

مطالعه‌ی خصوصیات گرمالیان نانوذرات $\text{Ba}_{x}\text{Sr}_{1-x}\text{SO}_4:\text{Dy}_{0.5}, \text{Tb}_{1.5}$ با هدف دزیمتري

محبوبه لطفی، خدیجه رضابی ابراهیم سرائی*، کوروش بازاری جامخانه

گروه مهندسی هسته‌ای، دانشکده‌ی علوم و فیزیک نوین، دانشگاه اصفهان، صندوق پستی: ۸۱۷۴۶-۷۳۴۴۱، اصفهان - ایران

*Email: kh.rezaee@ast.ui.ac.ir

مقاله‌ی پژوهشی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۶/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۱۰/۷

چکیده

نانوذرات $\text{Ba}_{x}\text{Sr}_{1-x}\text{SO}_4:\text{Dy}_{a\%}, \text{Tb}_{b\%}$ به روش هم‌رسوبی سنتز شد. ساختار نانوذرات با استفاده از دستگاه پراش پرتو ایکس (XRD) تعیین شد. اندازه تقریبی نانوذرات با استفاده از روش شر شر 63.5 نانومتر محاسبه شد. اندازه و شکل ذرات ساخته شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مشاهده شد. تست EDX حضور عناصر Dy و Tb در نمونه سنتز شده را تأیید کرد. پاسخ گرمالیانی نانوذرات برای مقدارهای متفاوت Ba, Sr, Dy, Tb مطالعه شد و بیشترین حساسیت در بین غلظت‌های مطالعه شده، به ترتیب $0.12, 0.088, 0.05$ و 0.015 درصد مولی بدست آمد. تعداد قله‌ها در منحنی‌های درخشش نمونه، در گستره دز $(0-1000)$ mGy مطالعه شد. پارامترهای سینتیک مربوط به هر قله تعیین شد. منحنی درخشش این نانوذرات در این بازه‌ی دز، دارای 2 قله به ترتیب در دماهای 615 و 534 کلوین است. خواص دزیمتري نمونه مطالعه شد. بهترین آهنگ خوانش برای این دزیمتري 2 K/s بود. روند افزایشی شدت درخشش تا دز 7 kGy مشاهده شد و پس از آن با آهنگ کندتری ادامه یافت. محوشدگی نمونه در دز 1000 mGy در بازه‌ی زمانی 21 روز، ناقیز بود. پاسخ انرژی در بازه‌ی $1250-80$ keV مطالعه شد و رفتار واپسی به انرژی را نشان داد.

کلیدواژه‌ها: باریم استرانسیم سولفات، گرمالیان، دزیمتري

Studies on TL properties of $\text{Ba}_{0.88}\text{Sr}_{0.12}\text{SO}_4:\text{Dy}_{0.5\%}, \text{Tb}_{1.5\%}$ nanoparticles as a dosimeter

M. Lotfi, Kh. Rezaee Ebrahim Saraee*, K. Bazari Jamkhaneh

Department of Nuclear Engineering, Faculty of Advance Sciences and Technologies, University of Isfahan, P.O.Box: 81746-73441, Isfahan -Iran

Research Article

Received 2.9.2019, Accepted 28.12.2019

Abstract

$\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{SO}_4:\text{Dy}_{a\%}, \text{Tb}_{b\%}$ nanoparticles were synthesized by the chemical co-precipitation method. The orthorhombic lattice structure was confirmed by X-ray diffraction (XRD) pattern and an average size of 63.5nm was obtained using Deby-Schere's formula. The shape and size of particles were also observed by scanning electron microscopy (SEM). EDX spectra proved the presence of Dy and Tb in the sample. The TL glow curves of samples showed the maximum sensitivity at $0.12, 0.88, 0.5$, and 1.5 mol% for Sr, Ba, Dy, and Tb, respectively. The thermoluminescence (TL) glow curves of the sample (in the range of $0.05-100$ mGy) had two glow peaks at 534 and 615 K. Dosimetry characteristics of the selective combination were studied. The best heat rate was 2 K/s. The TL intensity was increased by increasing the dose up to 7 kGy and after that, it was increased very slowly. Studies of the fading indicated that the reduction of dose-response of the sample in 1000 mGy dose is negligible within 21 days. Energy response was studied in the range of $80-1250$ keV and showed the sample was energy-dependent.

Keywords: Barium Strontium Sulfate, Thermoluminescence, Dosimetry



با $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{SO}_4:\text{Dy}_{a\%},\text{Tb}_{b\%}$ به روش همرسوبی سنتز شد.

سپس خواص گرمالیانی و دزیمتری ترکیب $\text{Ba}_{0.88}\text{Sr}_{0.12}\text{SO}_4:\text{Dy}_{0.05},\text{Tb}_{0.05}$ که بالاترین حساسیت را در مقایسه با ترکیبات دیگر نشان داد، مطالعه شد.

۲. روش کار

نانو ذرات $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{SO}_4:\text{Dy}_{a\%},\text{Tb}_{b\%}$ به روش همرسوبی سنتز شد. برای انجام این‌کار، ابتدا استرانسیم نیترات ۹۹/۹ درصد از شرکت مرک، باریم کلراید ۹۹/۰ درصد از شرکت مرک)، دیسپرسیم نیترات ۹۹/۹ درصد از آلفا ایسر) و تربیم کلراید ۹۹/۹ درصد از شرکت آللریچ) در آب دیونیزه و اتانول ۹۹/۹ درصد از شرکت مرک) حل شد و بهمنظور همگن‌سازی، محلول مذکور برای زمان ۳۰ دقیقه بر روی همزن مغناطیسی قرار گرفت. پس از آن آمونیم سولفات ۹۹/۹۹۹ درصد از شرکت مرک) در ظرف دیگری با آب دیونیزه حل شد و به مدت ۱۰ دقیقه روی همزن مغناطیسی قرار داده شد. محلول حاصل، قطره قطره به محلول اولیه که روی همزن مغناطیسی با استفاده از سانتریفیوژ کردن، رسوب که حاوی اتاق انجام شد. با استفاده از سانتریفیوژ کردن، رسوب که حاوی نانو ذرات $\text{BaSrSO}_4:\text{Dy}, \text{Tb}$ است، از حلال جدا شده و چند مرتبه با آب دیونیزه شسته و سانتریفیوژ شد. پس از آن رسوب به دست آمده به مدت ۲ ساعت در دمای 105°C در آون خشک شد تا به شکل لایه‌ای سفید رنگ و ترد درآمد. سپس این لایه در هاون ساییده و پودر شد. پودر حاصل به مدت ۵ ساعت در دمای 850°C در کوره جو متغیر آرگون تحت حرارت‌دهی قرار گرفت.

ساختار نانوذرات ساخته شده با الگوی پراش پرتو ایکس با دستگاه Philips مدل MDP ۳۰۴۰ Pw، با استفاده از پرتوهای ایکس $\text{K}\alpha$ مس، در بازه‌ی $2\theta < 80^\circ$ با گام 0.05° درجه بررسی شد. تصاویر SEM با استفاده از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل Tscan-Samx گرفته شد. طیف EDX با استفاده از اسپکتروفوتومتر مدل V670 (Jasco-Company of Japan) گاما با استفاده از چشم‌های کبالت-۶۰ و سزیم-۱۳۷ انجام شد. برای خوانش نمونه‌های پرتودهی شده از یک دستگاه Harshaw TLD Reader مدل ۶۶۰۰ استفاده شد. نمونه‌ها با آهنگ گرمادهی $2\text{K}/\text{s}$ از دمای $620-320^\circ\text{K}$ خوانش شدند.

۱. مقدمه

تخمین صحیح مقدار دز جذب شده از پرتوهای یونیزان یکی از مهم‌ترین پارامترهایی است که در مراکز پزشکی، صنعتی و آزمایشگاه‌های پژوهشی مرتبط با پرتوها، باید در نظر گرفته شود. یکی از روش‌های شناخته شده در اندازه‌گیری مقدار دقیق دز جذبی، گرمالیانی است. اساس دزیمتری در این روش تناسب سطح زیر منحنی درخشش گرمالیان با مقدار دز جذب شده است. از مزیت‌های دزیمترهای گرمالیان، کاربری ساده و قابلیت استفاده مجدد آن‌هاست که باعث شده در دزیمتری فردی و محیطی مورد توجه قرار گیرند [۱، ۲]. ترکیبات سولفاتی مثل سولفات‌های باریم و استرانسیم (BaSO_4) و ترکیبی از این دو، دارای مزایایی همچون پیک منحنی درخشش در دمای بالای 450 K ، پاسخ دز خطی، محوشدگی کم و آماده‌سازی آسان است که باعث شده به عنوان مواد TL مناسب در دزیمتری بررسی و مطالعه شوند [۳-۵]. در سال ۲۰۰۷ حساسیت ترکیب $\text{BaSrSO}_4:\text{Eu}$ نسبت به ترکیبات SrSO_4 و BaSO_4 چند برابر گزارش شده است [۶]. در ادامه در سال ۲۰۱۵ ترکیب $\text{Ba}_{0.12}\text{Sr}_{0.88}\text{SO}_4:\text{Eu}$ منتشر شد و نتایج ارزیابی پاسخ این ترکیب، به گاما و یون‌های سنگین، بیانگر حساسیت بالاتر این مواد در مقیاس نانو نسبت به میکروبولورها، در ناحیه‌ی دزهای تابشی بالا بوده است [۷]. در واقع خواص فیزیکی، شیمیایی، الکتریکی و نوری مواد به اندازه و شکل آن‌ها وابسته است و در بحث دزیمتری، فسفرهای میکروبولوری، در دزهای تابشی بالا، به حالت اشباع می‌روند در حالی که استفاده از ترکیبات نانوفسفر این نقص را نشان نمی‌دهند. در سال ۲۰۱۴ بهینه‌سازی مقدار Sr در ترکیب نانوفسفر $\text{Ba}_{0.98-x}\text{Sr}_x\text{SO}_4:\text{Eu}_{0.02}$ (بالاترین حساسیت لیانی برای غلظت‌های متفاوت استرانسیم $\text{Sr}(0 < x < 0.12)$ در 2013°C به دست می‌آید [۸]. مطالعه روی تابش نانوفسفرهای باریم و استرانسیم سولفات‌فعال شده با Dy و Tb در گروه ما از سال ۲۰۱۳ شروع شد. نتایج دزیمتری نانوفسفرهای آماده شده در مقالات متفاوتی گزارش شده است. نتایج نشان می‌دهد با وجودی که حساسیت دزیمتر مذکور نسبت به ترکیب $\text{Ba}_{0.12}\text{Sr}_{0.88}\text{SO}_4:\text{Eu}$ کمتر است، اما بازه‌ی خطی وسیع‌تری را در بازه‌ی $7-0.1 \text{ kGy}$ نسبت به ترکیب $\text{Ba}_{0.12}\text{Sr}_{0.88}\text{SO}_4:\text{Eu}$ (دارد $2-0.1 \text{ kGy}$) [۹-۱۰]. در این تحقیق نانو ذرات



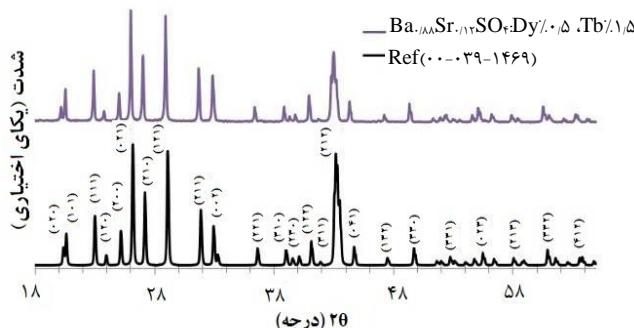
طیف پراش پرتو ایکس نمونه، در شکل ۲ مشاهده می‌شود که با طیف مرجع با شماره کارت ۱۴۶۹-۰۰-۰۳۹ مطابقت دارد و تشکیل بلور BaSrSO_4 با ساختار لوزی وجهی^۱ را تأیید می‌کند [۱۶]. با استفاده از این طیف و روش شر (رابطه ۱) متوسط اندازه نانو بلورها به دست آمد [۱۲، ۳].

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

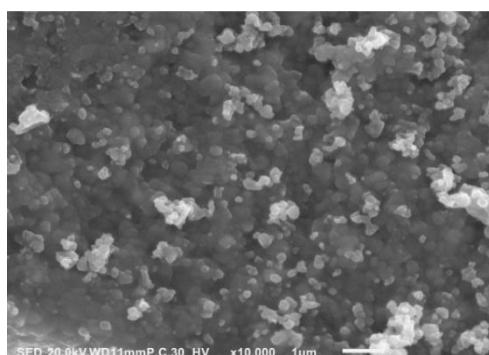
که در آن k یک مقدار ثابت و برابر 0.9 ، λ طول موج $K\alpha$ مس (1.5406\AA)، β پهنه‌ای نیم ارتفاع نوار (FWHM) و θ زاویه‌ی پراکندگی است [۱۶]. متوسط اندازه‌ی ذرات 63.5 نانومتر محاسبه شد.

ریخت‌شناسی نمونه با استفاده از تصویر SEM به دست آمد (شکل ۳). این شکل نشان می‌دهد که نانو ذرات تقریباً با لبه‌ی گرد تشکیل شده‌اند.

به منظور تأیید حضور عناصر کم مقدار Dy و Tb در ساختار نانوذرات سنتز شده، تست EDX^۲ استفاده شد (شکل ۴).



شکل ۲. $\text{Ba}_{0.88}\text{Sr}_{0.12}\text{SO}_4:\text{Dy}_{0.05},\text{Tb}_{0.15}$ نانوذرات XRD

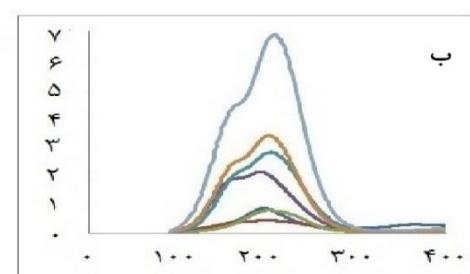
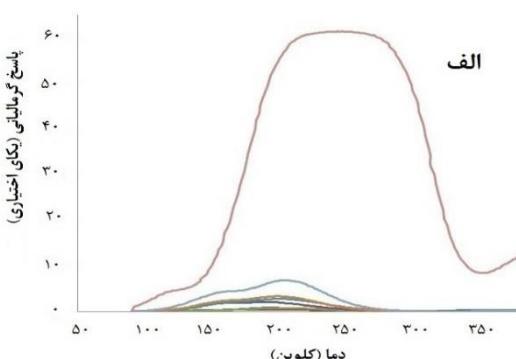


شکل ۳. SEM نانوذرات $\text{Ba}_{0.88}\text{Sr}_{0.12}\text{SO}_4:\text{Dy}_{0.05},\text{Tb}_{0.15}$

1. Orthorhombic
2. Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy

۳. نتایج و بحث

چون نوع و مقدار عناصر به کار رفته در مواد گرمالیان تأثیر فراوانی بر خصوصیات دزیمتری و حساسیت این نمونه‌ها دارد، لذا انتخاب عناصر و بهینه کردن غلظت آن‌ها در رسیدن به بهترین حساسیت، اهمیت دارد. بنابراین قبل از پرداختن به بررسی ساختار و ویژگی‌های دزیمتری، نمونه‌های ساخته شده تحت تابش گاما کیلالت-۶۰ با دز جذبی 7 kGy قرار گرفته و منحنی درخشش آن‌ها بررسی شد (شکل ۱ الف). نتایج نشان داد نمونه‌ی $\text{Ba}_{0.88}\text{Sr}_{0.12}\text{SO}_4:\text{Dy}_{0.05},\text{Tb}_{0.15}$ بیشترین حساسیت را دارد، بنابراین برای بررسی خواص دزیمتری نانوذرات باریم استرانسیم سولفات آلاییده با دیسپرسیم و تربیم، ترکیب $\text{Ba}_{0.88}\text{Sr}_{0.12}\text{SO}_4:\text{Dy}_{0.05},\text{Tb}_{0.15}$ در نظر گرفته شد. شکل ۱ ب بیانگر منحنی‌های کم شدت نمونه‌های سنتز شده است که با حذف شدت لیانی نمونه‌ی $\text{Ba}_{0.88}\text{Sr}_{0.12}\text{SO}_4:\text{Dy}_{0.05},\text{Tb}_{0.15}$ با وضوح بیشتر نمایش داده شده است.



- $\text{Ba}_{0.88}\text{Sr}_{0.12}\text{SO}_4:\text{Dy}_{0.05},\text{Tb}_{0.15}$

شکل ۱. منحنی درخشش نانوذرات ساخته شده با تغییر غلظت Dy، Tb، Sr

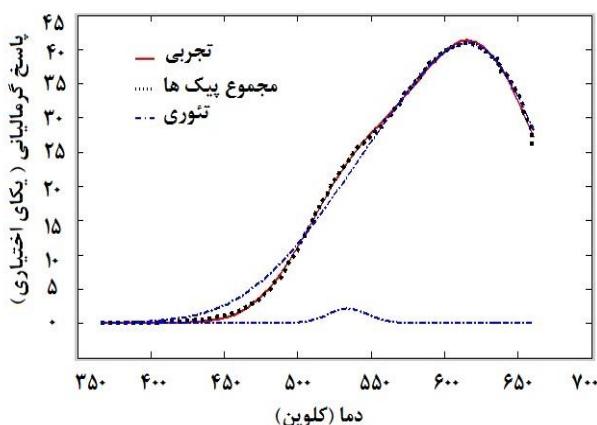


که در آن y_i مربوط به داده‌های تجربی است و f_i بهترین مقداری است که از طریق این انطباق به دست می‌آید [۱۵]. هر چه مقدار این کمیت کوچک‌تر باشد انطباق بیشتری بین منحنی تئوری و تجربی وجود دارد.

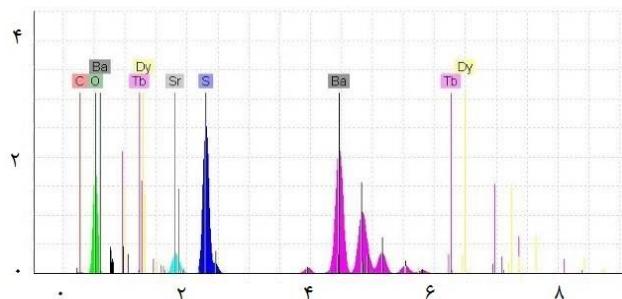
شکل ۵ منحنی درخشش گرمالیان برآشش شده نمونه تحت تابش دهی 100 mGy ۱۰۰ گامای چشمهدی سزیم-۱۳۷ را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، منحنی درخشش نانوذرات از ۲ قله هم‌پوشانی شده، تشکیل شده است که به ترتیب در دماهای ۶۱۵ و ۵۳۴ کلوین قرار گرفته‌اند. مقدار FOM، 0.035 به دست آمد که نشان می‌دهد برآشش با دقت قابل قبول انجام شده است. جدول ۱، نتایج پارامتر سینتیک، که از برآشش این منحنی به دست آمده است را نشان می‌دهد.

یکی از ویژگی‌های یک دزمتر خوب، پایداری نمودار گرمالیانی با گذشت زمان است. به همین علت محوشدنگی پاسخ گرمالیانی نانوذرات ساخته شده نیز مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، نمونه‌های یکسان با پرتو گاما با دز پرتودهی 1000 mGy تابش دهی شد. نمونه‌های پرتودیده در محیط تاریک در دماهای اتاق نگهداری شد و در فواصل زمانی ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از پرتودهی، در شرایط یکسان، خوانش شدند. نتایج به دست آمده از متوسط‌گیری سه بار خوانش در شکل ۶ مشاهده می‌شود. بر اساس نتایج به دست آمده، پاسخ گرمالیانی نانوذرات ساخته شده پس از ۲۱ روز تغییراتی در حد خطای آزمایش داشته است و محوشدنگی در این مدت ناچیز است.

پاسخ دز گرمالیان نانوذرات ساخته شده در دزهای مختلف گاما در گستره‌ی دز $0.05 \text{ kGy} - 15 \text{ mGy}$ بررسی شد. (شکل ۷).



شکل ۵: منحنی تجربی و برآشش شده گرمالیان نانوذرات $\text{Ba}_{0.15}\text{Sr}_{0.85}\text{SO}_4:\text{Dy}_{0.05}, \text{Tb}_{0.15}$ پرتودیده با دز 100 mGy ۱۰۰ گاما.



شکل ۴. EDX نانوذرات $\text{Ba}_{0.15}\text{Sr}_{0.85}\text{SO}_4:\text{Dy}_{0.05}, \text{Tb}_{0.15}$

طیف EDX حضور تمام عناصر ترکیب را در نمونه اثبات می‌کند. حضور کربن در طیف EDX به علت نوار کربنی است که در حین آنالیز پودرها روی آن ریخته شده‌اند. پارامترهای سینتیک نانو ذرات، با توجه به مقادیر μ_g ، بر مبنای مدل سینتیک مرتبه‌ی دوم تعیین شدند.

$$\mu_g = \frac{T_2 - T_m}{T_2 - T_1} \quad (2)$$

دماهای پیک، T_1 و T_2 دماهای دوطرف پیک در مقدار نیم شدت بیشنه است. مقدار μ_g برابر با 0.42 مرتبه اول سینتیک، 0.52 مرتبه دوم سینتیک و بین این دو عدد سینتیک مرتبه عام را نشان می‌دهد. معادله‌ی استفاده شده برای تعیین پارامترهای سینتیک که تابعی از شدت بیشینه و دماهای بیشینه است به صورت زیر می‌باشد [۱۵].

$$I(T) = I_m b^{\frac{b}{b-1}} \exp\left(\frac{E(T - T_m)}{kTT_m}\right) \times \\ \left[\frac{T_2}{T_m} (b-1) \left(1 - \frac{2kT}{E}\right) \exp\left(\frac{E(T - T_m)}{kTT_m}\right) + \right. \\ \left. 1 + (b-1) \frac{2kT_m}{E} \right]^{\frac{-b}{b-1}} \quad (3)$$

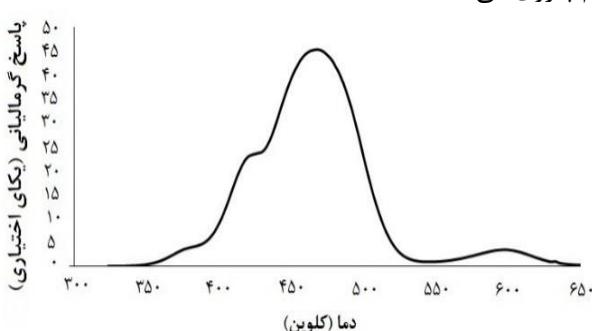
که در آن b پارامتر سینتیک بین ۱ و ۲ است، E انرژی فعال‌سازی، T دما بر حسب کلوین، T_m دماهای بیشینه و ثابت بولتزمن است. برای تعیین میزان انطباق منحنی گرمالیان تغوری و تجربی از رابطه FOM به صورت زیر استفاده شد:

$$FOM = \frac{\sum |y_i - f_i|}{\sum y_i} \quad (4)$$



دز، شانه‌ی دمای پایین به صورت قله ظاهر شده است و با پیک دمای 615 K همپوشانی کرده و پیک پنهانی را در منحنی درخشش ایجاد کرده است. علاوه بر آن شانه جدیدی با حساسیت کمتر در دمای $K = 379$ برای دزهای بالاتر از 1 kGy در منحنی درخشش دیده می‌شود. برای بررسی دقیق‌تر، نمونه مجدد تحت تابش دز 7 kGy چشممه‌ی کبالت 60 قرار گرفت و با دستگاه قرائت‌گر دیگری که حساسیت و فیلتر متفاوتی داشت، خوانش شد. شکل منحنی درخشش این نمونه در شکل ۸ آورده شده است.

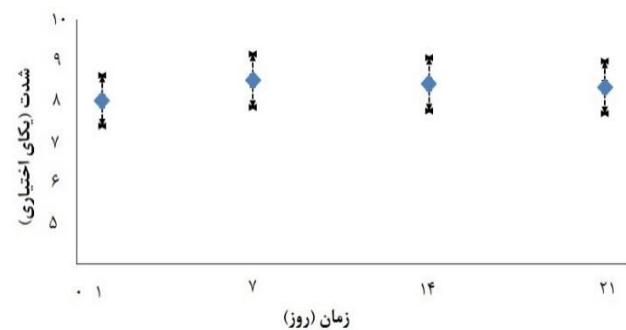
تأثیر تابش در تفکیک و پخش شدن مراکز پیچیده، مراکز لومینسانس و مراکز دام در سال‌های $1980-1981$ مطرح شده است [۱۹]. افزایش مراکز لومینسانس باعث افزایش حساسیت درخشش تمام قله‌های درخشش و به نوبه‌ی خود تغییر شکل منحنی درخشش می‌شود. به علاوه، افزایش شدت TL با افزایش دز گاما ممکن است به خاطر افزایش تعداد مراکز لومینسانس فعال با تابش گاما و به دنبال آن گسیل TL به علت $\text{RE}^{3+} \leftrightarrow \text{RE}^{2+}$ در طول بازه‌ی گرمادهی باشد. بنابراین در مرحله اول شدت افزایش می‌یابد یعنی شدت منحنی تابان نمونه با افزایش دز از 0.05 mGy تا 7 kGy افزایش یافت. اما از دز 7 kGy تا 15 kGy افزایش جزئی را نشان داد. اشباع دز در دزهای بالاتر از 7 kGy با این فرض توضیح داده می‌شود که تنها تعداد محدودی از بیون‌های RE برای کاهش بار با افزایش تابش گاما وجود دارد. ولی نتایج نشان داد در این گستره، پاسخ دز پودرهای نانوکربیستالی $\text{Ba}_{0.88}\text{Sr}_{0.12}\text{SO}_4\text{-Dy}_{0.05}\text{-Tb}_{0.05}$ غیرخطی است. بالاتر از 7 kGy نمونه به حالت اشباع رسید که این اثر اشباع برای دزهای بالا می‌تواند به خاطر اثر اشباع برای قله‌های دمای پایین باشد (شکل ۷ را ببینید). به علاوه با افزایش دز، قله منحنی گرمالیان به سمت دماهای پایین‌تر سوق یافته که نشان می‌دهد قله‌های گرمالیان از سینیک مرتبه دوم پیروی می‌کنند [۲۰].



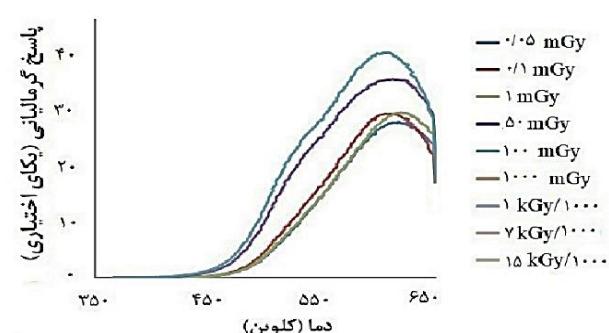
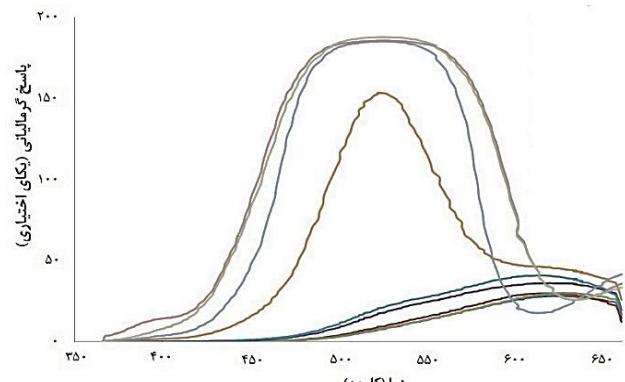
شکل ۸. منحنی درخشش نمونه در دز 7 kGy با دستگاه خوانش مدل ISK ۷۱۰۳ شرکت ایمن گستر کیش با فیلتر ۷۱۰۳

جدول ۱. پارامترهای گیراندزی نانوذرات $\text{Ba}_{0.88}\text{Sr}_{0.12}\text{SO}_4\text{-Dy}_{0.05}\text{-Tb}_{0.05}$ در 100 mGy گاما پرتو دیده با در 100 mGy

| μg | مرتبه سینتیک | E_τ (eV) | E_δ (eV) | E_ω (eV) | E_{avg} (eV) | T_1 (K) | T_m (K) | T_2 (K) |
|---------------|--------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------|-----------|-----------|
| ۰.۴۹۹۸ | ۱/۹۱۵ | ۰.۷ | ۰.۳ | ۰.۶ | ۰.۵ | ۵۱۷.۴ | ۵۲۳.۸ | ۵۵۰.۲ |
| ۰.۴۱۵۵ | ۱.۵۶۱ | ۰.۹۶ | ۱.۱ | ۱.۰ | ۱.۰ | ۵۳۰.۵ | ۶۱۵.۳ | ۶۷۵.۶ |



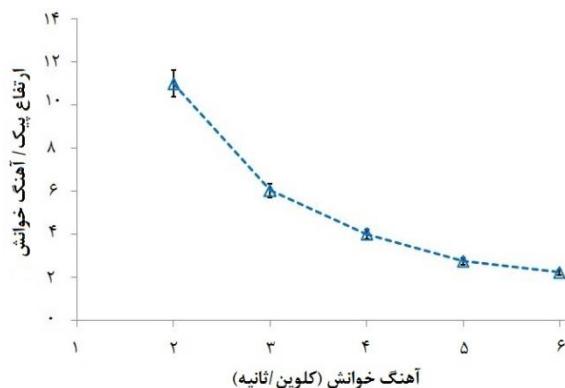
شکل ۶. تغییرات شدت منحنی درخشش نانوذرات ساخته شده تحت دز تابشی 1000 mGy گاما، با گذشت ۲۱ روز.



شکل ۷. منحنی درخشش نمونه در دزهای متفاوت تابش.

تغییر دزهای تابشی شکل منحنی تابان را تغییر داده است با افزایش دز از 0.05 mGy تا 100 mGy شکل کلی منحنی درخشش تغییر چندانی نداشته است. منحنی درخشش در این بازه از دز، پیک پنهانی در دمای $K = 615$ دارد و با افزایش دز، در دزهای 50 mGy و 100 mGy ، علاوه بر این دو، شانه‌ی کوچکی در دماهای پایین‌تر ظاهر شده است. با افزایش بیشتر





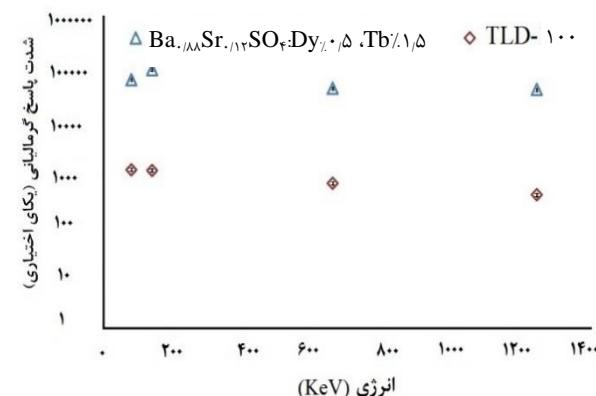
شکل ۱۰. تأثیر آهنگ‌های خوانش مختلف (۲ تا ۶ K/s) در شدت منحنی درخشش نانوذرات سنتز شده.

۴. نتیجه‌گیری

در این پژوهش نانو ذرات باریم استرانسیم سولفات آلاییده با دیسپرسیم و تربیم با هدف استفاده در دزیمتری به روش همروسوی برای غلظت‌های مختلفی از Tb، Sr، Ba و Dy شد. نتایج نشان داد که نمونه‌ی با ۰،۱۲، ۰،۸۸، ۰،۰۵ و ۱،۵ مول درصد به ترتیب برای عناصر اصلی و ناخالصی Ba، Sr، Tb و Dy بیشترین حساسیت به پرتوهای گاما را دارد. در ادامه خواص دزیمتری ترکیب منتخب قله‌ها در منحنی تابش گرمالیان و پارامترهای سینتیک مربوط به هر قله بر مبنای سینتیک مرتبی دوم تعیین شد. منحنی درخشش نانوذرات ساخته شده در گستره‌ی دز ۰،۰۵ تا ۰،۱۵ mGy شامل ۲ قله به ترتیب در دماهای ۵۳۴ و ۶۱۵ K است. شدت درخشش تا دز ۷ kGy رو به افزایش است و پس از آن، به حالت اشباع نزدیک می‌شود. محوشدگی در دز ۱۰۰ mGy ۱۰۰ گاما در مدت ۲۱ روز مشاهده نشد. پاسخ انرژی در بازه‌ی ۸۰ تا ۱۲۵۰ keV ۱۲۵۰ keV-۵۰ keV باز است. در شدت منحنی درخشش نانوذرات سنتز شده در آهنگ‌های مختلف با آهنگ دز جذبی $3/4$ mGy/s با ولتاژهای ۸۰ و ۱۴۰ ولت و چشمهدی گلامای کبالت-۶۰ و سریم-۱۳۷ به ترتیب با آرنژی‌های ۱۲۵۰ keV و ۶۶۲ برای دز مشخص ۱۰۰ mGy ۱۰۰ keV است. نتایج حاصل بعد از بهنجار شدن نسبت به کبالت-۶۰ در شکل ۹ گزارش شده است. نتایج نشان داد رفتار نمونه وابسته به انرژی و شبیه به رفتار نمونه تجاری TLD-100 است.

هم‌زمان با نمونه تحت مطالعه در بخش پاسخ انرژی، چندین TLD-100 پرتودهی شد. مقایسه‌ی نتایج دزیمتر مورد مطالعه با دزیمتر رایج TLD-100 در آرنژی‌های مختلف در شکل ۹ گزارش شده است. مشاهده می‌گردد حساسیت نمونه‌ی ساخته شده حدوداً ۸۰ برابر TLD-100 است.

یکی از پارامترهای مؤثر در تعیین زمان مورد نیاز خوانش قرص‌های TLD، انتخاب مناسب آهنگ خوانش یا نرخ گرمادهی قرص می‌باشد [۲۱]. به این منظور، دزیمتر مورد نظر در دز ۷ kGy ۷ گاما پرتودهی شد و با آهنگ‌های گرمادهی متغّری ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ K/s خوانش شد. نتایج حاکی از کاهش شدت منحنی درخشش با افزایش نرخ خوانش بود (شکل ۱۰). این امر ناشی از رخدان اثر فرونشانی گرمایی^۱ است [۲۱، ۲۲]. هم‌چنین با افزایش نرخ گرمادهی از ۲ تا ۶ K/s تغییر مکان منحنی درخشش، در حدود ۲۰ K به سمت دماهای بالاتر مشاهده شد.



شکل ۹. منحنی درخشش نانوذرات سنتز شده در آرنژی‌های مختلف و TLD-100

1. Thermal Quenching

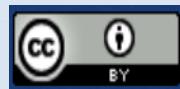


مراجع

1. P.D. Sahare, et al, *K₃Na(SO₄)₂: Eu nanoparticles for high dose of ionizing radiation*, *Journal of Physics, D: Applied Physics*, **40**, 759-764 (2007).
2. S.P. Lochab, et al, *Thermoluminescence and photoluminescence study of nanocrystalline Ba_{0.97}Ca_{0.03}SO₄:Eu*, *Journal of Physics, D: Applied Physics*, **39**, 1786-1791 (2006).
3. Kh. Rezaee, A. Aghay, M. Erfani, *Synthesis, characterization and TL properties of SrSO₄:Dy, Tb nanocrystalline phosphor*, *Journal of Rare earths*, **32**, 1003-1009 (2014).
4. N. Salah, P.D. Sahare, A.A. Rupasov, *Thermoluminescence of nanocrystalline life: Mg, Cu, P*, *Journal of Luminescence*, **124**, 357-364 (2007).
5. A. Choubey, et al, *Argon ions induced thermoluminescence properties of Ba_{0.12}Sr_{0.88}SO₄ phosphor*, *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, **72**, 136-143 (2011).
6. A. Pandey, R.G Sonkawade, P.D. Sahare, *Thermoluminescence and photoluminescence characteristics of nanocrystalline LiNaSO₄:Eu phosphor*, *Journal of Physics. D: Applied Physics*, **36**, 2400-2405 (2003).
7. A. Choubey, et al, *Effect of ion irradiation on optoelectronic properties of Ba_{0.12}Sr_{0.88}SO₄: Eu phosphor*, *Physica B: Physics of Condensed Matter*, **406**, 4483-4488 (2011b).
8. H.S. Nalwa, *Handbook of Nanostructure Materials and Nanotechnology*, Academic, CA, San Diego, 1-5 (2000).
9. V. Ramaswamy, R.M. Vimalathithan, V. Ponnusamy, *Synthesis of monodispersed barium sulphate nanoparticles using water-benzene mixed solvent*, *Advanced Materials Letters*, **3**, 29-33 (2012).
10. N. Salah, P.D. Sahare, P. Kumar, *TL and PL in BaSr(SO₄)₂:Eu mixed sulphate*, *Physica Status Solidi A*, **203**, 898-905 (2006).
11. E. Aboelezz, et al, *Nano-barium–strontium sulfate as a new thermoluminescence dosimeter*, *Journal of Luminescence*, **166**, 156-161 (2015).
12. M.A. Sharaf, G.M. Hassan, E. Aboelezz, *Effect of strontium additive on thermoluminescence properties of (Ba_{1-x}Sr_xSO₄)_{99.8%}: Eu_{0.2%} nanophosphor*, *Radiation Measurements*, **65**, 29-35 (2014).
13. Kh. Rezaee, A. Aghay, *Thermoluminescence properties of nanophosphors BaSO₄:Dy and BaSO₄:Tb*, *Applied Radiation and Isotopes*, **82**, 188-192 (2013).
14. Kh. Rezaee, et al, *Thermoluminescence properties of nanocrystalline of BaSO₄: Dy, Tb irradiated with gamma rays*, *Journal of Luminescence*, **137**, 230-236 (2013).
15. Kh. Rezaee, M. Khosravi, A. Aghay, *Investigation of thermoluminescence characteristics of barium sulphate and strontium sulphate nanoparticles doped with rare earth elements*, *Isfahan University* (2013).
16. I.H. Widanagamage, A.R. Waldron, M. Glamocilja, *Controls on Barite Crystal Morphology during Abiotic Precipitation*, *Minerals*, **8**, 480 (2018).
17. G.G. Kitis, J.M. Gomez Ros, J.W.N. Tuyn, *Thermoluminescence glow curve deconvolution functions for first, second and general orders of kinetics*, *Journal of Physics D: Applied Physics*, **31**, 2636-2641 (1998).
18. G. Balian, N.W. Eddy, *Figure of merit (FOM), and improved criterion over the normalized chisquared test for assessing goodness-of-fit of gamma-ray spectra peaks*, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, **145**, 389-393 (1977).
19. B. Samariha, K. Rezaee Ebrahim Saraei, *Effects of annealing on the thermoluminescence characteristics of Dy and Tb doped SrSO₄ nanophosphor under gamma excitation*, *Journal of Luminescence*, **198**, 389-399 (2018).
20. S. Som, A. Choubey, S.K. Sharma, *Spectral and trapping parameters of Eu⁺ Gd₂O₂S nanophosphor*, *Journal of Experimental Nanoscience*, **10**(5), 350-370 (2015).
21. M. Kumar, et al, *Dependence of peak height of glow curves on heating rate in thermoluminescence*, *Journal of Luminescence*, **130**, 1216-1220 (2010).
22. V. Pagonis, et al, *Anomalous heating rate effect in thermoluminescence intensity using a simplified semi-localized transition (SLT) model*, *Radiation measurement*, 1-9 (2013).

COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.



استناد به این مقاله

محبوبه لطفی، خدیجه رضایی ابراهیم سرائی، کوروش بازاری جامخانه (۱۳۹۹)، مطالعه خصوصیات گرمالیان نانوذرات Ba_{0.12}Sr_{0.88}SO₄:Dy/_{0.5}Tb/_{0.5} با هدف دزیمتری، ۹۴، ۲۱-۲۷

DOI: 10.24200/nst.2021.1161

Url: https://jonsat.nstri.ir/article_1161.html