



ساخت میکروبلور منیزیم تترابورات آلاییده شده با ناخالصی یوروپیم و بررسی خواص ترمولومینسانس آن

رضا بکتاشی*^(۱) - احسان صادقی^(۲،۱) - دکتر زاهدی فر^(۳،۱) - علی شفیعی فینی^(۱)

^۱دانشگاه کاشان، دانشکده فیزیک، گروه هسته‌ای

^۲دانشگاه کاشان، پژوهشکده علوم و فناوری‌های نانو

چکیده:

در این پژوهش میکروبلورهای MgB_4O_7 آلاییده با ناخالصی Eu به روش حالت جامد ساخته شد. پس از تهیه میکروبلورها (MgB_4O_7) ساختار و ماهیت آن با استفاده از دستگاه اشعه ایکس (XRD) بررسی و با استفاده از نتایج آنالیز XRD میانگین میکروبلورها در بالای چند صد نانومتر تخمین زده شد. چگونگی پاسخ ترمولومینسانس نمونه‌های ساخته شده مورد بررسی قرار گرفت. درصد ناخالصی بهینه در به دست آوردن بیشترین پاسخ ترمولومینسانس این نمونه ۰/۳ مول در صد به دست آمد. نمودار ترمولومینسانس این نمونه دارای یک قله با پهنای کم است.

کلمات کلیدی: میکروبلور، دزیمتری، ترمولومینسانس، حالت جامد، منیزیم تترابورات

مقدمه:

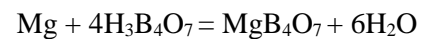
گسیل نور از نیمه رسانا یا عایق هنگام گرم کردن (هنگامی که نمونه از قبل توسط تابش یونیزان تحریک شده است) را ترمولومینسانس می‌گویند. امروزه اثرات پرتوهای یوننده و پرتوگیری بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته‌اند. یکی از روش‌های اندازه‌گیری میزان پرتوگیری (دز جذب شده)، روش دزیمتری ترمولومینسانس (TLD) است. این روش در زمینه دزیمتری فردی و محیطی به دلیل استفاده آسان، ارزان، تکرارپذیری، دقت و حساسیت بالا دارای جایگاهی ویژه می‌باشد [۱]. بورات‌ها به دلیل داشتن عدد اتمی مؤثر (Z_{eff}) کوچک، پاسخ دز خطی وسیع، میزان حساسیت بالا و روش‌های تولید ساده به طور گسترده‌ای در تابش دزیمتری ترمولومینسانس مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به این خصوصیات می‌توان از آن‌ها به عنوان دزیمتری پزشکی نیز استفاده کرد. ترکیبات بورات دارای طیف نشر گسترده‌ای از طول موج مادون قرمز (IR) تا طول



موج مرئی و UV هستند [۲]. فسفرهای پایه بورات (SrB_4O_7 ، $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ، MgB_4O_7) یکی از گروه‌های مورد توجه برای کاربردهای لومینسانس از جمله دزیمتری تابش به روش‌هایی همچون ترمولومینسانس (TL) و لومینسانس نوری تحریک شده (OSL) هستند [۳-۵]. فسفر منیزیم تترابورات آلاییده با عناصر خاکی کمیاب (RE) برای کاربردهای پزشکی استفاده شده است [۶]. به دلیل نزدیک بودن عدد اتمی مؤثر فسفر $\text{MgB}_4\text{O}_7\text{:RE}$ ($Z_{\text{eff}}=8.4$) و وابستگی کم پاسخ آن به انرژی فوتون، این نمونه در دزیمتری ترمولومینسانس مورد توجه است. قله TL آن در محدوده دمایی ۴۵۰ تا ۵۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار دارد. این فسفر برای دزیمتری نوترون و کاربردهای سنجش دما نیز استفاده شده است [۷ و ۸]. در این پژوهش ضمن بیان چگونگی ساخت میکروبلور منیزیم تترابورات آلاییده با ناخالصی Eu، خواص TL این میکروبلورهای ساخته شده بررسی شده است.

روش کار:

برای ساخت نانوذرات منیزیم تترابورات با ناخالصی یورانیوم به روش حالت جامد از واکنش زیر استفاده شد:



مواد استفاده شده در این پژوهش: منیزیم اکسید (MgO)، یورانیوم نیترات شش آبه ($\text{Eu}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) و اسید بوریک (H_3BO_3) که همگی از خلوصی بالا برخوردار بوده و خلوص‌سازی اضافه انجام نگرفت. ابتدا مواد اولیه توسط ترازویی با دقت ۰/۱ میلی‌گرم توزین شدند. سپس با استفاده از هاون منیزیم‌اکسید به اندازه کافی ساییده شد و ناخالصی یورانیوم به آن اضافه گشته و ساییده شدند. در مرحله بعد اسید بوریک به دو ماده ساییده شده قبلی اضافه گردید. همه مواد ساییده شده با استفاده از یک کوره با دقت ± 1 درجه‌ی سانتی‌گراد در دمای ۹۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت گرمادهی شدند. بعد از اتمام این مرحله، این بار نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در دمای ۴۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد گرمادهی شده و دوباره ساییده شدند. نمونه به دست آمده میکروبلورهای منیزیم تترابورات با ناخالصی یورانیوم می‌باشند.

تشکیل این میکروبلورها با استفاده از آنالیز XRD، توسط دستگاه Panalytical مدل X'PertPro با $\text{CuK}\alpha$ تشکیل این میکروبلورها با استفاده از آنالیز SEM با $\lambda=0.154\text{nm}$ بررسی گردید. آنالیز SEM با استفاده از دستگاه میکروسکوپ الکترون روبشی مدل ۱۴۵۰ VP انجام شد. نمونه‌های ساخته شده توسط سامانه پرتو دهنده گاما سل مجهز به چشمه ^{60}Co با آهنگ دز $1/38 \text{ Gy/s}$ تحت تابش پرتو گاما با دز 100 Gy قرار گرفتند. نمونه‌های پرتو دهی شده توسط دستگاه Harshaw TLD Reader مدل ۴۵۰۰ در بازه دمایی ۵۰ تا ۳۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد با آهنگ دمایی $2 \text{ }^\circ\text{C/s}$ قرائت شدند.

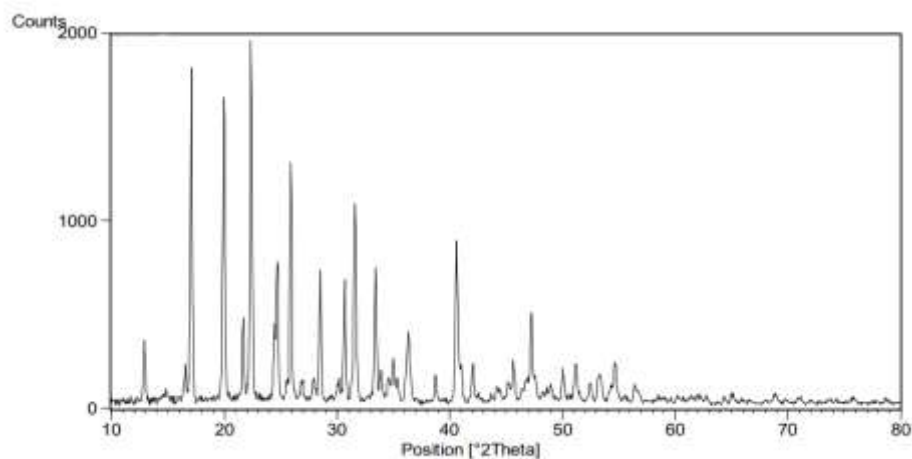
نتایج:



جهت تعیین ساختار نمونه‌های ساخته شده آنالیز XRD به عمل آمد. طیف به دست آمده در شکل (۱) مشاهده می‌شود. طیف به دست آمده با طیف مرجع به شماره کارت 00-017-0927; MgB_4O_7 همخوانی دارد که صحت روش استفاده شده در دستیابی به نمونه مورد نظر را نشان می‌دهد. اندازه تقریبی میکروبلورهای ساخته شده با استفاده از رابطه‌ی شرر بالای ۱۰۰ نانومتر تخمین زده شد:

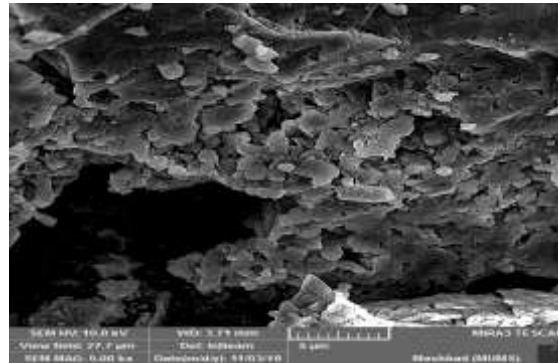
$$D = \frac{k * \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

که در آن D اندازه‌ی بلور نانوذرات، K ثابت شکل (۰/۹)، λ طول موج اشعه‌ی X ، β پهنای قله در نصف ارتفاع بیشینه (FWHM) می‌باشد.



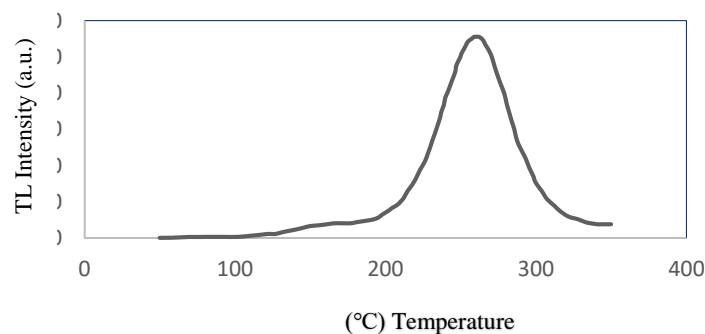
شکل (۱): طیف XRD میکروبلورهای $MgB_4O_7:Eu$.

جهت مشاهده ریخت‌شناسی نمونه‌های ساخته شده از این نمونه‌ها تصویر میکروسکوپ الکترون روبشی (SEM) تهیه شد. در شکل تصویر SEM میکروبلورهای $MgB_4O_7:Eu$ مشاهده می‌شود که اندازه میکروبلورها بالای چندصد نانومتر است که با نتایج به دست آمده از نتایج XRD همخوانی نسبی دارد.



شکل (۲): تصویر SEM میکروبلورهای $MgB_4O_7:Eu$.

رژیم گرمایی، یک عملیات حرارتی است که به منظور پاک کردن اثرات قبلی بر روی ساختار گیراندازهای الکترونی بلورهای دزیمر مورد استفاده قرار می‌گیرد و یک پارامتر اصلی در انجام مطالعات دزیمتری TL است [۹]. نمونه‌های ساخته شده تحت رژیم گرمایی ۴۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفتند. سپس میکروبلورها توسط چشمه‌ی ^{60}Co تحت تابش پرتو گاما با دز ۱۰۰ Gy قرار گرفتند. نمونه‌های پرتو دهی شده توسط دستگاه TLD Reader قرائت شدند. پاسخ TL آن‌ها به صورت نمودار شدت بر حسب دما ثبت شده که در شکل (۳) مشاهده می‌شود. یکی از عوامل اصلی در محل قله ترمولومینسانس (دمای بیشینه قله) نوع ناخالصی و میزان ناخالصی‌های به کار رفته در نمونه میزبان است. این ناخالصی‌ها هستند که در ناحیه بین نوار ظرفیت و هدایت ترازهای میانی ایجاد می‌کنند که انرژی بستگی این ترازها تأثیر به‌سزایی در دمای بیشینه‌های ایجاد شده در نمودار درخشندگی ترمولومینسانس بلور میزبان دارد.

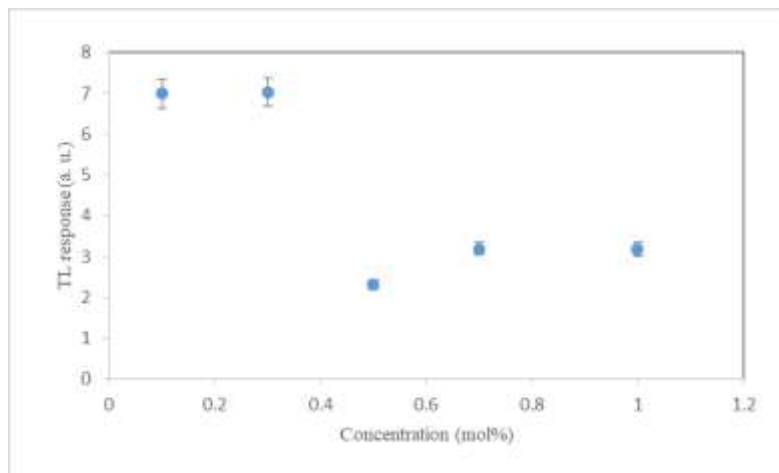


شکل (۳): منحنی تابش ترمولومینسانس میکروبلورهای $MgB_4O_7:Eu$.

برای تعیین بهترین درصد ناخالصی یوروپیم، میکروبلورها با مقادیر متفاوت ((۰/۱)، (۰/۳)، (۰/۵)، (۰/۷) و (۱) مول درصد) از این ناخالصی ساخته شده و حساسیت ترمولومینسانس آن‌ها مورد مقایسه قرار گرفت.

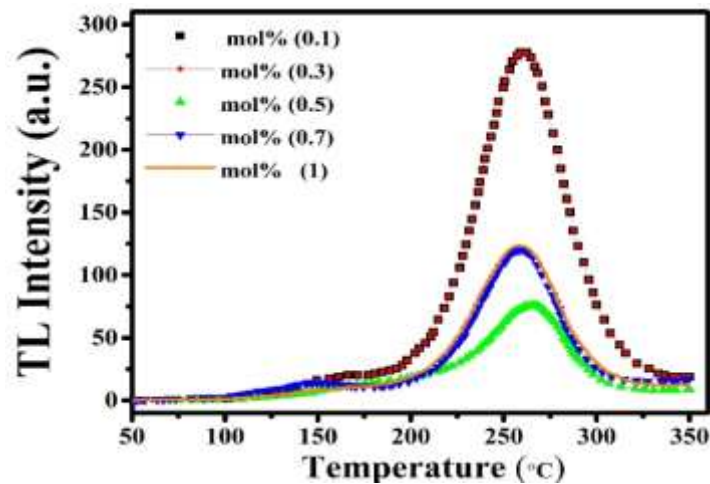


همانطور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار ناخالصی از ۰/۱ به ۰/۳ مول درصد، پاسخ ترمولومینسانس مقدار کمی افزایش یافته و بعد از آن به یکباره این پاسخ کاهش یافته است. به این ترتیب میزان ۰/۳ مول درصد به عنوان بهترین میزان ناخالصی در رسیدن به بیشترین پاسخ ترمولومینسانس انتخاب شد.



شکل (۴): نمودار تغییرات پاسخ TL نسبت به تغییر غلظت Eu.

منحنی درخشش TL مربوط به درصدهای مختلف ناخالصی در شکل (۵) مشاهده می‌شود.



شکل (۵): منحنی ترمولومینسانس میکروبلورهای $MgB_4O_7:Eu$.



بحث و نتیجه گیری:

در این پژوهش میکروبلورهای MgB_4O_7 آلاینده شده با ناخالصی Eu ساخته شده و خواص ترمولومینسانس آن‌ها بررسی شد. طیف XRD میکروبلورهای ساخته شده، تشکیل بلورهایی با ساختار مکعبی MgB_4O_7 را تأیید می‌کند. منحنی درخشش ترمولومینسانس دزیمتر ساخته شده دارای یک نمودار ساده و تقریباً تک قله در دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد است. دمای مناسب این قله می‌تواند نشان دهنده محوشدگی کم پاسخ ترمولومینسانس نمونه ساخته شده باشد که یکی از موارد بسیار مهم در استفاده از دزیمترهای ترمولومینسانس است چرا که محوشدگی به کم شدن مقداری از پاسخ دزیمتر می‌شود که به تخمین کمتر دز اندازه‌گیری شده می‌انجامد. بهترین مقدار ناخالصی Eu در رسیدن به بالاترین پاسخ ترمولومینسانس ۰/۳ مول در صد تعیین شد. در کل می‌توان منحنی ساده ترمولومینسانس، روش ساخت آسان و محوشدگی پایین این نمونه (به خاطر دمای مناسب قله اصلی) را از مزایای آن برشمرد.

مراجع:

- [1] Zahedifar, M. and Sadeghi, E. (2013). Thermoluminescence dosimetry properties of new Cu doped CaF_2 nanoparticles, *Radiation protection dosimetry*, 157(3), 303-309.
- [2] Iflazoglu, S., Yılmaz, A., Kafadar, V., Topaksu, M. and Yazıcı, A. (2019). Neutron+ Gamma response of undoped and Dy doped MgB_4O_7 thermoluminescence dosimeter, *Applied Radiation and Isotopes*, 147, 91-98.
- [3] Rawat, N. S., Dhabekar, B., Kulkarni, M. S., Muthe, K. P., Mishra, D. R., Soni, A., & Babu, D. A. R. (2014). Optimization of CW-OSL parameters for improved dose detection threshold in $Al_2O_3: C$. *Radiation Measurements*, 71, 212-216
- [4] Palan, C. (2013). Engineering and Technology, *Global Journal of Science*, 14, 1-17.
- [5] Bajaj, N. S., & Omanwar, S. K. (2012). Combustion synthesis and luminescence characteristic of rare earth activated $LiCaBO_3$. *Journal of Rare Earths*, 30(10), 1005-1008.
- [6] Annalakshmi, O., Jose, M. T., Madhusoodanan, U., Venkatraman, B., and Amarendra, G. (2013). Kinetic parameters of lithium tetraborate based TL materials. *Journal of Luminescence*, 141, 60-66.
- [7] Szabo, P. P., Pradhan, A. S., & Chandra, B. (1984). Some dosimetric parameters of $MgB_4O_7: Dy$ sintered pellets and $CaSO_4: Dy$ Teflon discs—a comparative study. *The International journal of applied radiation and isotopes*, 35(5), 415-417.
- [8] Bajaj, N. S., & Omanwar, S. K. (2014). Advances in synthesis and characterization of $LiMgBO_3: Dy^{3+}$. *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, 125(15), 4077-4080.
- [9] Rahimi, M., Zahedifar, M., and Sadeghi, E. (2018). Synthesis, optical properties and thermoluminescence dosimetry features of manganese doped $Li_2B_4O_7$ nanoparticles. *Radiation protection dosimetry*, 181(4), 360-367.