

بازیابی حساسیت دزیمتر ترمولومینسانس $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ (TLD-400) تحت فرآیند گرمادهی

سحر اکبری^۱، سمیه هارونی^{۱*} و مصطفی زاهدی^۲

^۱دانشکده فیزیک، دانشگاه کاشان، کاشان، اصفهان، ایران.

^۲پژوهشکده علوم و فناوری نانو، دانشگاه کاشان، کاشان، اصفهان، ایران.

*اصفهان، کاشان، کیلومتر ۶ بلوار قطب راوندی، دانشگاه کاشان، دانشکده فیزیک، کدپستی: ۸۷۳۱۷-۵۳۱۵۳

پست الکترونیکی: harooni@kashanu.ac.ir

چکیده

دزیمتر ترمولومینسانس $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ (TLD-400) تحت تابش دز بالای گاما به میزان 10 kGy قرار گرفته، سپس با اعمال فرآیند گرمادهی استاندارد و دریافت دز به میزان 1 Gy قرائت شده است. که در این حالت پاسخ این دزیمتر به دلیل دریافت دز بالا در مقایسه با دزیمتر کنترل که فقط دز 1 Gy دریافت کرده، کاهش یافته است. با اعمال فرآیندهای گرمادهی مختلف که بر مبنای فرآیند گرمادهی استاندارد و افزایش مدت زمان گرمادهی است، مدت زمان $27/5$ ساعت برای بازیابی حساسیت این دزیمتر تعیین شده است.

کلیدواژگان: ترمولومینسانس، $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ (TLD-400)، دز بالا، کاهش حساسیت، بازیابی.

۱. مقدمه

تابش، امکان استفاده از این دزیمتر به طور مکرر و نیز استفاده در زمینه‌ی لومینسانس تحریک شده‌ی نوری از دیگر مزیت‌های این دزیمتر به شمار می‌آید [۵، ۶]. البته این دزیمتر معایبی هم دارد که می‌توان به وابستگی منحنی تابش به غلظت منگنز و نیز عدد اتمی بالای آن در مقایسه با بافت که باعث عدم استفاده از TLD-400 در دزیمتری فردی می‌شود، اشاره کرد [۷، ۸]. این دزیمتر به طور عمده در دزیمتری محیطی استفاده می‌شود. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که منحنی تابش دزیمتر TLD-400 از سه قله‌ی همپوش تشکیل شده است که متناظر با مراکز گیراندازی مختلف هستند [۹].

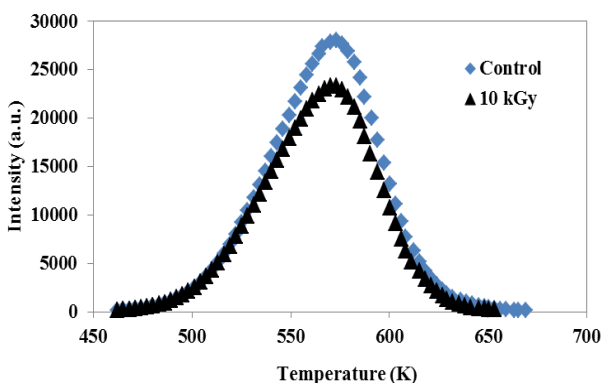
کلسیم فلئوئوراید از جمله ترکیباتی است که در طبیعت به وفور یافت می‌شود [۱] و کاربردهای قابل توجهی در زمینه‌ی دزیمتری دارد. این ترکیب می‌تواند ناخالصی‌های مختلفی را بپذیرد که موجب تولید لومینسانس می‌شود [۲]. کلسیم فلئوئوراید با ناخالصی منگنز که اولین بار توسط گینزر و کرک معرفی شد [۳]، در گروه دزیمترهای پرکاربرد قرار دارد. مهمترین عوامل مؤثر در انتخاب TLD-400 برای کاربردهای دزیمتری حساسیت بسیار خوب این دزیمتر در حد دزهای $0/5 \text{ mGy}$ و نیز ناحیه‌ی گسترده‌ی پاسخ خطی آن ($0/5 \text{ mGy}$ تا 10^3 Gy) می‌باشد [۴]. ساختار ساده‌ی منحنی

۲. روش کار

همین صورت مدت زمان گرمادهی در دمای 500°C به اندازهی $2/5$ ساعت نسبت به مرحلهی قبل از آن افزایش یافت. بازیابی حساسیت در مرحلهی چهارم حاصل شد. ولی برای اطمینان از نتیجهی به دست آمده فرآیند گرمادهی یک مرحلهی دیگر نیز ادامه یافت. به این ترتیب مدت زمان گرمادهی طی مراحل اول تا پنجم با احتساب نیم ساعت گرمادهی اولیه به منظور تعیین کاهش حساسیت نمونه، به ترتیب به $3/5$ ، 9 ، 17 ، $27/5$ و $40/5$ ساعت رسید. لازم به ذکر است که پس از هر مرحله از گرمادهی، نمونه بعد از قرار گرفتن تحت تابش دز به میزان 1 Gy ، قرائت شده و پاسخ آن ثبت گردیده است. به این ترتیب اثر فرآیند گرمادهی در طی مراحل مختلف بر روی حساسیت نمونه به دست آمد.

۳. نتایج

همان گونه که در شکل ۱ نیز مشاهده می شود، حساسیت دزیتر ترمولومینسانس TLD-400 با دریافت دز 10 kGy در مقایسه با دزیتر کنترل کاهش می یابد. همچنین با توجه به اینکه شکل منحنی تابش تغییر نکرده است، می توان ادعا کرد که آسیب ناشی از تابش به مراکز باز ترکیب وارد شده و مراکز گیراندازی در امان بوده اند و فرآیند بازیابی نیز در نهایت منجر به بهبود این مراکز آسیب دیده می شود.



شکل (۱): کاهش حساسیت دزیتر TLD-400 پس از دریافت دز به میزان 10 kGy ، اعمال فرآیند گرمادهی استاندارد و دریافت مجدد دز به میزان 1 Gy ، در مقایسه با دزیتر کنترل نشان داده شده است.

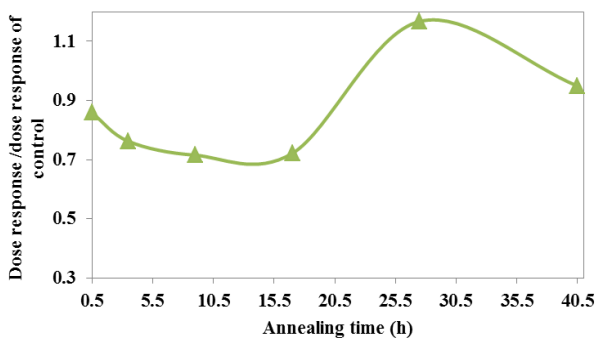
دزیترهای TLD-400 به صورت های مختلف پودری، میله ای و تراشهای مورد استفاده قرار می گیرند. نمونه های مورد استفاده در این پژوهش تراشهای کریستالی با ابعاد $3\text{ mm} \times 0/9\text{ mm}$ و ساخت شرکت هارشاو^۱ هستند. در ابتدای کار نمونه ها به مدت نیم ساعت در دمای 500°C (تحت عنوان فرآیند گرمادهی استاندارد) گرمادهی شدند. هدف از این کار حذف اثرات باقیمانده ناشی از استفاده های قبلی است. پس از فرآیند گرمادهی استاندارد، یک عدد از دزیترها به عنوان دزیتر کنترل انتخاب و پس از دریافت دز به میزان 1 Gy ، با آهنگ گرمادهی 2°C/s و با استفاده از دستگاه قرائت کنندهی TLD^۲ مدل 4500 ساخت شرکت هارشاو قرائت شد. سپس نمونهی دیگر ابتدا تحت تابش گامای چشمهی ^{60}Co قرار گرفت و دز 10 kGy را دریافت کرد. بعد از آن با اعمال فرآیند گرمادهی استاندارد و دریافت دز 1 Gy ، با آهنگ گرمادهی 2°C/s قرائت و منحنی تابش ترمولومینسانس آن ثبت گردید. به این ترتیب کاهش حساسیت نمونه ای که دز بالا دریافت کرده بود، در مقایسه با دزیتر کنترل به میزان 14 درصد مشاهده شد. برای بازیابی حساسیت، فرآیندی شامل چهار مرحله گرمادهی در دمای 500°C و به ازای زمان های مختلف مورد استفاده قرار گرفت.

در اولین مرحلهی مربوط به فرآیند بازیابی حساسیت، نمونهی پرتودهی شده با دز بالا علاوه بر فرآیند گرمادهی استاندارد، به مدت $2/5$ ساعت در دمای 500°C گرمادهی شد. لذا میزان گرمادهی در اولین مرحله 3 ساعت و مجموع گرمادهی نمونه بعد از دریافت دز بالا به $3/5$ ساعت رسید. در مرحلهی دوم بعد از فرآیند گرمادهی استاندارد، گرمادهی به مدت $2/5$ ساعت، دوبار تکرار شد و در مراحل بعد نیز به

¹ Harshaw

² TLD-Reader

دیگری می شود که اثر تخریبی به شکل دیگر ایجاد می کند و بنابراین منجر به کاهش پاسخ می شود.

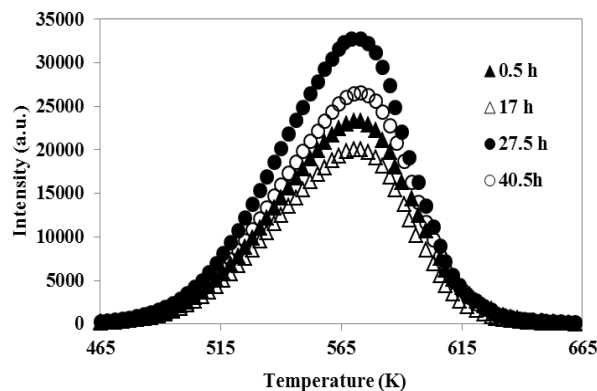


شکل (۳): نسبت پاسخ نمونهی TLD-400 به پاسخ نمونهی کنترل به ازای مراحل مختلف گرمادهی و دریافت دز به میزان ۱ Gy نشان داده شده است.

۴. نتیجه گیری

تابش دزهای بالا، به کار بردن فرآیندهای گرمادهی غیر متعارف و ... از عواملی هستند که می توانند منجر به تغییر حساسیت دزیمترها شوند. این تغییرات ناشی از آسیب هایی است که به مراکز گیراندازی و یا مراکز بازترکیب وارد می شود که می توانند برگشت پذیر و یا در بعضی موارد برگشت ناپذیر باشند. در این کار کاهش حساسیت ناشی از تابش دز بالا به میزان ۱۰ kGy روی دزیمتر ترمولومینسانس TLD-400 مورد بررسی قرار گرفت و مدت زمان گرمادهی مناسب به صورت ۲۷/۵ ساعت گرمادهی در دمای ۵۰۰ °C جهت بازیابی حساسیت دزیمتر به دست آمد و مشاهده شد که سطح زیر منحنی تابش که به طور قابل توجهی به حساسیت نمونه بستگی دارد، پس از بازیابی حساسیت افزایش می یابد.

در شکل ۲ نیز می توان اثرات مراحل مختلف گرمادهی روی بازیابی حساسیت نمونه را مشاهده کرد. همان طور که در شکل نیز دیده می شود، فرآیندهای گرمادهی اعمال شده ابتدا باعث کاهش حساسیت می گردد. اما نهایتاً بعد از ۲۷/۵ ساعت گرمادهی حساسیت نمونه ها بازیابی می شود.



شکل (۲): منحنی های تابش ترمولومینسانس دزیمتر TLD-400 بعد از دریافت دز ۱۰ kGy و اعمال مراحل مختلف گرمادهی نشان داده شده است.

شکل ۳ اثرات مراحل مختلف فرآیند گرمادهی را که منجر به تغییر پاسخ نمونه در مقایسه با پاسخ دزیمتر کنترل شده، برحسب زمان گرمادهی نشان می دهد. همان طور که در شکل ۳ نیز مشاهده می شود، بهترین زمان برای بازیابی حساسیت ۲۷/۵ ساعت گرمادهی در دمای ۵۰۰ °C است که با بررسی این آزمایش برای حداقل چهار دز دیگر نیز همین نتیجه حاصل شده است. ضمن اینکه ادامه ی فرآیند گرمادهی نیز منجر به کاهش مجدد حساسیت نمونه می شود چون این مدت زمان برای برگشت نمونه ها به حالت اولیه و یا حالتی که بتواند پاسخ خوبی بدهد، مناسب است و افزایش بیشتر آن منجر به فرآیندهای

۵. مراجع

- [1] A.N. Yazici, M. Bedir and A.S. Sökücü. The analysis of dosimetric thermoluminescent glow peak of $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ after β -irradiation. *Nucl. Instr. and meth. B.* 259(2) (2007) 955–965.
- [2] M. Danilkin, A. Lust, M. Kerikmäe, V. Seeman, H. Mändar and M. Must. $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ extreme dosimeter: Effects of Mn concentration on thermoluminescence mechanisms and properties. *Radiat. Meas.* 41(6) (2006) 677–681.
- [3] R.J. Ginther and R.D. Kirk. The Thermoluminescence of $\text{CaF}_2:\text{Mn}$. *Electrochem. Soc.* 104(6) (1957) 365–369.
- [4] D.L. Fehl, D.I. Muron, B.R. Suijka, D.W. Vehar, L.I. Lorence, R.L. Westfall, S.C. Jones and I.A. Sweet. Characterization of a two dimensional, thermoluminescent, dose-mapping system: uniformity, reproducibility, and calibrations. *Rev. Sci. Instrum.* 65(10) (1994) 3243–3251.
- [5] A.K. Bakshi, B. Dhabekar, N.S. Rawat, S.G. Singh, V.J. Joshi and V. Kumar. Study on TL and OSL characteristics of indigenously developed $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ phosphor. *Nucl. Instr. and meth. B.* 267(3) (2009) 548–553.
- [6] M. Kerikmäe. Some luminescent materials for dosimetric applications and physical research. Dissertation. University of Tartu. Estonia. (2004).
- [7] M. Topaksu, V. Correcher and J. Garcia-Guinea. Luminescence emission of natural fluorite and synthetic $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ (TLD-400). *Radiat. Phys. Chem.* 119 (2016) 151–156.
- [8] M. Danilkin, A. Lust, A. Ratas, V. Seeman and M. Kerikmäe. Afterglow kinetics and storage mechanism in $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ (TLD-400). *Radiat. Meas.* 43 (2008) 300–302.
- [9] L.A.R. Da Rosa and H.P. Nette. Thermoluminescent dosimeters for exposure assessment in gamma or x radiation fields with unknown spectral distribution. *Appl. Radiat. Isot.* 39(3) (1988) 191–197.