مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ۴، شمارهٔ ۱، پاییز ۱۳۹۲

ساخت نانوبلور لیتیوم تترا بورات آلاییده با منیزیم به روش احتراقی و بررسی رفتار لومینسانس آن

محسن محرابی[۱]، مصطفی زاهدی‌فر[۱و۲*]، سهیلا حسنلو[۱] و احسان صادقی[۱]

[۱] پژوهشکده علوم و فناوری نانو، دانشگاه کاشان، کاشان، اصفهان، ایران.

[۲] دانشکده فیزیک، دانشگاه کاشان، کاشان، اصفهان، ایران.

[*] اصفهان، کاشان، بلوار قطب راوندی، دانشگاه کاشان، پژوهشکده علوم و فناوری نانو، کد پستی: ۵۱۱۶-۸۷۳۱۷

پست الکترونیکی: zhdfr@kashanu.ac.ir

چکیده

در این پژوهش، نانوذرات لیتیوم تترابورات به روش احتراقی ساخته شده‌اند. ساختار، شکل و اندازهٔ نانوذرات به‌وسیلهٔ الگوی پراش پرتو ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج به‌دست‌آمده تشکیل نانوبلورهای لیتیوم تترا بورات را تأیید می‌کند. همچنین منحنی تابش ترمولومینسانس نانوذرات در برابر پرتو گاما رسم شده است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که منحنی تابش این نانوذرات، از پنج قله در دماهای ۴۱۵، ۴۵۱، ۵۲۳، ۵۷۲ و ۶۳۵ درجهٔ کلوین تشکیل شده است که هم‌پوشانی زیادی دارند. نانوذرات حاصل در بازه ۵ تا ۱۰۰۰ گری نسبت به پرتوهای گاما یک پاسخ خطی از خود نشان می‌دهند و محوشدگی آن‌ها در مدت یک ماه ۳۱ درصد بوده است. علاوه بر این، از روی منحنی جذب نانوذرات گاف انرژی نمونه‌ها محاسبه شده است که مقدار تقریبی ۵.۵۶ eV به‌دست آمده است.

کلیدواژگان: ترمولومینسانس، نانوذره، لیتیوم تترابورات، دزیمتری، فوتولومینسانس.

۱. مقدمه

ترمولومینسانس (TL) یک روش مفید برای ارزیابی میزان دز دریافتی توسط اشخاص و اجسام است. نقص‌های نقطه‌ای که در ساختار بلورهای نیمه‌رسانا وجود دارد، حالت‌های الکترونی را در گاف ممنوع ایجاد می‌کند. درک پدیدهٔ ترمولومینسانس به بررسی مشخصات ساختار این نقص‌ها بستگی دارد. مواد با خاصیت ترمولومینسانس، وقتی که بارهای حامل به تله افتاده آزاد می‌شوند، یک منحنی تابش با یک یا چند قله را ارائه می‌دهند که نشان‌دهندهٔ منحنی ترمولومینسانس آن ماده است [۱و۲]. برای دست‌یافتن به اندازه‌گیری دقیق دز جذب شده در ترمولومینسانس دزیمتری (TLD)، مواد دزیمتری باید یک پاسخ مشابه همانند مقدار متوسط تابش‌دهنده داشته باشند.

عملکرد TLD توسط محاسبه خواصی مثل خطی بودن، بازه دز، انرژی پاسخ، تولید مجدد، پایداری اطلاعات ذخیره شده و ایزوتوپ ارزیابی می‌شود [۳].

لیتیوم تترابورات به این دلیل که عدد اتمی مؤثر آن (Z_{eff}=۷.۳) نزدیک به بافت بدن انسان است (۷.۴) مادهٔ مناسبی برای دزیمتری فردی است. لیتیوم تترابورات پایهٔ دزیمتری به روش ترمولومینسانس است که توجه زیادی را در دزیمتری تابش به خود جلب کرده است و در تحقیقات و کاربردهای چندین دههٔ اخیر مورد استفاده قرار گرفته است [۴، ۵].

نخستین بار Schulmanl و همکاران، لیتیوم تترابورات آلاییده شده با منگنز را آماده کردند (۰.۱ wt ٪ Mn) سپس

Archive of SID

www.SID.ir

Brunskill آماده‌سازی این ماده را برای تولید یک آشکارساز هم‌ارز بافت مفید گسترش داد [۴–۸]. ترمولومینسانس لیتیوم تترابورات، ابزار مفیدی برای تشخیص میزان دز دریافتی از پرتوهای مضر است که توسط اشخاص در معرض تابش جذب شده است.

علاوه بر آن در دهه‌های اخیر، نانوتکنولوژی در زمینه‌های مختلف علوم وارد شده است و مواد نانوساختار خواص و ویژگی‌های متفاوتی را نسبت به مواد توده‌ای از خود نشان داده‌اند. نانوفسفرها خواص لومینسانس عالی وابسته به اندازهٔ ذرات و سطح مؤثر نشئت گرفته از گسترش گاف انرژی را نشان می‌دهد [۹، ۱۰] در این پژوهش، نانوبلورهای لیتیوم تترا بورات به روش احتراقی ساخته شده‌اند و خواص لومینسانس آن‌ها نسبت به پرتوهای گاما بررسی و مطالعه شده است.

۲. روش آزمایشگاهی

برای ساخت نانوذرات لیتیوم تترابورات روش احتراقی به‌کار برده شده است. مواد به‌کار رفته در این روش عبارت‌اند از: لیتیوم نیترات، بوریک اسید، منیزیم نیترات، اوره، آمونیوم نیترات که همگی موادی با درجه خلوص بالا هستند.

برای انجام واکنش مواد لیتیوم نیترات، بوریک اسید، اوره، آمونیوم نیترات را به‌ترتیب با نسبت وزنی ۲:۳.۲:۱۰.۲:۱۰.۲ و با مقادیر ۰.۶۹۶۱ گرم لیتیوم نیترات و ۰.۹۲۵۰ گرم اسید بوریک و ۴.۰۸۲۰ گرم آمونیوم نیترات و ۳.۰۶۲۰ گرم اوره و یک (mol%)منیزیم نیترات معادل ۰.۰۲۵۴ گرم وزن کرده و همهٔ آن‌ها را در آسیاب ریخته، به مدت ۵ دقیقه ساییده می‌شوند تا کاملاً یکنواخت با یکدیگر مخلوط شوند. سپس مادهٔ به‌دست‌آمده را در یک بوتهٔ چینی ریخته و در دمای ۵۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار می‌دهیم. طی این مدت، مواد با یگدیگر واکنش داده و مواد اضافی موجود تبخیر می‌شوند. سپس مادهٔ به‌دست‌آمده دوباره در آسیاب ساییده شده و به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای $450\ ^{\circ}C$ گرمادهی می‌شود. پودر سفیدرنگی حاصل می‌شود که نانوذرات لیتیم تترا بورات را تشکیل می‌دهند.

۳. نتایج آزمایشگاهی

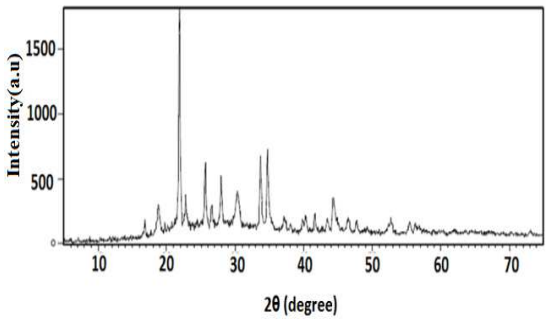
۱.۳. تحلیل ساختار نانوذرات لیتیوم تترابورات

ساختار نانوذرات ساخته‌شده با الگوی پراش پرتو ایکس با دستگاه Rigaku D–III C max، پراش اشعه ایکس با فیلتر نیکل و تابش Kα مس، مورد بررسی قرار گرفته است. همان‌طور که شکل (۱) نشان می‌دهد، الگوی به‌دست‌آمده ساختار لیتیوم تترابورات را تأیید می‌کند که مطابق با کد مرجع به شمارهٔ (۰۵۰۵–۴۰) است. نمودار پراش پرتو ایکس نانو ذرات ساخته‌شده در شکل (۱) دیده می‌شود.

میانگین اندازهٔ ذرات را می‌توان از روی پهنای نصف بیشینهٔ قله XRD و فرمول شرر تخمین زد:

$$\beta_{khl}=\frac{0.9\lambda}{d\cos\theta}$$

که در آن، d میانگین اندازهٔ ذرات، λ طول موج تابشی، β پهنای نصف بیشینهٔ قله بر حسب رادیان و θ زاویهٔ براگ است.

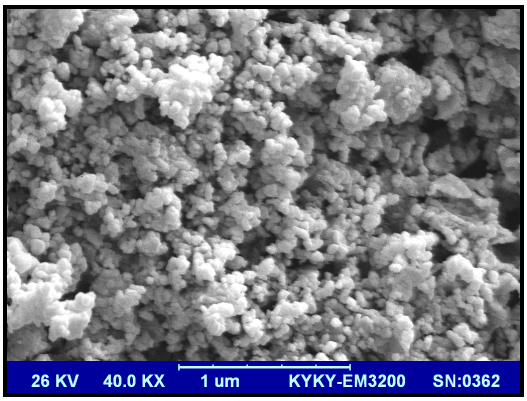


شکل ۱: الگوی پراش پرتو ایکس نانوذرات لیتیوم تترابورات

میانگین اندازهٔ ذرات در این تحقیق، ۳۴ نانومتر تخمین زده می‌شود. در شکل (۲) تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی دیده می‌شود. از عکس‌های گرفته‌شده از بلورهای ساخته‌شده مشخص می‌شود که ذرات تشکیل‌شده ساختار نانو دارند.

Archive of SID

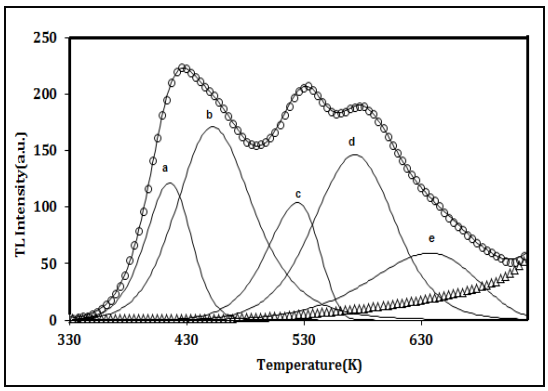
www.SID.ir



شکل ۲: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوذرات لیتیوم تترا بورات

۲.۳. منحنی تابش ترمولومینسانس نانوذرات لیتیوم تترابورات آلاییده با منیزیم

نانوذرات ساخته‌شدهٔ لیتیوم تترا بورات آلاییده با منیزیم به‌وسیلهٔ پرتوهای گاما از چشمهٔ ^{137}Cs پرتودهی شده‌اند. شکل (۳) منحنی تابش ترمولومینسانس این نانوذرات را نشان می‌دهد. برای توصیف قله‌های ترمولومینسانس، می‌توان از یکی از مدل‌های توصیف‌کنندهٔ این پدیده استفاده کرد. در واقع، میزان انطباق قله‌های تجربی و نظری را می‌توان با استفاده از یک برنامهٔ کامپیوتری به‌دست آورد. این کار برای قله‌های مربوط به نانوذرات ساخته‌شده انجام گرفته است. برنامهٔ به‌کار گرفته شده براساس مدل سینتیک مرتبهٔ عام نوشته شده است. در شکل (۳)، منحنی تجربی و برازش‌شدهٔ ترمولومینسانس که با استفاده از این برنامهٔ کامپیوتری برازش شده، مشاهده می‌شود. همچنین پارامترهای گیراندازی مربوط به آن، در جدول (۱) آورده شده است که در آن، b مرتبهٔ سینتیک، E انرژی فعال‌سازی، T_m و I_m به‌ترتیب دما و شدت بیشینهٔ قله است.

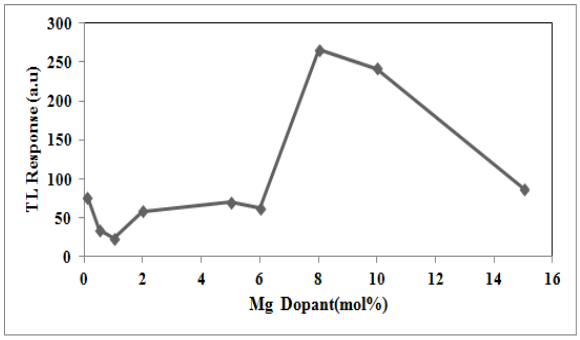


شکل ۳: منحنی تابش ترمولومینسانس برازش شده نانوذرات لیتیوم تترا بورات آلاییده با منیزیم

جدول ۱: پارامترهای گیراندازی منحنی تابش ترمولومینسانس نانوذرات لیتیوم تترا بورات آلاییده با منیزیم (FOM=0.318)

قله	b	I_m	T_m	E
a	۱.۳۹	۱۲۱	۴۱۵	۰.۸۸۵
b	۲	۱۷۰	۴۵۱	۰.۷۵۲
c	1	۱۰۳	۵۲۳	۱.۰۴۹
d	۱.۵۸	۱۴۶	۵۷۲	۱.۰۱۰
e	۱	۵۹	۶۳۵	۰.۷۳۵

برای بررسی تأثیر میزان ناخالصی منیزیم روی خاصیت ترمولومینسانس نانوذرات لیتیوم تترا بورات، ناخالصی منیزیم نیترات با مقادیر ۰.۱، ۰.۵، ۱، ۲، ۵، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۵ مول درصد مورد بررسی قرا رگرفت و بهترین جواب برای مقدار ۸ مول درصد بود. در شکل (۴)، نمودار تأثیر ناخالصی روی شدت ترمولومینسانس ترسیم شده است.

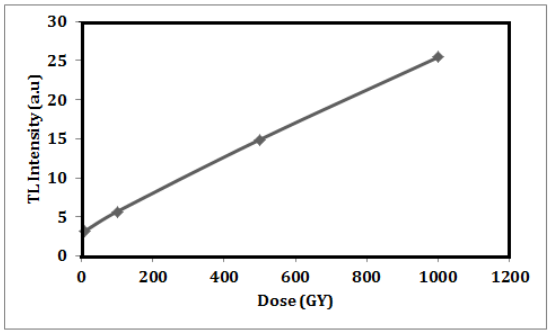


شکل ۴: نمودار تأثیر میزان ناخالصی منیزیم در حساسیت نانوذرات لیتیوم تترابورات آلاییده با منیزیم

همچنین شکل (۵) منحنی پاسخ حساسیت نانوذرات را نسبت به پرتو گاما نشان می‌دهد. همان‌گونه که شکل نشان می‌دهد، نمودار پاسخ این نانوذرات نسبت به پرتو گاما در یک بازه ۵ تا ۱۰۰۰ گری خطی بوده که می‌توان از آن به‌عنوان یک دزیمتر در دزیمتری دزهای بالا استفاده کرد.

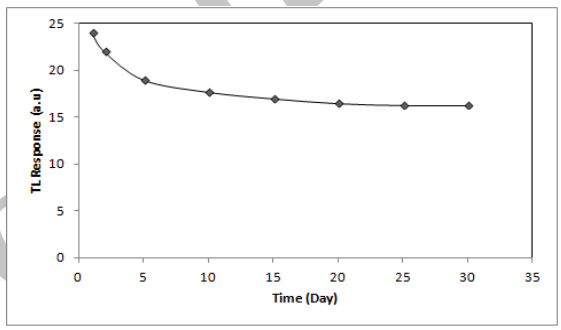
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵: نمودار پاسخ ترمولومینسانس نانوذرات لیتیوم تترا بورات آلاییده با منیزیم نسبت به پرتو گاما

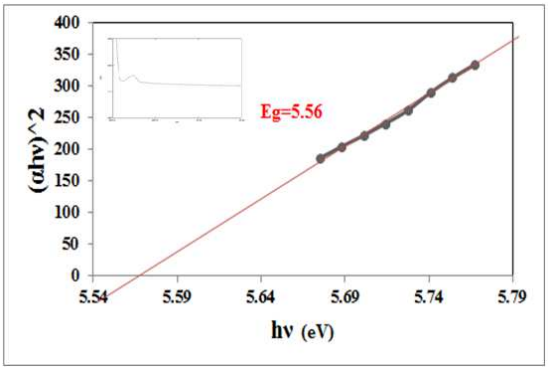
شکل (۶) نمودار محوشدگی نانوذرات لیتیوم تترا بورات آلاییده با منیزیم را در طول مدت یک ماه نشان می‌دهد. با توجه به مقایر به‌دست‌آمده در این زمان، میزان محوشدگی ۳۱ درصد است.



شکل ۶: نمودار محوشدگی نانوذرات لیتیوم تترا بورات آلاییده با منیزیم

۳.۳. گاف انرژی نانوذرات لیتیوم تترا بورات

شکل (۷) نمودار جذب نانوذرات تترابورات لیتیوم آلاییده با منیزیم را نشان می‌دهد. با استفاده از این نمودار و عبور بهترین خط از نمودار، می‌توان گاف انرژی نانوذرات را محاسبه کرد. گاف انرژی برآوردشده برای نانوذرات لیتیوم تترابورات با ناخالصی منیزیم ۵.۵۶ است.



شکل ۷: نمودار جذب نانوذرات لیتیوم تترا بورات آلاییده با منیزیم و محاسبه گاف انرژی از روی نمودار

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، نانوذرات لیتیوم تترا بورات با ناخالصی منیزیم به روش احتراقی ساخته شده‌اند. نتایج به‌دست‌آمده از الگوی پراش پرتو ایکس و تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی تشکیل نانوساختارهای بلوری لیتیوم تترابورات را تأیید می‌کند. همچنین نتایج به‌دست‌آمده از رفتار این نانوذرات در برابر پرتو گاما نشان می‌دهد که این نانوذرات در دزهای بین ۵ تا ۱۰۰۰ گری حساسیت خوبی دارند و خطی‌بودن پاسخ آن‌ها نسبت به پرتو گاما و محوشدگی کم می‌تواند آن را به‌عنوان یک دزیمتر مناسب جهت آشکارسازی پرتو گاما مورد استفاده سازد.

۵. مراجع

[1] McKeever, S.W.S, Thermoluminescence of Solids , 1985. Cambridge University Press, New York.
[2] Azorin, J., Determination of thermoluminescence parameters from glow curves , I. A Review. Int. J. Radiat. Appl. Instrum. Part D Nucl. Tracks 11,1986 (3), 159–166
[3] A. (Türkler) Ege, E. Ekdal, T. Karali, N. Can Determination of thermoluminescence kinetic parameters of Li2B4O7: Cu, Ag, P. Radiation Measurements 42 (2007) 1280 – 128.
[4] Xiong Z Y, Zhang C X & Tang Q , Chinese Science Bulletin, Investigation of thermoluminescence in Li2B4O7 phosphorsdoped with Cu, Ag and Mg ,52 (2007) 1776.
[5] S Nabadwip Sing. B Arunkumar Shamar & A Nabachandra Sing , India n Journal of Pure & Applied Physics Vol.50 . June 2012, pp.358-362.
[6] D. I. SHAHARE, B. T. DESHMUKH, S. V. MOHARIL , S. M. DHOPTEP. L. MUTHAL,and V. K. KONDAWAR, phys. stat. sol, 141, 329 (1994).
[7] J. H. SCHULMARN., D. KIRK,a nd E. J . WEST,P roc. 1st Internat. Conf. Luminescence Dosimetry
[8] W. A. LANGMEAD. B. F. WALL , A TLD system based on lithium borate for the measurement of doses to patients undergoing medical irradiation P hys. Med. Biol. 21, 39 (1976).
[9] Lakhwant Singh, VibhaChopra, S.P.Lochab, SynthesisandcharacterizationofthermoluminescentLi2 B4O7 nanophosphor , Journal of Luminescence 131 (2011) 1177–1183.
[10] W. Ge, H. Zhang, Y. Lin, X. Hao, X. Xu, J. Wang, H. Li, H. Xu, M. Jiang, Preparation of $Li_2B_4O_7$ thin films by chemical solution decomposition method, Mater. Lett. 61 (2007) 736.

Archive of SID

www.SID.ir