



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

بررسی خصوصیات دزیمتری نانوذرات استرانسیم فلوراید آلائیده با تولیوم

احسان صادقی، مصطفی زاهدی فر، مریم کاشفی بیرون، فاطمه الماسی فرد، مقدار، خلیفه شوشتری، محسن، محرابی

^۱ دانشگاه کاشان، دانشکده فیزیک، گروه فیزیک

^۲ دانشگاه کاشان، پژوهشکده علوم و فناوری نانو، نانوفیزیک

چکیده:

نانوذرات استرانسیم فلوراید (SrF_2) آلائیده شده با تولیوم به روش هم رسوبی ساخته شد. شناسایی نانوذرات بوسیله دستگاههای پراش پرتو ایکس (XRD) صورت گرفته است. اندازه تقریبی نانوذرات با استفاده از فرمول دبی-شرر ۵۰ نانومتر محاسبه شد. شکل و اندازه آنها به وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مشاهده شد. تعداد قله ها در منحنی درخشندگی ترمولومینسانس (TL) و پارامترهای سینتیک مربوط به هر قله به وسیله برنامه کامپیوتری مبتنی بر سینتیک مرتبه عام تعیین شدند. منحنی درخشندگی این نانوذره شامل ۴ قله همپوش در دماهای ۳۹۴، ۴۳۱، ۵۳۸ و ۵۶۸K است. مقدار بهینه ناخالصی Tm ، برای بیشترین پاسخ ترمولومینسانس، ۰/۳ مول درصد بدست آمد.

کلیدواژه: دزیمتری ترمولومینسانس، پرتوگاما، استرانسیم فلوراید

مقدمه

امروزه پرتوهای یونساز به شکل گسترده‌ای در زمینه‌های مختلف علمی و عملی همچون مراکز پزشکی مراکز هسته-ای و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی استفاده می‌شوند. تخمین صحیح مقدار دز جذب شده ناشی از این پرتوها یکی از دغدغه‌های اصلی استفاده از آنها می‌باشد. دزیمتری ترمولومینسانس یکی از روش‌های شناخته شده در تعیین دقیق مقدار دز جذب شده است. از جمله مهم‌ترین کاربردهای مواد ترمولومینسانس استفاده از آنها برای اهداف دزیمتری و عمرسنجی است [۱]. بلور SrF_2 نیز یکی از مواد ترمولومینسانس است که با ناخالصی‌های Pr , Eu , Tb , Nd در دزیمتری انواع پرتوها استفاده می‌شود [۲ و ۳]. در سال‌های اخیر استفاده از نانومواد در شاخه‌های مختلف علمی و صنعتی رشد بسیار زیادی یافته است. با کاهش اندازه ذرات نسبت سطح به حجم این مواد افزایش می‌یابد. این امر باعث ایجاد تفاوت در خصوصیات مختلف آنها می‌شود. در یک نیمه رسانا با کاهش اندازه ذرات پهنای گاف انرژی بیشتر می‌شود و به دنبال آن ترازهای مربوط به ناخالصی‌ها دوباره شکل می‌گیرند. به همین دلیل قله‌های ترمولومینسانس یک ذره در ابعاد نانومتری با قله‌های همان ذره در حالت توده‌ای یکسان نیستند [۴ و ۵]. در این پژوهش نانوذرات $SrF_2:Tm$ برای اولین بار ساخته شده و خصوصیات دزیمتری آن مورد مطالعه قرار گرفته است.



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

روش کار

برای سنتز نانوذرات $SrF_2:Tm$ روش هم رسوبی بکار برده شد. برای سنتز این نانوذرات، ابتدا $Sr(NO_3)_2$ در مخلوطی از آب مقطر و استون حل شد. سپس سورفکتانت بریج در استون حل شده و به مدت ۱۰ دقیقه بر روی همزن مغناطیسی قرار گرفت. محلول $Tm(NO_3)_3$ در استون نیز در مرحله بعد آماده شد. پس از آن NH_4F در بشر دیگری با آب مقطر و استون ریخته و به مدت چند دقیقه روی همزن مغناطیسی قرار داده شد. محلول‌های حاصل به ترتیب به محلول $Sr(NO_3)_2$ در حالی که بر روی همزن مغناطیسی قرار دارد اضافه شد. در نهایت محلول شیری رنگ بدست آمد. با استفاده از سانتریفیوژ کردن، رسوب که حاوی نانو ذرات $SrF_2:Tm$ است از حلال جدا کرده و چند مرتبه با استون شسته و سانتریفیوژ شد. پس از آن رسوب بدست آمده به مدت ۲ ساعت در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد در کوره خشک شد. رنگ نمونه حاصل سفید رنگ می‌باشد.

ساختار نانوذرات ساخته شده با الگوی پراش پرتو ایکس با دستگاه $III C max - DRigaku$ پراش کننده اشعه ایکس با فیلتر نیکل و درخشندگی $K\alpha$ مس، مورد بررسی قرار گرفت. عکس‌های SEM با استفاده از یک دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل Philips XL-30 ESEM تهیه شد. پرتو دهی گاما از چشمه ^{137}Cs انجام شد. برای قرائت نمونه‌های پرتو دهی از یک دستگاه Harshaw TLD Reader مدل ۴۵۰۰ استفاده شد. نمونه‌ها با اهنک گرمادهی C/S از دمای ۵۰ تا ۳۲۰ قرائت شدند. گرمادهی نمونه‌ها توسط یک کوره با دقت ± 1 درجه سانتیگراد انجام شد و نمونه‌ها بلافاصله بعد از گرمادهی تا دمای اتاق سرد شدند (با اهنک $75^\circ C/min$). جرم نمونه‌ها در کل مراحل آزمایش با استفاده از یک ترازو با دقت $0.00001 g$ ثابت نگه داشته شد.

نتایج آزمایشگاهی:

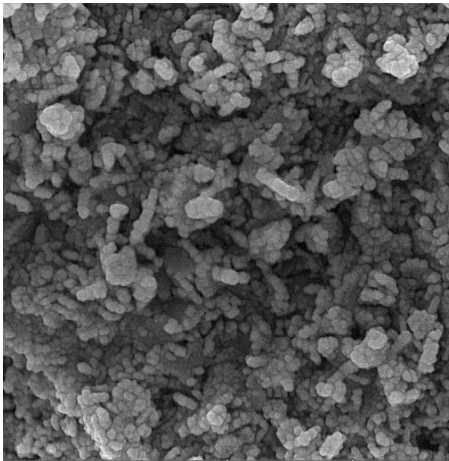
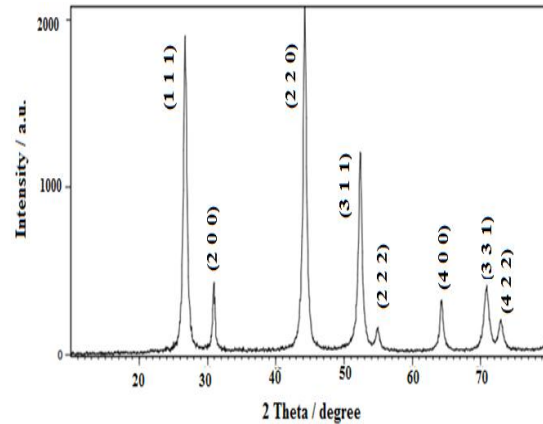
بررسی نانوذرات استرانسیم فلوراید (SrF_2)

همان طور که شکل ۱ نشان می‌دهد الگوی بدست آمده ساختار استرانسیم فلوراید را تایید می‌کند که مطابق با کد مرجع به شماره ی (۸۶-۲۴۱۸) می‌باشد. نتایج بدست آمده با استفاده از فرمول شرر برای تخمین اندازه ی نانو ذرات مورد بررسی قرار گرفت که اندازه ی تقریبی ۵۰ نانومتر برای نانوذرات سنتز شده به دست آمده است که با عکس‌های میکروسکوپ الکترونی همخوانی دارد. در شکل ۲ تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی مشاهده می‌شود. با توجه به این تصویر، مشخص می‌شود که ذرات تشکیل شده ساختار نانو دارند.



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان



شکل ۱: الگوی پراش پرتو ایکس نانوذرات $SrF_2:Tm$ شکل ۲: تصویر SEM نانوذرات $SrF_2:Tm$.

منحنی درخشندگی ترمولومینسانس نانوذرات استرانسیم فلوراید آلییده با تولیوم

شکل ۳ منحنی درخشندگی ترمولومینسانس نانوذرات استرانسیم فلوراید آلییده با تولیوم پرتو دهی شده با پرتوهای گاما از چشمه ^{137}Cs را نشان می‌دهد. برای توصیف قله‌های ترمولومینسانس می‌توان از یکی از مدل‌های توصیف کننده‌ی این پدیده استفاده کرد. در واقع میزان انطباق قله‌های تجربی و نظری را می‌توان با استفاده از یک برنامه کامپیوتری به دست آورد. این کار برای قله‌های مربوط به نانوذرات ساخته شده انجام گرفت. برنامه‌ی به کار گرفته شده بر اساس مدل سینتیک مرتبه عام به صورت زیر نوشته شده است [۶]:



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

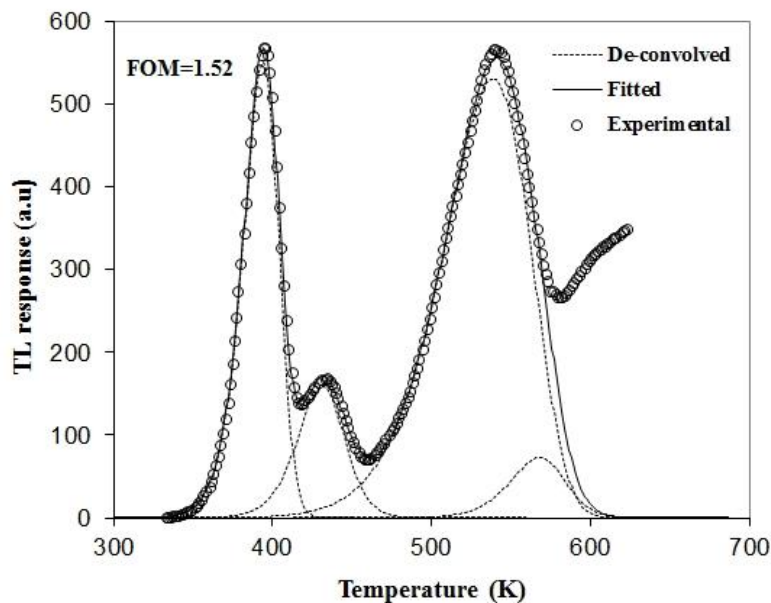
۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

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

در شکل ۳ منحنی تجربی و برازش شده ترمولومینسانس که با استفاده از این برنامه ی کامپیوتری برازش شده است مشاهده می شود، همچنین پارامترهای گیراندازی مربوط به آن در جدول ۱ آورده شده است. که در آن b مرتبه سینتیک، E انرژی فعالسازی، T_m و I_m به ترتیب دما و شدت بیشینه قله می باشند. برای تعیین میزان انطباق منحنی ترمولومینسانس تئوری و تجربی از رابطه FoM به صورت زیر استفاده شد:

$$FOM = \frac{\sum |y_i - f_i|}{\sum y_i} \times 100 \quad (2)$$

که در آن y_i مربوط به مقادیر اصلی یا داده های تجربی است و f_i بهترین مقداری است که از طریق این انطباق به دست می آید. FoM میزان خطا را در انطباق منحنی تئوری و تجربی نشان می دهد. هر چه این مقدار کوچکتر باشد انطباق بیشتری بین منحنی تئوری و تجربی وجود دارد ($0 < FOM < 2.5$).



شکل ۳. منحنی تجربی و برازش شده ترمولومینسانس نانوذرات $SrF_2:Tm$.

میزان ناخالصی بکار رفته در مواد ترمولومینسانس تاثیر فراوانی بر خصوصیات دزیمتری و حساسیت این نمونه ها دارد. بنابراین در ادامه تاثیر مقدار ناخالصی Tm بر حساسیت نانوذرات $SrF_2:Tm$ بررسی شد.



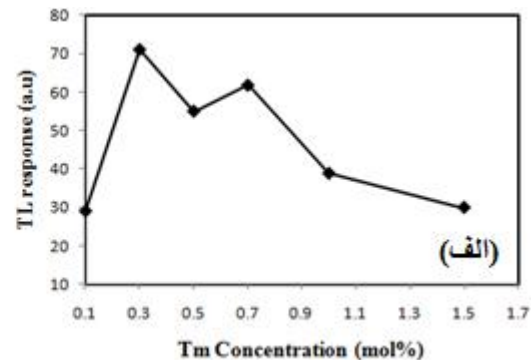
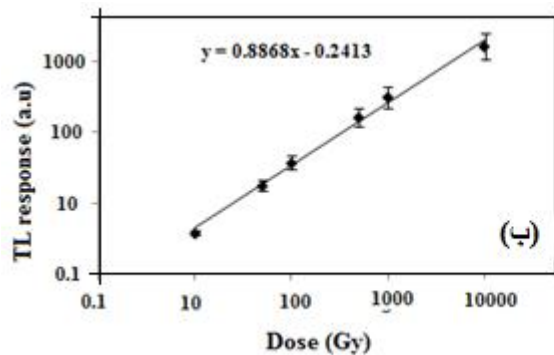
بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

جدول ۱: پارامترهای گیراندازی نانوذرات $SrF_2:Tm$

peak	b	E (eV)	T_m (K)	I_m (a.u)
1	1.20	1.31	394	550
2	1.51	1.33	431	159
3	1.02	0.90	538	530
4	1.42	1.89	568	73

بدین منظور مقادیر مختلفی از تولیوم نیترات در مرحله سنتز بکار برده شد. شکل ۴ (الف) اثر میزان ناخالصی Tm را بر میزان حساسیت نانوذرات ساخته شده به پرتوهای گاما نشان می‌دهد. با توجه به شکل می‌توان نتیجه گرفت که مقدار ۰/۳ مول درصد از ناخالصی Tm بهترین میزان ناخالصی برای دستیابی به بالاترین حساسیت ترمولومینسانس در نمونه‌های سنتز شده است. داشتن یک پاسخ خطی برای دامنه وسیع‌تر دزهای مربوط به پرتوهای مختلف یکی از اساسی‌ترین شرایط برای هر ماده‌ای است که در دزیمتری مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ادامه پاسخ ترمولومینسانس نانوذرات ساخته شده نسبت به پرتوهای گاما بررسی شد. نمونه‌های ساخته شده از ۵۰ تا ۱۰ Kgy پرتودهی شدند. شکل ۴ (ب) نمودار پاسخ این نانوذرات را نشان می‌دهد. همان‌گونه که دیده می‌شود نانوذرات ساخته شده تا ۱۰ Kgy دارای پاسخ خطی می‌باشند.



شکل ۴: (الف) تغییر حساسیت ترمولومینسانس با تغییر مقدار ناخالصی Tm ، (ب) منحنی درخشش نانوذرات به ازای دزهای مختلف

نتیجه گیری:

در این پژوهش نانوذرات $SrF_2:Tm$ با هدف استفاده در دزیمتری به روش ترمولومینسانس ساخته شدند. نتایج حاصل از آنالیزهای XRD و SEM نشان‌دهنده‌ی کارآمدی روش سنتز بکار گرفته شده برای ساخت نانوذرات $SrF_2:Tm$ هستند. در بررسی‌های بعمل آمده مشخص شد نمونه‌های با ۰/۳ مول درصد ناخالصی Tm بیشترین



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

پاسخ ترمولومینسانس را به پرتوهای گاما دارند. منحنی درخشش نانوذرات ساخته شده شامل ۴ قله است. همچنین نتایج نشان دادند که دامنه پاسخ خطی آن بیشتر از برخی نمونه‌های تجاری توده ای می‌باشد.

مراجع:

- [1]McKeeever, S.W.S,Thermoluminescence of Solids, Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
- [2]Kristianpoller, N, Weiss, D, Chen, R, Optical and dosimetric properties of variously doped SrF₂ crystals, **Radiation Measurements**, 38, 719 – 722, 2004.
- [3] Peng, J,Hou, S, Liu, X,Feng, J, Yu, X., Xing, Y., Su. Z,Hydrothermal synthesis **and luminescence properties of hierarchical SrF₂ and SrF₂:Ln³⁺ (Ln = Er, Nd, Yb, Eu, Tb) micro/nanocomposite architectures.** **Materials Research Bulletin**, 47, 328-332, 2012.
- [4] N. Salah, P.D. Sahare, A.A. Rupasov, Thermoluminescence of nanocrystallineLiF:Mg, Cu, P,Journal of Louminescence, 124, 357–364, 2006.
- [5] M. Zahedifar, E. Sadeghi, Z. Mohebbi, Synthesis and thermoluminescence characteristics of Mn doped CaF₂ nanoparticles, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 274,162–166, 2012.
- [6] 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.