بررسی خواص ترمولومینسانس نانوذرات $MgSO_4:Mn$ در پرتودهی گاما

صادقی، احسان[۱]؛ زاهدی فر، مصطفی[۱و۲]؛ الماسی فرد، فاطمه*[۲و]؛ هارونی آرانی ، سمیه[۲]؛ محرابی ، محسن[۱]

[۱] پژوهشکده علوم وفناوری نانو، دانشگاه کاشان،

[۲] کاشان دانشکده فیزیک، دانشگاه کاشان، کاشان

چکیده

نانو ذرات $MgSo_4:Mn$ برای اولین بار با استفاده از روش هیدروترمال ساخته شدند. اندازه نانوذرات با استفاده ازآنالیز XRD ، ٤٥/٦ نانومتر به دست آمد که با اندازه‌ی به دست آمده از تصویر SEM درتوافق کامل است. منحنی درخشش ترمولومینسانس به دست آمده حاصل از پرتودهی گاما توسط برنامه کامپیوتری برازش شد و پارامترهای سینتیک با استفاده از مدل مرتبه عام به دست آمد. چهار قله‌ی همپوش در دماهای ٤٠٨، ٤٤١، ٤٨٥ و ٥٥٤ K در منحنی درخشش ترمولومینسانس این نانوذره مشاهده شد.

Thermoluminescence features of $MgSO_4$:Mn nanoparticles in gamma irradiation

Sadeghi , Ehsan[1]; Zahedifar, Mostafa[1,2]; Almasifard , Fateme[2*]; Mehrabi, Mohsen[1]; Harooni, Somaye[2]

[1] *Institute of Nanoscience and Nanotechnology, University of Kashan, Kashan*
[2] *Department of Physics, University of kashan, kashan*

Abstract

Magnesium sulfate nanoparticles doped with manganese were synthesized for the first time by using the hydrothermal method. The crystalline structure of the synthesized nanoparticles was characterized by X-ray diffraction (XRD) analysis. The size of 45.6 nm estimated from XRD pattern is in agreement with that obtained from scanning electron microscope (SEM) images. The thermoluminescence glow curve was deconvolved by a computer program based on general order model and four overlapping glow peaks were obtained at 408, 441, 485 and 554 K.

مقدمه

تحریک‌های لومینسانسی در مواد را می‌توان با انواع مختلفی از چشمه‌ها مانند اشعه فرابنفش ، میدان الکتریکی (الکترولومینسانس) ، پرتوی کاتدی (کاتدولومینسانس)، صوت (سونولومینسانس)، بیوشیمیایی (بیولومینسانس)، گرما (ترمولومینسانس) و..... ایجاد کرد[۱]. ترمولومینسانس یک پدیده لومینسانس از یک عایق یا نیمه رسانا است که هنگامی که جامد به صورت گرمایی تا دمای تابکاری تحریک می‌شود، قابل مشاهده است [۲]. امروزه دزیمتری ترمولومینسانس (TLD) یک روش دزیمتری مناسب در حوزه های دزیمتری پزشکی، محیطی و شخصی است [۳].

سولفات‌ها به عنوان یک نمونه از مواد دزیمتری پرتوها برای حدود بیست سال مورد توجه بوده‌اند [٤]. نتایج تجربی نشان می-دهند که حساسیت ترمولومینسانس منیزیم سولفات بدون ناخالصی برای کاربرد دزیمتری ترمولومینسانس مناسب نیست. به منظور گسترش مواد دزیمتری جدید وبرای به دست آوردن درک بهتری از مکانیسم فیزیکی اثرات پرتو، نمونه منیزیم سولفات با ناخالصی های مختلف ساخته شده است [٦و٥]. در سال های اخیر نانو مواد در شاخه‌های مختلف علوم محض و کاربردی توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده اند [۷]. مشخص شده که مواد در مقیاس نانو خواص متفاوتی نسبت به حالت‌های توده‌ای نشان هند. به همین دلیل در این تحقیق نانوذرات $MgSo_4$ با ناخالصی منگنز

برای اولین بار ساخته شد و خواص ترمولومینسانس آن مورد بررسی قرار گرفت.

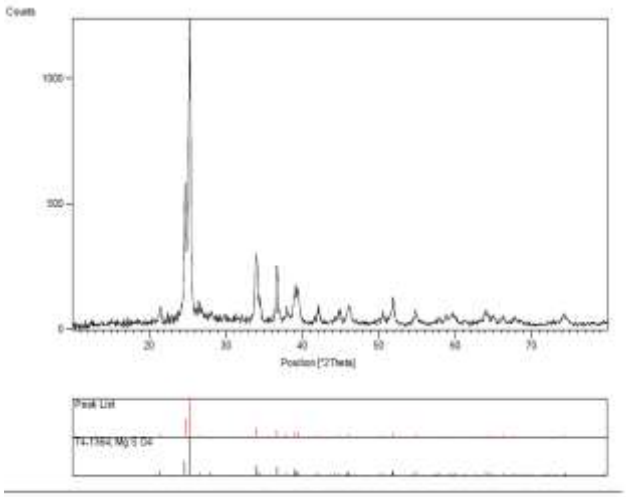
روش کار

برای سنتز نانوذرات $MgSo_4$، مقداری منیزیم نیترات در اتانول حل شد. (محلول۱). مقدار مورد نیاز از منگنز کلراید در اتانول حل شد (محلول۲). در ادامه، محلول ۲ به محلول ۱ در حالی که بر روی همزن مغناطیسی قرار داشت،اضافه شد. همچنین به مقدار مورد نیاز از محلول دی متیل سولفات در اتانول به صورت قطره قطره به محلول مخلوط منیزیم نیترات و ناخالصی مس اضافه شد. این مرحله توام با بهم خوردن مداوم مخلوط منیزیم نیترات و ناخالصی مس انجام می‌شود. سپس محلول حاصل دراتوکلاو برای مدت ۱۲ ساعت و دمای ۱۵۰ ℃ قرار گرفت. پس از طی این مدت رسوب حاصل ۵ مرتبه با اتانول و به وسیله سانتریفیوژ شست وشو داده شد. سپس ماده به مدت ۲ ساعت در دمای ۹۰ ℃ خشک گردید. رسوب حاصل نانوذرات $MgSo_4$:Mn است.

ساختار ماده توسط دستگاه پراکندگی اشعه ایکس (XRD) مدل diffractometer Rikgu Dmax III مشخص شد. همچنین تصویر گرفته شده از ماده توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی (SEM) مدل EM ۳۲۰۰ می‌باشد. پرتودهی گاما با استفاده از چشمه ^{60}Co و قرائت نمونه‌ها با استفاده از یک دستگاه Hardshaw TLD reader مدل ٤٥٠٠ انجام شد. نمونه‌ها با آهنگ گرمادهی ۱ ℃/s از دمای ۵۰ تا ۳۵۰ ℃ قرائت شدند.

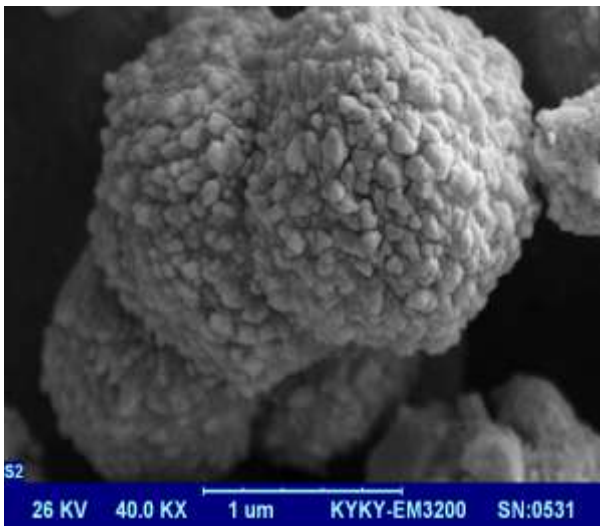
نتایج

شکل (۱) طیف XRD نانو ذرات $MgSo_4$ را نشان می‌دهد. این طیف با طیف مرجع به شماره ١٣٦٤-٧٤ به خوبی مطابقت دارد که نشان می‌دهد کریستال $MgSo_4$ به خوبی تشکیل شده است. از روی طیف XRD و با استفاده از فرمول دبای شرر می‌توان اندازه ذرات را تخمین زد.



شکل (۱) : طیف XRD نانو ذرات $MgSo_4$:Mn.

دراین تحقیق اندازه ذرات حدودا ٤٥/٦ نانو متر به دست آمد که با اندازه به دست آمده از آنالیز SEM به خوبی در توافق است. شکل (۲) تصویر SEM نانو ذرات $MgSo_4$ را نشان می‌دهد.



شکل (۲) : تصویر SEM مربوط به نانوذرات $MgSo_4$:Mn.

برای تعیین پارامترهای سینتیک نانو ذرات از مدل سینتیک مرتبه عام استفاده شد. برازش منحنی درخشش به وسیله

برنامه کامپیوتری انجام شد که مبتنی بر الگوریتم Levenberg-Marquart است.این برنامه از پارامترهای هندسی قله تجربی از قبیل I_m وT_m استفاده می کند و با انطباق دادن با نتایج تئوری قله تجربی را برازش می‌کند. معادله‌ای که برای تعیین پارامترهای سینتیک مرتبه عام استفاده می‌شود به صورت زیر است [۸]:

$$I(T) = I_m b^{\frac{b}{b-1}} \exp\left(\frac{E(T-T_m)}{kTT_m}\right)\times \left\{\frac{T^2}{T_m^{\,2}}(b-1)(1-\frac{2kT}{E})\exp(\frac{E(T-T_m)}{kTT_m})+1+(b-1)\frac{2kT_m}{E}\right\}^{\frac{-b}{b-1}} \quad (۱)$$

این معادله تابعی از شدت بیشینه I_m و دمای بیشینه T_m است. در این معادله b پارامتر سینتیک بین ۱ و۲ است. E انرژی فعال سازی ،T دما بر حسب کلوین و k ثابت بولتزمن می‌باشد.

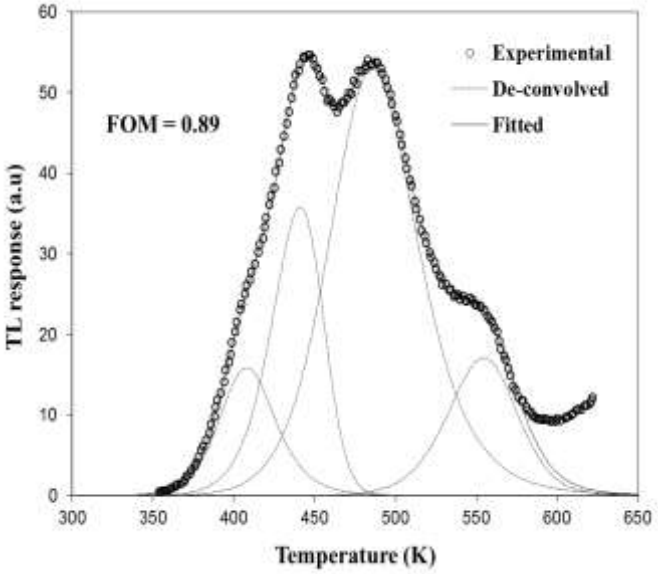
رژیم گرمایی استفاده شده در این تحقیق ۴۰۰ ℃ به مدت ۱۵ دقیقه برای نانوذرات منیزیم سولفات می‌باشد بدین ترتیب نمونه مورد نظر قبل از پرتودهی تحت این رژیم قرار گرفت. پرتودهی در دز ۵۰۰ Gy با چشمه‌ی ^{60}Co انجام شد.

در شکل ۳ منحنی تجربی و برازش شده ترمولومینسانس که با استفاده از این برنامه ی کامپیوتری برازش شده است مشاهده می‌شود.

برای تعیین میزان انطباق منحنی ترمولومینسانس تئوری و تجربی از رابطه FOM به صورت زیر استفاده شد:

$$FOM = \frac{\sum|y_i - f_i|}{\sum y_i}\times 100 \quad (۲)$$

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. . مقدار FOM کمتر از ۲/۵ انطباق قابل قبول نتایج تجربی و تئوری را در بر دارد.



شکل (۳): منحنی تابش نانو ذرات $MgSo_4$:Mn بعد از پرتودهی با ۵۰۰Gy پرتوگاما.

همچنین پارامترهای گیراندازی مربوط به آن در جدول ۱ آورده شده است.

جدول (۱):پارامترهای سینتیک نانو ذرات $MgSo_4$:Cu بامدل مرتبه عام.

peak	b	E (eV)	T_m (K)	I_m (a.u)
1	1.98	1.17	408	16
2	1.23	1.15	441	36
3	1.92	1.01	485	53
4	1.54	1.56	554	17

همان طور که مشاهده می‌شود، منحنی *درخشش* ترمولومینسانس این نانوذره دارای چهار قله در *دماهای ۴۰۸، ۴۴۱، ۴۸۵ و ۵۵۴ K می‌باشد*. مقدار FOM بدست آمده در

جداسازی انجام شده، ۰/۸۹ می‌باشد که نشان دهنده‌ی برازش با دقت بسیار خوب است.

نتیجه گیری

در این مقاله نانوذرات منیزیم سولفات با ناخالصی منگنز برای کاربرد در دزیمتری ترمولومینسانس سنتز شد. نتایج بدست آمده از آنالیزهای XRD و SEM، روش بکار گرفته شده (هیدروترمال) روشی کارآمد برای سنتز این نانوذره می‌باشد چرا که ذرات تشکیل شده اندازه مناسب دارند و ساختار بدست آمده با بلور MgSO4 کاملاً در توافق است. چهار قله همپوش منحنی درخشش ترمولومینسانس این نانوذره را تشکیل می‌دهند که از دمای مناسبی جهت بهره‌گیری در اهداف دزیمتری می‌باشد. مطالعات بیشتر بر دیگر خصوصیات دزیمتری این نانوبلور از قبیل محوشدگی، تکرارپذیری و پاسخ دز قابلیت آن را در استفاده دزیمتری سطح دز بالا نشان می‌دهد.

سپاسگزاری

از مساعدت و همیاری دانشگاه کاشان در انجام این پژوهش کمال تشکر و قدردانی را داریم.

مرجع‌ها

[1] R.S. Kher and A.K. Upadhyay and S.K. Gupta a, S.J. Dhoble and M.S.K. Khokhar" Luminescence characterization of gamma-ray-irradiated rare-earth doped BaSO4and MgSO4 phosphors , *Radiation Measurements* **46** (2011) 1372e1375.

[2] A.J.J Bos , "High sensivity thermoluminescence dosimetry" , *Nuclear Instruments and Methods Research B* ,**184**, (2001) 3-28.

[3] Mostafa Zahedifar ,Mohsen Mehrabi ,Somayeh Harooni, "Synthesis of $CaSo_4$:Mn nanosheets with high thermoluminescence sensivity", *Applied Radiation and Isotopes* **69**, (2011) 1002-1006.

[4] R S Kher and A K Apadhyay and S J Dhoble and M S K Khokhar, "Luminescence studies of $MgSo_4$:Dy phosphors", *Indian Journal of Pure & Applied Physics*, **46**, (2008) 607-610.

[5] Da-Ling Luo and K N Yu and Chan-Xiang Zhang and Guo-Zhen Li, "Thermoluminescence characteristics and dose responses of in $MgSo_4$:Dy,P and $MgSo_4$:Dy,P,Cu phosphors", *J. Phys. D: Appl. Phys.* **32**, (1999) 3068-3074.

[6] Luo Daling and Zhang Chunxiang and Deng Zouping and Li Guozhen, "Thermoluminescence characteristics of $MgSo_4$:Dy,Mn phosphor" ,*Radiation Measurements* **30**, (1999) 59-63.

[7] M. Zahedifar and E. Sadeghi and S. Harooni, "Thermoluminescence characteristics of the novel CaF2:Dy nanoparticles prepared by using the hydrothermal method" , *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* **291** (2012) 65–72

[8] J.J. kitis and J.M. Gomez Ros and J.W.N Tuyn, "Thermoluminescence, glow curve deconvolution functions for first, second and general orders of kinetics" , *J. Phys. D: Appl. Phys.***31**, (1998) 2636-2641.

[9] H.G.Balian and N.W.Eddy, "figure of merit (FOM), an improved criterion over the normalized chisquared test for assessing goodness-of-fit of gamma-ray spectra peaks", *Nucl.Instru.Meth* **145**, (1977) 389-393.