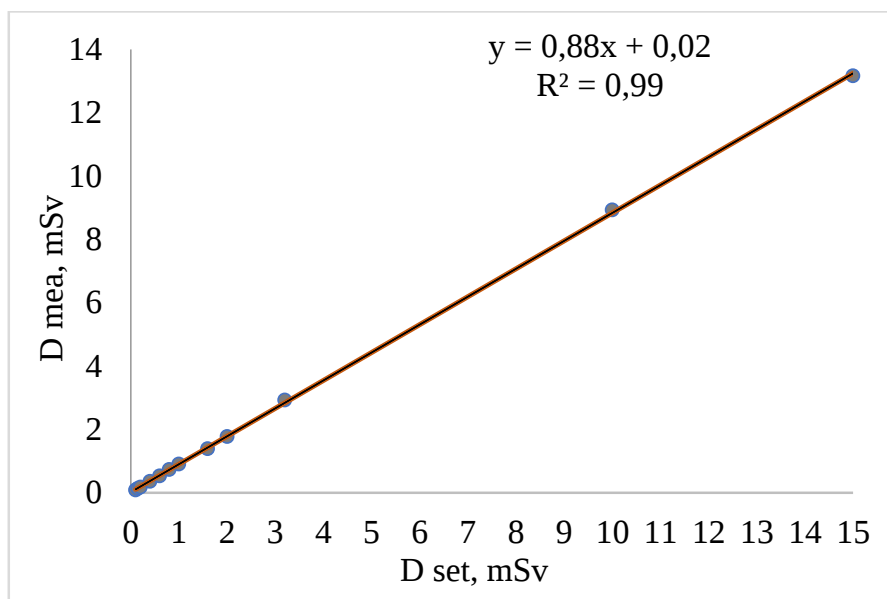
Để khảo sát sự phụ thuộc tuyến tính, mười hai bộ liều kế được chiếu chuẩn tia gamma bởi nguồn Cs-137 với các mức liều lần lượt là 0,1; 0,15; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,6; 2,0; 3,2; 10,0 và 15,0 mSv. Giá trị liều đo trung bình ($\overline{D_{mea}}$) và giá trị ε được trình bày tại Bảng 3.

Bảng 3. *Giá trị khoảng giới hạn ε của 12 nhóm liều kế OSL*

TT Nhóm LK	D_{set} , mSv	$\overline{D_{mea}}$, mSv	Khoảng giới hạn của ε (0,87 ÷ 1,18)*
1	0,10	0,09	0,89 ÷ 0,99
2	0,15	0,14	0,89 ÷ 0,94
3	0,20	0,18	0,87 ÷ 0,92
4	0,40	0,37	0,90 ÷ 0,93
5	0,60	0,54	0,88 ÷ 0,91
6	0,80	0,74	0,90 ÷ 0,94
7	1,00	0,91	0,88 ÷ 0,95
8	1,60	1,39	0,83 ÷ 0,91
9	2,00	1,78	0,87 ÷ 0,91
10	3,20	2,93	0,90 ÷ 0,91
11	10,00	8,93	0,87 ÷ 0,92
12	15,00	13,17	0,87 ÷ 0,90

(*) – theo tiêu chuẩn IEC 62387-2020

Kết quả thu được cho thấy rằng, sự đáp ứng tuyến tính ở dải liều thấp của 11 trong 12 bộ liều kế đạt kết quả tốt, ngoại trừ nhóm liều kế số 8. Đối với mức liều 1,60 mSv, liều kế chưa đáp ứng tuyến tính ở giới hạn dưới, cần được khảo sát thêm.



Hình 4. Sự phụ thuộc tuyến tính của liều kế OSL trong dải liều 0,1 –15 mSv

Từ các giá trị liều đọc và liều đối chứng tương ứng, ta xây dựng được hàm làm khớp giữa hai giá trị này (Hình 4). Phương trình hàm phụ thuộc tuyến tính của liều đo được với liều đối chiếu thu được với hệ số góc là 0,88.

Có thể kết luận rằng trong dải liều thấp từ 0,1 mSv đến 15 mSv, các liều kế OSL loại Inlight dùng trong nghiên cứu này đã hầu như thể hiện được sự tuyến tính trong đáp ứng năng lượng. Các khuyến cáo của IEC nằm ở phạm vi dải liều cao cần được khảo sát để có kết luận hoàn chỉnh hơn về đặc trưng này.

3.4. Đáp ứng liều chiếu hỗn hợp

Sự đáp ứng của liều kế đối với mỗi phẩm chất chùm tia chiếu là không giống nhau, dẫn đến khả năng ghi nhận giá trị liều của các liều kế có thể phụ thuộc vào tính chất chùm tia tới. Trong phần này, thực hiện khảo sát liều ghi nhận trên liều kế và đánh giá khả năng phụ thuộc độ ghi tín hiệu của các liều kế được chiếu hỗn hợp bởi chùm tia X và tia gamma.

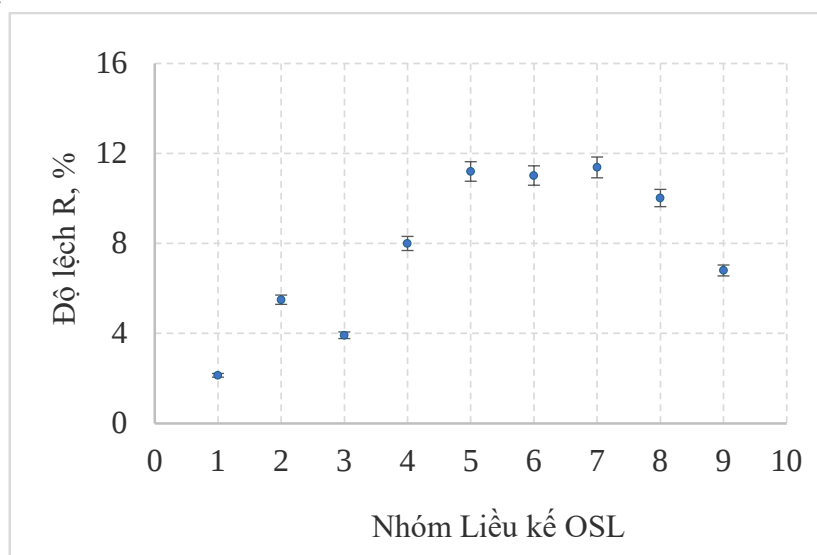
Nhằm thực hiện điều này, 9 nhóm liều kế sau khi được khử sạch tín hiệu và lưu giữ cho ổn định thì được chiếu xạ lần lượt. Để thu được liều chiếu hỗn hợp, các nhóm liều kế được chiếu xạ trong 2 trường tia: trường tia gamma bởi nguồn Cs-137 và trường tia X phổ hẹp với phẩm chất N-80. Liều chiếu giữa hai trường tia được sắp xếp sao cho tổng liều chiếu chuẩn ở mỗi nhóm liều kế là 2 mSv. Các nhóm liều kế được chiếu xạ lần lượt bởi tia gamma trước rồi đến tia X (N-80). Giá trị liều chiếu chuẩn và giá trị liều đo được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Giá trị liều chiếu theo phẩm chất trường chiếu và kết quả đọc tương ứng

TT nhóm LK	D _{set} , mSv				D _{mea} , mSv	
	Gamma	X	D _{set} , mSv	ΔD _{set} , %	$\overline{D_{mea}}$, mSv	ΔD _{mea} , %
1	0,00	2,00	2,00	2,825	1,96	7,02
2	0,25	1,75	2,00	2,825	1,89	6,55
3	0,50	1,50	2,00	2,825	1,92	6,66
4	0,75	1,25	2,00	2,825	1,84	6,73
5	1,00	1,00	2,00	2,825	1,78	6,41
6	1,25	0,75	2,00	2,825	1,78	6,49
7	1,50	0,50	2,00	2,825	1,77	6,76
8	1,75	0,25	2,00	2,825	1,80	6,41
9	2,00	0,00	2,00	2,825	1,86	6,11

Với kết quả trên, ta thu được giá trị liều $D_{mea \max}$ là 1,96 mSv, giá trị liều đọc được nhỏ nhất $D_{mea \min}$ là 1,77 mSv. Độ đồng đều H được tính theo công thức (1) là 10,43%, đáp ứng tốt tiêu chuẩn IEC 61066:2006 và IEC 62387:2020 với giới hạn nhỏ hơn 30%. Điều này có nghĩa rằng các giá trị liều đọc được của các liều kế có sự đồng nhất giữa các tính chất khác nhau của phép chiếu.

Ngoài ra, kết quả cho thấy rằng giá trị liều ghi nhận của liều kế OSL với tỉ lệ liều đóng góp khác nhau giữa 2 bức xạ tia X phổ hẹp N-80 và gamma Cs-137 là không giống nhau. Sự thay đổi của độ lệch tương đối (R , %) giữa giá trị liều đo được và giá trị liều chiếu chuẩn được biểu thị trên Hình 5.



Hình 5. Độ lệch tương đối của giá trị liều đo được so với giá trị liều chiếu chuẩn của các nhóm liều kế OSL

Độ chính xác của kết quả đọc so với liều chiếu tốt nhất (khoảng 2%) khi liều kế được chiếu xạ hoàn toàn bởi bức xạ tia X phổ hẹp N-80 (nhóm 1). Độ chính xác này giảm dần khi

phần lớn liều chiếu từ bức xạ tia X N-80 (nhóm 2, 3, 4) hoặc gamma (nhóm 9). Độ chính xác thấp nhất khi các liều kế được chiếu trong trường gamma với mức đóng góp liều từ 50% đến 75% (nhóm liều kế 5, 6 và 7 với độ lệch trong khoảng từ 10% đến 12%). Sự khác nhau này có thể giải thích bởi khả năng ghi nhận tín hiệu của liều kế phụ thuộc vào phẩm chất của chùm tia bức xạ. Do vật liệu được sử dụng trong liều kế OSL loại Inlight là tạp chất nhôm oxit pha carbon ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{:C}$) có nguyên tử số hiệu dụng $Z_{\text{eff}} = 11,3$ khác với mô cơ thể có $Z_{\text{eff}} = 7,34$ do vậy mà nó là loại liều kế không tương đương mô và đáp ứng của nó sẽ phụ thuộc vào năng lượng (Belhaj et al., 2023). Ứng với các khoảng năng lượng của chùm bức xạ khác nhau, giới hạn đáp ứng của liều kế tuân theo đường cong Trumpet (IEC, 2020), tuy nhiên khi chiếu hỗn hợp bức xạ gamma nguồn Cs-137 (661,7 keV) và bức xạ tia X N-80 (65,2 keV), với mức liều đóng góp khác nhau, giới hạn đáp ứng của liều kế cũng thay đổi, điều này mở ra một khảo sát về khả năng đáp ứng năng lượng của liều kế trong các trường chiếu photon có phẩm chất và năng lượng khác nhau.

3.5. Độ lặp lại

Độ lặp lại của các liều kế được đánh giá dựa vào khả năng cung cấp các kết quả nhất quán trong cùng một điều kiện. Để đánh giá độ lặp lại của các liều kế này, hai hệ số S_i và S_j được tính toán theo công thức 5 và 6 (IEC, 2020). Theo quy định của tiêu chuẩn IEC 62387:2020, các liều kế được gọi là đáp ứng điều kiện về độ lặp lại khi các giá trị S_i và S_j không vượt qua giá trị 0,075 với số lần lặp lại n không ít hơn 10 lần.

$$S_i = \frac{S_{Ei} + I_i}{\overline{E_i}} \quad (5)$$

trong đó, $\overline{E_i}$ là giá trị liều đọc trung bình của 15 liều kế trong lần thí nghiệm thứ i ; S_{Ei} là độ lệch chuẩn của $\overline{E_i}$; I_i là nửa khoảng tin cậy của độ lệch chuẩn $\overline{E_i}$.

$$S_j = \frac{S_{Ej} + I_j}{\overline{E_j}} \quad (6)$$

trong đó, $\overline{E_j}$ là giá trị liều đọc trung bình của liều kế thứ j sau 10 lần thí nghiệm; S_{Ej} là độ lệch chuẩn của $\overline{E_j}$; I_j là nửa khoảng tin cậy của độ lệch chuẩn $\overline{E_j}$.

Để thực hiện đánh giá này, chọn ngẫu nhiên 15 liều kế từ 100 liều kế đã được khảo sát đáp ứng độ đồng đều ở trên. Các liều kế được thực hiện lặp lại 10 lần ($n=10$) các quy trình xóa thông tin liều bức xạ, đọc giá trị liều phong, chiếu chuẩn liều kế, lưu trữ và đọc kết quả với sự đảm bảo rằng các điều kiện thực hiện là giống nhau. Các liều kế được chiếu xạ bởi tia gamma nguồn Cs-137 với mức liều tham chiếu là 2 mSv. Kết quả đánh giá trong khảo sát lần này được trình bày ở Bảng 5 dựa trên giá trị của hệ số S_i và S_j .

Bảng 5. Kết quả đánh giá độ lặp lại của 15 liều kế OSL trong 10 lần lặp

TTLK	$\overline{E_j}, \text{mSv}$	S_{Ej}	S_j
1	1,71	0,04	0,043
2	1,78	0,05	0,047
3	1,85	0,06	0,057
4	1,73	0,05	0,051
5	1,82	0,07	0,062
6	1,74	0,05	0,046
7	1,75	0,04	0,040
8	1,77	0,05	0,049
9	1,76	0,04	0,042
10	1,80	0,05	0,043
11	1,82	0,05	0,049
12	1,75	0,04	0,042
13	1,82	0,06	0,053
14	1,77	0,04	0,042
15	1,79	0,04	0,035
$\overline{E_i}, \text{mSv}$	1,78		
S_{Ei}	0,02		
S_i	0,03		

Giá trị S_i của 15 liều kế sau 10 lần lặp (trong cùng một điều kiện chiếu chuẩn và đọc kết quả) đạt 0,03 và giá trị S_j cao nhất là 0,062. Các giá trị này đều nhỏ hơn 0,075 (theo tiêu chuẩn IEC 62387:2020) về đánh giá độ lặp lại của liều kế. Từ đó có thể kết luận rằng, các liều kế OSL loại Inlight tại Trung tâm đảm bảo về khả năng cung cấp kết quả liều đo được cho các lần khác nhau trong cùng điều kiện.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã thực hiện đánh giá đặc trưng 100 liều kế OSL loại Inlight của hãng Launder tại Phòng chuẩn liều cấp 2 thuộc Trung tâm Hạt nhân Thành phố Hồ Chí Minh. Kết quả thu được cho thấy các liều kế này hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu của Ủy ban kỹ thuật điện quốc tế IEC trong việc giám sát bức xạ cá nhân và môi trường. Cụ thể như sau: Độ đồng đều cao về khả năng ghi nhận bức xạ, cụ thể là 7 % khi trường chiếu đồng nhất gamma và 10,43 % khi được chiếu hỗn hợp bởi tia gamma và tia X (N-80); Ngưỡng nhạy của các liều kế đã được xác định là 0,043 mSv, gần với giá trị thông báo từ nhà sản xuất và phù hợp với các nghiên cứu trước đó; Trong dải liều thấp từ 0,1 mSv đến 15 mSv, các liều kế thể hiện đáp ứng tuyến tính ổn định; Độ lặp lại của liều kế cũng đảm bảo khi thực hiện với nhiều lần đo trong cùng điều kiện.

Tuy nhiên, một số đặc trưng khác cần được khảo sát thêm như độ phụ thuộc tuyến tính tại dải liều cao, sự phụ thuộc góc chiếu, độ suy giảm tín hiệu, sự phụ thuộc vào cường độ chùm tia chiếu xạ... Khi các đặc trưng được khảo sát, đánh giá đầy đủ, ta có thể kết luận về độ phù hợp và khả năng ứng dụng của bộ liều kế này. Từ đó đưa vào trong công tác quản lý liều an toàn bức xạ cho nhân viên bức xạ cũng như quản lý liều cho bệnh nhân trong chuẩn đoán và điều trị liên quan trong y học hạt nhân.

❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Belhaj, O. E., Boukhal, H., Chakir, E. M., & Bellahsaouia, M. (2023). Dose metrology: TLD/OSL dose accuracy and energy response performance. *Nuclear Engineering and Technology*, 55, 717-724. <https://doi.org/10.1016/j.net.2022.10.029>
- IEC. (2006). IEC 61066:2006 *Thermoluminescence dosimetry system for personal and environment monitoring*. Switzerland: Switzerland Publisher.
- IEC. (2020). IEC 62387:2020 *Radiation protection instrumentation – Passvie integrating dosimetry systems for personal and enviromental monitoring of photon and beta radiation*. Switzerland: International Electrotechnical Commission.
- Le, H. L., Nguyen, H. L., Ong, Q. S., Ho, M. D., Dao, V. H., Truong, T. S., Vo, V. T., & Le, Q. V. (2022). Establishment and quality assessment of X-ray narrow spectrum series according to ISO 4037:2019 at SSDL of Center for Nuclear Technologies. *Nuclear Engineering and Technology*, 12, 01-11.
- Le, T. N., Bui, K. D., Trinh, G. V., & Nguyen, Q. H. (2016). *Establishing personal dosimetry procedure using Optically stimulated luminescence dosimeters in photon and mixed photon – neutron radiation fields*. Hanoi: VINATOM-AR.
- Nguyen, H. L. (2021). *Gia tri buc xa chuan trong truong chuan gamma cua nguon Cs-137 tai Trung tam Hat nhan TP. Ho Chi Minh [The reference radiation value in the gamma standard field of the Cs-137 source at the Center for Nuclear Technologies]*. Vietnam Coference on Nuclear Science and Technology, 01-11. Dalat: VINATOM.
- Nguyen, V. H., Pham, V. D., Phan, V. T., & Pham, X. H. (2018). Xay dung do thi dap ung lieu hap thu doi voi buc xa gamma va tia X ung dung trong dinh lieu sinh hoc [Establishing the Dose-response curve for gamma radiation and X-rays in biological dosimetry applications]. *Journal of Science - Dong Nai University*, 11, 119-129.
- Ondo Meye, P., Schandorf, C., & Amoako, J. K. (2017). Intercomparison on the measurement of the quantity personal dose equivalent Hp(10) in photon fields. Linearity dependence, lower limit of detection and uncertainty in measurement of dosimetry systems of individual monitoring services in Gabon and Ghana. *Radiation Protection Dosimetry*, 01-11.
- Yukihara, E. G., & McKeever, S. W. S. (2011). *Optically Stimulated Luminescence - Fundamentals and Applications*. UK: Wiley.

DETERMINING CHARACTERISTICS OF OPTICALLY STIMULATED LUMINESCENCE DOSIMETERS AT CENTER FOR NUCLEAR TECHNOLOGIES

Trinh Thi Thao Quyen¹, Le Huu Loi¹, Le Manh Tri²,

Truong Truong Son², Ong Quang Son¹, Ho Van Doanh¹, Dao Van Hoang¹

¹Center for Nuclear Techniques, Vietnam

²Ho Chi Minh City University of Education, Vietnam

*Corresponding author: Trinh Thi Thao Quyen – Email: trinthithaoquyen@gmail.com

Received: February 28, 2024; Revised: November 07, 2024; Accepted: November 19, 2024

ABSTRACT

The Optically Stimulated Luminescence (OSL) dosimeter is widely used globally and must comply with IEC quality standards and IAEA recommendations. In Vietnam, research on the responsiveness of OSLDs characteristics remains limited. This study aims to evaluate the fundamental characteristics of OSDs, including uniformity, sensitivity threshold, linear response, and the influence of beam quality, to meet practical radiation safety needs in Vietnam. Experiments were conducted at the Secondary Standard Dosimetry Laboratory – Center for Nuclear Technologies, using Cs-137 source gamma radiation and narrow-spectrum X-ray beams according to ISO 4037:2019 standards. The MicroStar reader system was used to measure the personal dose equivalent, Hp(10). Results showed a sensitivity threshold obtained was 0.043 mSv, with uniformity levels of 7% under homogeneous gamma fields and 10.43% in mixed gamma and X-ray fields. The dosimeters exhibited linear response within the low dose range from 0.1 to 15 mSv, with a fitting equation slope of 0.88, and met repeatability requirements with si and sj values of 0.03 and 0.062, respectively. It can be concluded that OSL dosimeters meet IEC and IAEA standards.

Keywords: Hp(10); OSLD; Personal dosimeter; Secondary Standards Dosimetry Laboratories