

بررسی اثرات اشعه UV بر روی TLD-500 به صورت قرص و نمونه پودری در ابعاد نانو

آیتا عالیپور^{۱*}، امیرعباس صبوری دودران^۲، فلامرز ترکزاده^۱ و پروین سرآبادانی^۱

^۱ پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران.

^۲ دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

*تهران، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده کاربرد پرتوها، کدپستی: ۳۱۴۸۶۴۳۱۱۱

پست الکترونیکی: aalipour@aeoi.org.ir

چکیده

در این تحقیق از دزیمتر اکسید آلومینیوم آلائیده شده با ناخالصی کربن، با فرمول شیمیایی $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ و نام تجاری TLD-500 استفاده شد. اثرات پرتوهای یونیزان و نور حاصل از لامپ‌های UV بر روی دیسک‌های TLD-500 و نمونه پودری آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمون‌های مختلفی که جهت آنالیز ماده و بررسی اثر فوتولومینسانس انجام شده برای نمونه‌ها نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان تابش‌دهی توسط منبع نوری، شدت قله دزیمتری کاهش می‌یابد. نتایج پرتودهی با چشمه ^{60}Co برای حداقل سه دزیمتر تکرار شده و نشان می‌دهد که پاسخ دزیمتر تا ۶ گری خطی است. بررسی اثرات پرتو UV و پرتو یونیزان کاهش شدت قله لومینسانس را نشان می‌دهد.

کلیدواژگان: TLD-500، اشعه UV، OSL.

۱. مقدمه

[۴] و از طرف دیگر باعث محوشدگی نور واداشته می‌شود [۵]، استفاده از این ماده در زمینه دزیمتری با محدودیت‌هایی همراه است و هنگام استفاده باید به مصون ماندن دزیمتر از معرض نور بودن توجه کرد. از طرف دیگر برای کاربردهای دزیمتری محیطی در مناطق دز بالا وسعت دامنه خطی پاسخ دز مورد توجه است. تحقیقات نشان می‌دهد که محدوده خطی پاسخ دز در انواع دزیمتر به شکل ظاهری آن وابسته است و برای اغلب دزیمترها شکل نانو ساختار آن‌ها دارای محدوده خطی وسیع‌تری نسبت به شکل توده‌ای آن‌ها است [۶].

علیرغم تحقیقاتی که روی خصوصیات اپتیکی این ماده انجام شده است هنوز رفتار اپتیکی این ماده در شکل نانوذرات

از زمان ساخت دزیمتر TLD-500 با نام تجاری $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ توسط اکسلرود و همکارانش [۱]، بدلیل خصوصیات بارز آن از قبیل حساسیت بالا (حدود ۴۰ برابر دزیمتر TLD-100) تحقیقات زیادی روی آن انجام گرفته است. کاربرد این ماده در زمینه OSL نیز بسیار گسترده است [۲]. با توجه به خصوصیات متفاوت و مفیدی که گونه‌های دیگر TLD در شکل نانو ساختار از خود نشان داده‌اند [۳]، امید می‌رود که این ماده نیز در اندازه نانو، هرچه بیشتر مورد تحقیق قرار بگیرد. با توجه به خصوصیت ناخواسته، از جمله حساسیت این ماده به نور مرئی که از یک طرف باعث ایجاد لومینسانس نور واداشته

نور محیط (لامپ یا خورشید) هم تأثیرگذار است. اثر نورهای ناخواسته یا اتفاقات غیرمعمول را می‌توان مورد بررسی قرار داد. به همین دلیل برای امور دزیمتری این نوع آشکارساز را در پوشش‌های ضد نور (بج) قرار می‌دهند.

برای پرتودهی از چشمه کبالت-۶۰ با نرخ دز 100 mGy/min (اندازه‌گیری خروجی در شرایط مرجع) استفاده شده، از یک دستگاه قرائت‌گر با مشخصه (Model KIKF RMKI) برای قرائت نمونه‌ها و کوره‌ای با بیشینه درجه حرارت 1200°C برای بازپخت نمونه‌ها استفاده شد. طیف‌نشتری و انرژی‌گاف نمونه‌ها توسط دستگاه PL مدل (Varian Cary Eclipse) اندازه‌گیری شده و همچنین از لامپ UV-C در ناحیه طول موج (290-200 nm)، با انرژی (2-6 eV) و 25 W، 0/8 A و 77 V استفاده شد. دیسک‌های آلومینای استفاده شده به قطر 5 mm و ضخامت حدود 1 mm، دارای وزن تقریبی 0/7 g می‌باشند. نمونه‌های پودری نیز توسط ترازو دیجیتالی با دقت 0/001 g (BANDS model:3003, max=300g) توزین شده‌اند. برای بازپخت، نمونه‌ها به مدت 15 دقیقه در کوره تحت دمای 800°C قرار گرفتند [7].

در مرحله اول نمونه‌ها با دزهای 10-0/5 Gy پرتو داده شده و سپس قرائت شدند، در مرحله بعد ابتدا نمونه‌ها دز 1 Gy دریافت نموده و بلافاصله تحت تابش لامپ UV (در فاصله 10 cm) در زمان‌های 90-1 دقیقه قرار گرفتند. برای بررسی طیف PL نمونه‌ها با دزهای 1000-250 mGy پرتودهی شدند. در این آزمون برای حذف اثر مربوط به محیط، نمونه روی سطحی از جنس کوارتز^۱ قرار داده شده و قله مربوطه بدست می‌آید. در شکل ۱ نمودار مشکی‌رنگ فوتولومینسانس حاصل از زیرلایه شیشه معمولی و نمودار سبزرنگ برای نمونه کوارتز را نمایش می‌دهد.

مشخص نیست. از آن جایی که بیشتر مواد OSL عایق‌های با گاف نواری پهن هستند، تنها فوتون‌های محدوده UV ($10 \text{ nm} < \lambda < 200 \text{ nm}$) در خلاء دارای انرژی کافی هستند که سبب تحریک مستقیم الکترون‌ها از نوار ظرفیت به نوار هدایت می‌شوند. لومینسانس حاصله در اثر جذب فوتون را، فوتولومینسانس می‌نامند. در این تحقیق آزمایشات اپتیکی طیف فوتولومینسانس (PL) و اثر نور UV بر محوشدگی و همچنین طیف جذب و عبور این ماده (آلومینا) در شکل‌های قرص و نانو پودر مورد تحقیق قرار گرفته است.

۲. روش کار

از روی میزان لومینسانس حاصله می‌توان به میزان دز دست یافت. زیرا لومینسانس تولید شده با میزان TL اندازه‌گیری شده متناسب است. علاوه بر نمونه استاندارد این نوع TLD، نمونه پودری این ماده که به عنوان $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ استفاده شده از یک نمونه توده‌ای تهیه شده است. آنالیز شیمیایی جهت تعیین درصد وزنی عناصر و ترکیبات این ماده با استفاده از دستگاه XRF مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

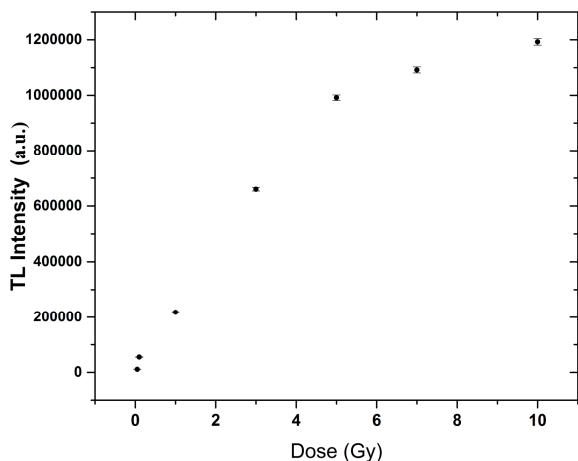
جدول (۱): آنالیز شیمیایی نمونه بوسیله دستگاه XRF

درصد وزنی	ترکیب
99/6	Al_2O_3
<0/01	C
0/4	Fe_2O_3

ابتدا دزیمترها پرتودهی شده (یک مرتبه با پرتو یونیزان و یک مرتبه هم با UV در مرحله بعد پرتو یونیزان+UV) و بسته به عواملی از جمله مدت زمان نورددهی و یا نوع نور بررسی‌ها انجام شده است، که در این تحقیق نور مورد نظر UV بوده ولی

^۱ بدلیل جذب اندک کوارتز

نتایج نشان می‌دهد انرژی گاف $3/8 \text{ eV}$ می‌باشد. محوشدگی UV برای نمونه دیسک ۲۶ درصد و برای نمونه پودر ۴۵ درصد می‌باشد.

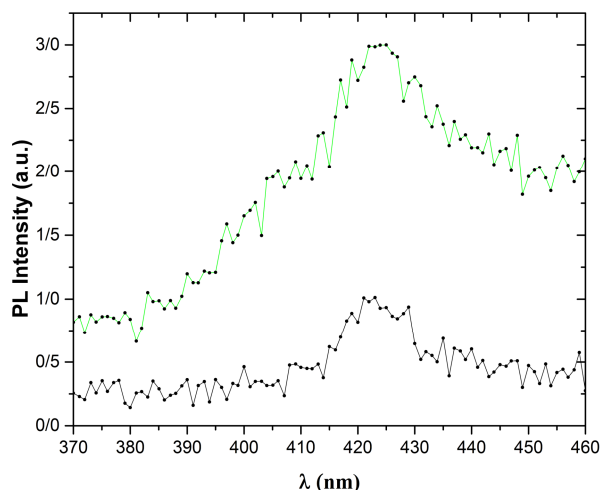


شکل (۳): منحنی کالیبراسیون دزیمترها در برابر چشمه کبالت-۶۰.

در آزمون طیف PL، طول موج‌های (۲۴۰-۵۳۲ nm) مورد بررسی قرار گرفته و طول موج ۲۵۰ nm به عنوان طول موج تحریکی انتخاب شد که در آن بیشینه شدت طیف نشری در طول موج‌های ۳۲۵ و ۳۳۱ nm مشاهده گردید. نمودارهای فوتولومینسانس مندرج در شکل‌های ۴ و ۵ نشان می‌دهد که:

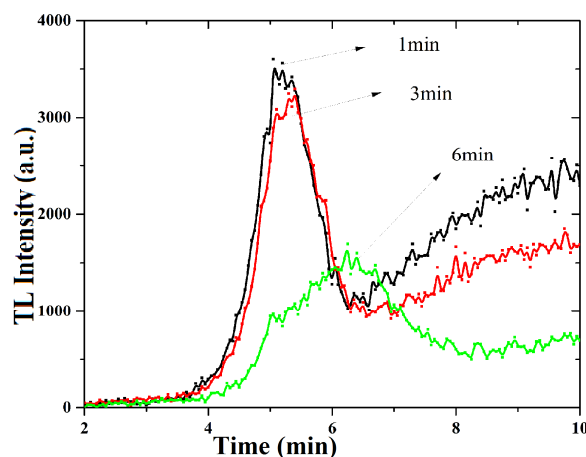
الف- با افزایش انرژی، شدت PL افزایش می‌یابد.

ب- شدت PL که نشان دهنده خاصیت لومینسانس است، بدون تغییر طول موج نشری، بسته به نوع دزیمتر متفاوت خواهد بود. دزیمترها با دز ۱ Gy پرتودهی شده و سپس با همان طول موج (۲۵۰ nm) تحریک شدند. نتایج حاصل از نمودار شکل ۴ نشان می‌دهد با وجود این که از سه دزیمتر متفاوت^۱ ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{:C}$) در آزمون استفاده شده، اما طول موج طیف نشری تغییری نداشته است.



شکل (۱): فوتولومینسانس حاصل از شیشه معمولی و کوارتز.

برای بررسی اثر پرتوخورشید بر روی این آشکارساز، بلور در مدت زمان‌های متفاوت ۱، ۳ و ۶ دقیقه در برابر نور مستقیم خورشید قرار داده شد. شکل ۲ منحنی اثر نور خورشید را نشان می‌دهد.



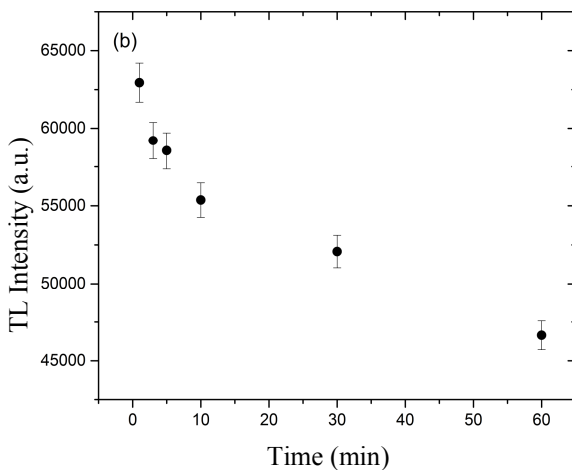
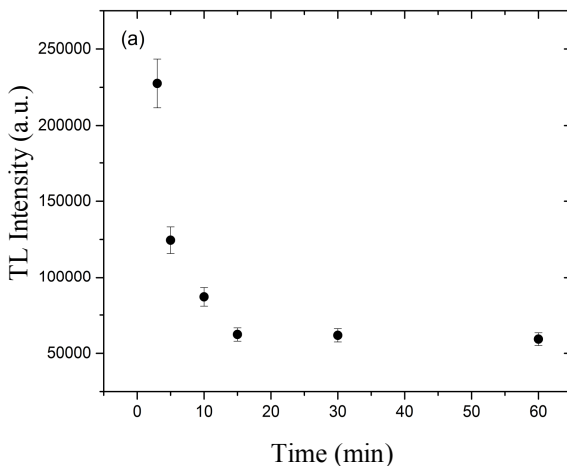
شکل (۲): اثر پرتو خورشید روی بلور $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{:C}$.

۳. نتایج

منحنی کالیبراسیون دزیمترها در برابر چشمه کبالت-۶۰، در شکل ۳ نشان می‌دهد که پاسخ دز تا ۶ Gy خطی است و از ۸-۶ Gy انحراف از خطی بودن مشاهده می‌شود [۵]. انرژی-گاف آلومینا ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) بدون ناخالصی 9 eV است ولی انرژی گاف برای $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ براساس طول موج نشری مقدار کمتری خواهد داشت.

^۱ تفاوت قرص‌های ۳،۲،۱ در کارخانه سازنده آن‌ها است.

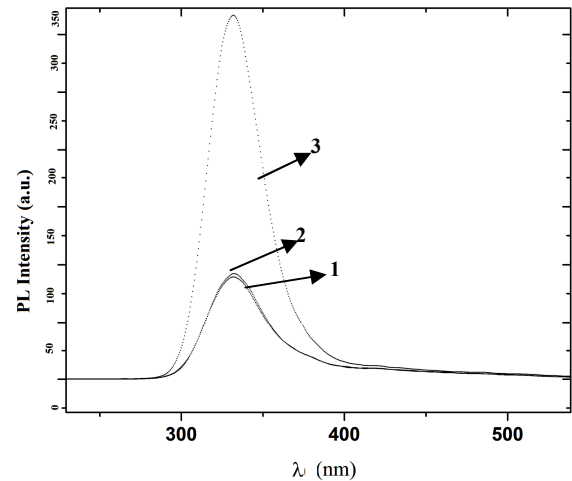
UV به آن‌ها تابیده می‌شود. با توجه به طول‌موج آن می‌توان گفت که این پرتو به تنهایی قادر به یونیزاسیون در بلور نمی‌باشد، زیرا انرژی کمتر از انرژی گاف داشته و توانایی تولید الکترون و حفره در باند ظرفیت و انتقال آن‌ها به باند رسانش را ندارد [۴]. نمودار شکل ۶a فقط اثر پرتو UV را روی نمونه‌ها و نمودار ۶b نمونه‌های پرتو دهی شده با پرتوهای یونساز و پرتو UV را نشان می‌دهد.



شکل (۶): منحنی a اثر پرتو UV روی نمونه دیسک آلومینا و

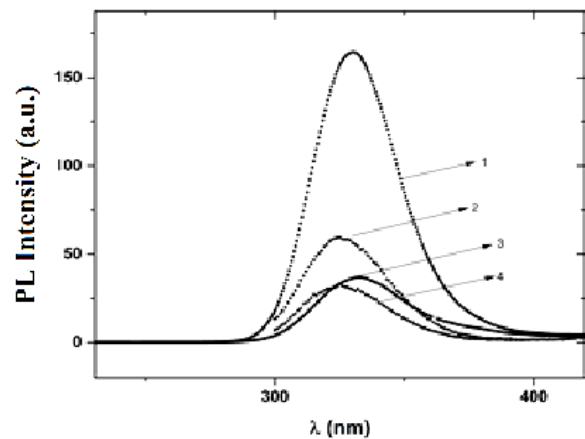
منحنی b اثر پرتو UV پس از پرتو دهی با کبالت - ۶۰، دز ۱ Gy

تمامی مراحل آزمایش فوق برای نمونه‌های آلومینا که بصورت نانوپودر بودند تکرار شد. ابتدا نمونه را بازپخت کرده، سپس با پرتو گامای چشمه کبالت - ۶۰ و دز ۱ Gy پرتو دهی کرده و پس از آن تحت تابش پرتو UV قرار داده و با



شکل (۴): منحنی PL سه دزیمتر پرتو دهی شده با دز یکسان (۱ Gy).

پ- طول موج تحریکی طوری انتخاب می‌شود که طیف نشری بیشترین شدت را داشته باشد. در شکل ۵ منحنی‌های PL نمونه‌ها با دزهای (۱۰۰۰-۲۵۰ mGy) نشان داده شده است. دز ۱۰۰۰ Gy بیشترین شدت طیف نشری را دارا است.



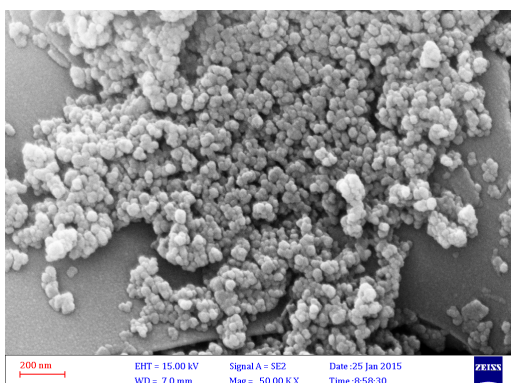
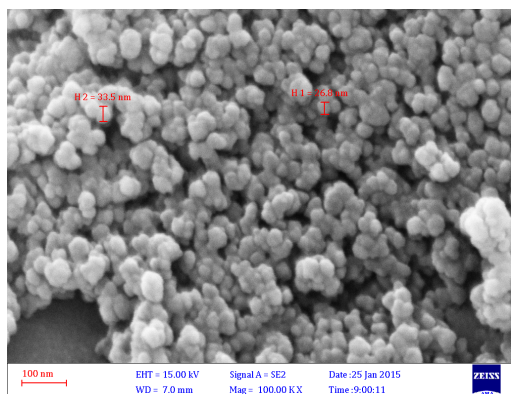
شکل (۵): طیف ۱ منحنی‌های PL برای دز ۱۰۰۰ mGy و طیف -

های ۴، ۳، ۲ به ترتیب برای دزهای ۷۵۰-۵۰۰-۲۵۰ mGy.

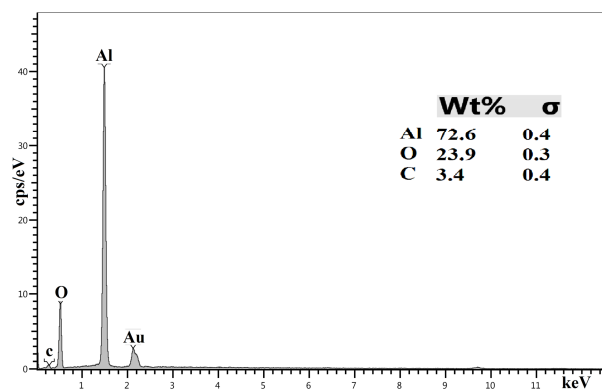
۴. فوتو یونش در اثر نور UV

با فرض این که بلور تحت هیچ‌گونه تابشی قرار نگرفته باشد، نور UV سبب ایجاد یونش (تولید الکترون و حفره) خواهد شد [۴]. این فرآیند معمولاً در طول موج‌های زیر ۳۰۰ nm روی می‌دهد [۲]. در این آزمون نمونه‌ها در فاصله ۱۰ cm از لامپ UV-C قرار گرفته و در زمان‌های مختلف ۹۰-۱، پرتو

نمونه قرص بصورت تک بلور بوده ولی نمونه پودر به صورت نانوذرات است. از طریق آزمون‌های SEM^۱ و EDS^۲ می‌توان به تهیه پودر در مقیاس نانو پی برد. شکل ۸ تصاویر حاصل از آزمون SEM و شکل ۹ تصویر EDS را نمایش می‌دهد.

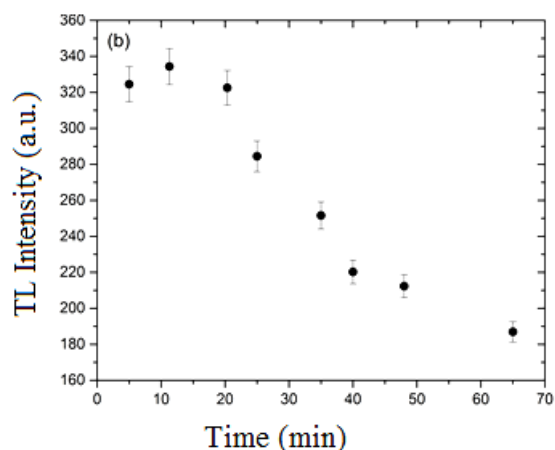
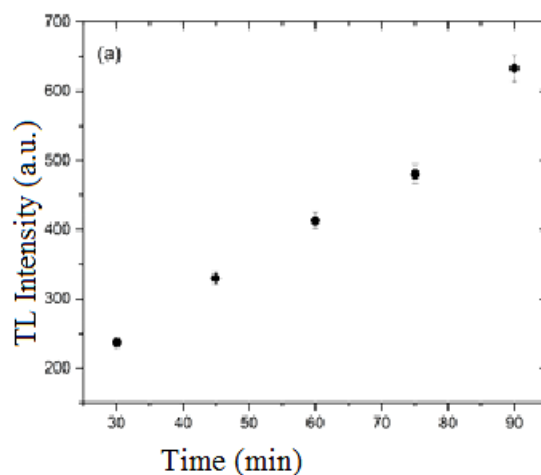


شکل (۸): تصاویر SEM با طول موج ۲۰۰-۱۰۰ nm.



شکل (۹): نمودار طیف حاصل از آنالیز EDS عناصر سازنده ماده.

توزین دقیق در آخرین مرحله قرائت شدند. نتایج در شکل ۷a و ۷b نشان داده شده است.



شکل (۷): منحنی a اثر پرتو UV روی نمونه نانو پودر آلومینا و منحنی b اثر پرتو UV پس از پرتو دهی با کبالت-۶۰.

در منحنی‌های شکل‌های ۷a, b و ۷a, b شدت TL نمونه به شکل قرص در ۱۰ دقیقه اول به شدت کم شده در صورتی که در نمونه پودر در این محدوده زمانی ابتدا افزایش و بعد کاهش TL دیده شده است. عوامل زیادی در این نتیجه نقش دارند که یکی از آنها متفاوت بودن نمونه پودری و نمونه قرص است (تفاوت نمونه پودری و قرص‌ها، می‌تواند در فرایند تهیه نمونه‌ها، میزان ناخالصی کربن وارد شده در آنها و...) باشد.

^۱ Scanning Electron Microscopy

^۲ Energy Dispersion Spectroscopy

۵. بحث و نتیجه گیری

پاسخ دزیمتر بر اساس نتایج حاصل از آزمون‌ها، نسبت به پرتو UV در نمونه پودری تقریباً خطی بوده و بررسی خواص اپتیکی و میزان محوشدگی بلور مدنظر بود که نشان می‌دهد پرتوهای UV باعث محوشدگی اطلاعات ذخیره شده ناشی از پرتوهای یونیزان در بلور می‌گردد و این خود سبب بروز خطا در قرائت دزیمتر می‌شود. همچنین بررسی نتایج فوق حاکی از

۶. مراجع

این مطلب است که پرتوهای مرئی و UV در همان زمان‌های اولیه پرتودهی، بیشترین تأثیر را روی قرائت‌های دزیمتر داشته و این نشان می‌دهد که باید از این نوع پرتوها (حتی در مدت زمان اندک) اجتناب نمود. با توجه به تعداد محدود آشکارساز و همچنین به دلیل محدودیت قرائت‌گر TLD برای قرائت دزهای بالا، نهایتاً تا دز ۱۰ Gy پرتودهی انجام شده است.

- [1] M.S. Akselrod, A.C. Lucas, J.C. Polf, S.W.S. McKeever. Optically stimulated luminescence of Al₂O₃: C, Radiat. Meas. 29, (1998), 391–399.
- [2] S.W.S. McKeever, et al. Characterization of Al₂O₃: C for use in thermally and optically stimulated luminescence dosimetry, Radiat. Prot. Dosim. 84, (1999), 163–168.
- [3] S.W.S. McKeever, M. Moscovitch, P. D. Townsend, Thermo luminescence Dosimetry Materials: Properties and Uses, Nuclear Technology Publ, Ashford, UK, (1995), 117–159.
- [4] W.S. McKeever, Stephen G. Yukihiro Eduardo, Optically Stimulated Luminescence Fundamentals and Applications published (2011).
- [5] J. K. Rieke and F. Daniels. Undoped Al₂O₃ is one of the initial materials investigated for its possible application as a TLD dosimeter, J. Phys. Chem. 51, 629, (1957).
- [6] M.L. Chithambo, C. Seneza. Kinetics and dosimetric features of secondary thermo luminescence in carbon-doped aluminium oxide, Physica B: Physics of Condensed Matter. 5th South African Conference on Photonic Materials SACPM. 439, (2013), 165–168.
- [7] M.S. Akselrod and E.A. Gorelova. Deep traps in highly sensitive α -Al₂O₃: C TLD crystals, J. Radiation applications and Instrumentation part D Nuclear Tracks and Radiation Measurements (1993).