استفاده از نانوذرات $MgSo_4$ با ناخالصی دیسپرسیوم سنتز شده به روش هیدروترمال برای اولین بار در دزیمتری پرتوهای گاما به روش ترمولومینسانس

فاطمه الماسی فرد[۱]، مصطفی زاهدی فر[۱،۲]،احسان صادقی[۱]، سمیه هارونی[۱]، مریم کاشفی بیرون[۱]

[۱] دانشگاه کاشان، دانشکده فیزیک، گروه فیزیک هسته ای

[۲] دانشگاه کاشان، پژوهشکده علوم وفناوری نانو،گروه نانوفیزیک

چکیده

نانو ذرات $MgSo_4$:Dy برای بررسی خواص دزیمتری ترمولومینسانس(Thermoluminescence) انتخاب شد. برای سنتز این ذرات از روش هیدروترمال استفاده شد. اندازه نانو ذرات با استفاده ازآنالیز XRD ، ۵۰ نانومتر به دست آمد که با اندازه‌ی به دست آمده از تصویر SEM درتوافق کامل است. منحنی تابش ترمولومینسانس به دست آمده حاصل از پرتودهی گاما توسط برنامه کامپیوتری برازش شد وپارامترهای سینتیک با استفاده از مدل مرتبه عام به دست آمد.شش قله در دماهای۴۲۱K, ۴۴۴K, ۴۶۸K, ۵۰۷K, ۵۶۰K,۶۰۴K در منحنی درخشش این نانوذره مشاهده شد.

Using of $MgSO_4$:Dy nanoparticles synthesized by hydrothermal method in thermoluminescence dosimetry for the first time

Fateme Almasi Fard[۱], Mostafa Zahedifar[۱،۲], Ehsan Sadeghi[۱], Somaye Harooni[۱], Maryam Kashefi Biroon[۱]

[۱] *Department of Physics, University of Kashan, Kashan*

[۲] *Institute of nano technology , Kashan University, Kashan*

Abstract

$MgSO_4$:Dy nano particle was synthesized by hydrothermal method for the first time. The XRD and SEM analysis was confirmed this synthesis method. the estimated size of ۵۰nm was obtained for this nanoparticles.the optimum TL response was yielded in ۱ mol % of Dy dopant. The glow curve of this material was deconvoluted by GO model and six peaks in۴۲۱K, ۴۴۴K, ۴۶۸K, ۵۰۷K, ۵۶۰K, ۶۰۴K was observed.

PACS No.

مقدمه

ترمولومینسانس (TL) یا لومینسانس تحریکی گرمایی ، گسیل القایی گرمایی از یک ماده جامد است که به دنبال جذب انرژی از پرتوهای یوننده اتفاق می افتد. این پدیده برای آشکار سازی/ اندازه گیری تابش جذب شده ، سال یابی گونه های باستانی و شناسایی عیوب در جامدات استفاده می شود. TL یک روش معمول است که برای دزیمتری تابش های یوننده مختلف استفاده می شود. [۱] موادی برای اهداف دزیمتری مناسب هستند که یک منحنی درخشش ساده با قله های اصلی در گستره دمایی بین ۱۸۰ ℃-۳۰۰ ℃ نشان دهند و همچنین حساسیت بالایی داشته باشد. [۲]سولفات ها یکی از معمول ترین موادی هستند که به عنوان دزیمتر مورد استفاده قرار گرفته اند. $CaSo_4$ ، $BaSo_4$، $SrSo_4$

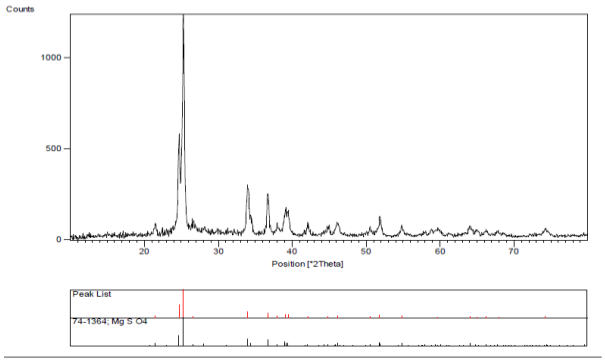
و$MgSo_4$ انواع مختلفی از این دسته از مواد هستند. برای مثال کلسیم سولفات با ناخالصی های مختلف به عنوان دزیمتر محیطی به صورت گسترده مورد استفاده قرار گرفته است، زیرا هم حساسیت بالایی دارد و هم به راحتی آماده می شود.[۳] در سال های اخیر مجموعه ای ازفسفرهای منیزیم سولفات آماده شد های ترمولومینسانس آن ها مورد مطالعه قرار گرفت .[۴] نتایج تجربی نشان داده که حساسیت TL منیزیم سولفات بدون ناخالصی برای اهداف دزیمتری بسیار پایین است.[۵] بنابراین این ماده با ناخالصی های مختلف مانند Dy,Mn,Tm,Eu,P,Cu سنتز شد و خواص ترمولومینسانس آن ها مورد بررسی قرار گرفت . [۳-۷] در سال های اخیر نانو مواد توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده اند . زیرا مواد در این مقیاس ویژگی های جالبی از خود نشان می دهند.مشخص شده که خواص نوری مواد در مقیاس نانو می تواند با مواد حجیم کاملا متفاوت باشد. [۸] کاهش اندازه ذرات هم باعث افزایش حالت های سطحی و هم نسبت بازترکیب حامل های بار می شود. گزارشات خواص ترمولومینسانس نانو مواد ویژگی های برجسته ای مانند افزایش حساسیت و همچنین اشباع رادر دزهای بالا نشان می دهد.[۹] با توجه به گسترش علم نانو در سال های اخیر، و توجه به خواص جالب مواد در مقیاس نانو ، در این مطالعه نانوذرات MgSo۴ برای بررسی ویژگی ترمولومینسانس، برای اولین بار ساخته شد.

روش کار

مواد اولیه برای سنتز با خلوص بسیار بالا از شرکت مرک تهیه شد و سنتز به روش هیدروترمال انجام گرفت. برای سنتز نانو ذرات $MgSo_4$، مقداری منیزیم نیترات در مقداری اتانول در حالی که بر روی همزن مغناطیسی قرار دارد حل شد (محلول ۱). در ادامه مقدار مورد نیاز از نیترات دیسپرسیوم در اتانول حل شد. (محلول ۲). محلول ۲ را به محلول ۱ اضافه کرده و برای مدتی بر روی همزن مغناطیسی قرار داده شد. محلول دی متیل سولفات در اتانول آماده شده (محلول۳) و سپس آن را به صورت قطره قطره به محلول مخلوط منیزیم نیترات و نیترات دیسپرسیوم اضافه می‌نماییم . این مرحله همزمان با بهم خوردن مداوم مخلوط منیزیم نیترات و ناخالصی مس انجام می‌شود. سپس محلول حاصل را دراتوکلاو برای مدت ۱۲ ساعت و دمای °C ۱۵۰قرار می دهیم. پس از طی این مدت رسوب حاصل را ۵ مرتبه با اتانول و به وسیله سانتریفیوژ شست وشو می‌دهیم. سپس ماده را به مدت ۲ ساعت در دمای °C۹۰ خشک می کنیم.رسوب حاصل نانوذرات $MgSo_4$:Cu است.

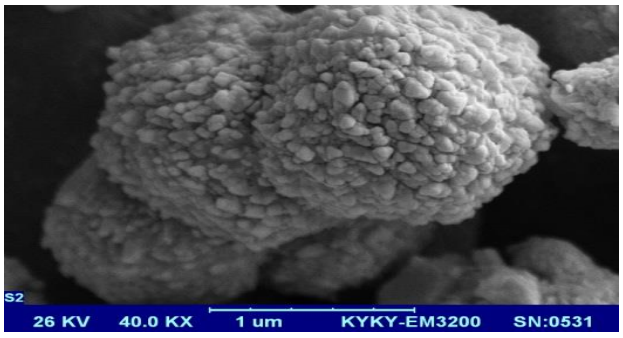
نتایج

شکل (۱) طیف XRD نانو ذرات $MgSo_4$ را نشان می‌دهد. این طیف با طیف مرجع به شماره۱۳۶۴-۷۴ به خوبی مطابقت دارد که نشان می‌دهد نانو ذرات $MgSo_4$ به خوبی تشکیل شده‌اند. از روی طیف XRD و با استفاده از فرمول دبای شرر می توان اندازه ذرات را تخمین زد.



ه شکل (۱) : طیف XRD نانو ذرات $MgSo_4$:Dy

دراین تحقیق اندازه ذرات حدودا ۵۰ 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 $MgSo_4$:Dy

معادلـه ای کـه بـرای تعیـین پارامترهـای سـینتیک مرتبـه عـام استفاده می شود به صورت زیر است [۱۱] :

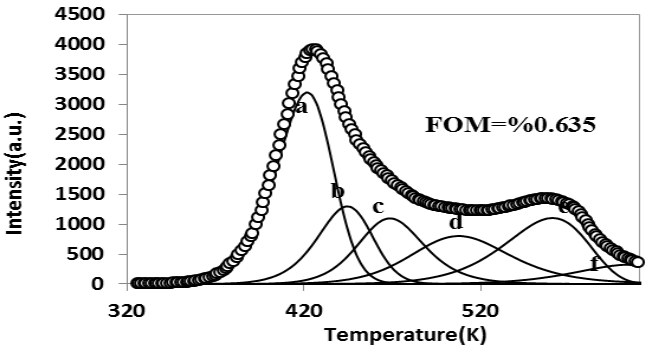
$$I(T) = I_m b^{\frac{b}{b-1}} \exp\left(\frac{E(T-T_m)}{kTT_m}\right)\times \left\{\frac{T^2}{T_m^{\,2}}(b-1)(1-\frac{2kT}{E})\exp(\frac{E(T-T_m)}{kTT_m})+1+(b-1)\frac{2kT_m}{E}\right\}^{\frac{-b}{b-1}} \quad (1)$$

ایـن معادلـه تـابعی از شـدت بیشـینه I_m و دمـای بیشـینه T_m اسـت. در ایـن معادلـه b پـارامتر سـینتیک بـین ۱و۲ اسـت. E انـرژی فعـال سـازی ، T دمـا بـر حسـب کلـوین و k ثابـت بولتزمن می باشد.

بـرای تعیـین میـزان انطبـاق منحنـی ترمولومینسـانس تئـوری و تجربی از رابطه FOM به صورت زیر استفاده شد:

$$FOM = \sum_{j_1}^{j_f} \frac{۱۰۰[y_i - y(x_i)]}{A} \quad (۲)$$

کـه در آن y_i مربـوط بـه مقـادیر اصـلی یـا داده هـای تجربـی اسـت و $y(x_i)$ بهتـرین مقداریسـت کـه ازطریـق ایـن انطبـاق به دسـت مـی آیـد[۱۰]. FOM میـزان خطـا را در انطبـاق بـین منحنـی تئـوری و تجربـی نشـان مـی دهـد. هرچـه ایـن مقـدار کمتر باشد تطـابق بیشـتری بـین منحنـی تئـوری و تجربـی وجـود دارد. اگـر مقـدار FOM کمتـر از ۲/۵ بـه دسـت آیـد منحنـی تجربی و تئوری تقریبـا بـر هـم منطبقنـد و پارامترهـای بـه دسـت آمـده دقیـق هسـتند. آمـده اسـت نشـان مـی دهـد.



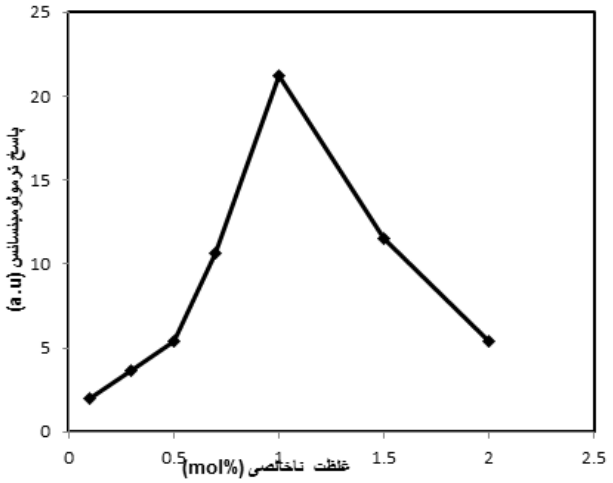
شکل (۳) : منحنی تابش نانو ذرات $MgSo_4$:Dy بعد از پرتودهی با ۱۰KGy پرتوگاما

این منحنی توسـط برنامـه کـامپیوتری بـرازش شـده اسـت. همـان طـور کـه مشـاهده مـی شـود، ایـن منحنـی دارای شـش قلـه در دماهـای ۶۰۴K, ۵۶۰K, ۵۰۷K, ۴۶۸K, ۴۴۴K, ۴۲۱K مـی باشـد.مقـدار FOM، ۰,۶۳ اسـت کـه نشـان مـی دهـد کـه بـرازش بـا دقـت نسـبتا خـوبی انجـام شـده اسـت جـدول (۱) مقـادیر پارامترهـای سـینتیک را کـه از بـرازش منحنـی بـه دسـت آمده است نشان می دهد.

جدول (۱) : پارامترهای سینتیک نانو ذرات $MgSo_4$:Dy با استفاده از مدل مرتبه عام.

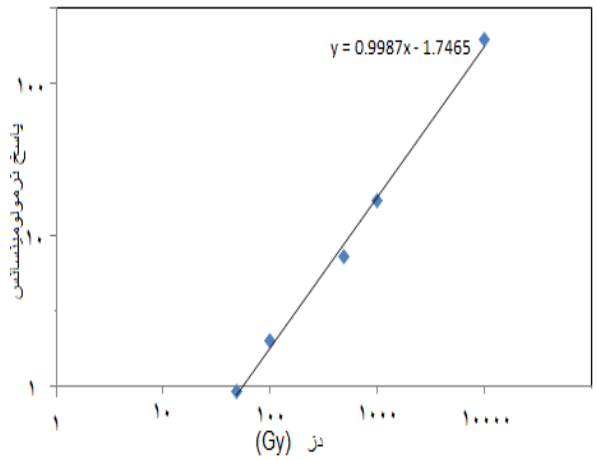
Peak	b	I_m	T_m	E
۱	۱,۲۵	۳۱۹۶,۷۶	۴۲۱,۷۵	۱,۰۵
۲	۱,۳۳	۱۲۹۶,۶۱	۴۴۴,۴۸	۱,۲۵
۳	۲	۱۰۹۶,۸۷	۴۶۸,۵۸	۱,۴۴
۴	۲	۸۰۲,۱۷	۵۰۷,۲۷	۱,۱
۵	۱,۰۰۱	۱۱۰۲,۷۶	۵۶۰,۴۴	۱,۱۲
۶	۱,۱۱	۳۲۵,۰۵	۶۰۴,۰۸	۱,۱۶

شکل ۴ منحنی پاسخ ترمولومینسانس نـانو ذرات $MgSo_4$:Dy بـر حسب غلظت ناخالصی را نشان می دهد. طبق ایـن شـکل بهتـرین حساسیت این ماده در غلظت ۱مول درصد از دیسپرسیوم می باشد.



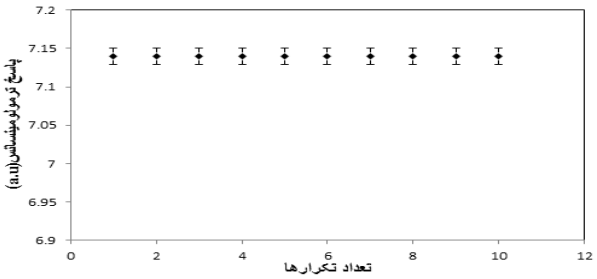
شکل۴: پاسخ TLنانوذرات $MgSo_4$ بر حسب غلظت Dy

یکی دیگر از عواملی که سبب می شود یک ماده برای اهداف دزیمتری مناسب باشد خطی بودن آن به ازای دزهای بالاست.طبق نتایج این مطالعه نانو ذرات $MgSo_4:Dy$ از محدوده ۵۰ گری تا ۱۰ کیلو گری این خاصیت را نشان می دهند. شکل ۵ این واقعیت را نشان می دهد.



شکل۵: پاسخ خطی نانوذرات $MgSo_4:Dy$ در دزهای مختلف

شکل۶ تکرارپذیری این نانوذرات را پس از ۱۰ مرتبه پرتودهی در دز ۱۰۰۰ گری نشان می دهد.طبق این شکل این ماده تکرار پذیری مناسبی دارد.



شکل۶: تکرار پذیری نانوذرات $MgSo_4:Dy$ بعد از ۱۰ بار تکرار

بحث و نتیجه گیری

براساس نتایج به دست آمده از این تحقیق نانوذرات منیزیم سولفات با ناخالصی دیسپرسیوم که برای اولین بار و به روش هیدروترمال سنتز شدند،خواص ترمولومینسانس مناسبی از خود نشان داد. درصد مولی بهینه برای ناخالصی دیسپرسیوم در این ماده ۱ مول درصد می باشد.منحنی درخشش نانوذرات منیزیم سولفات پس از برازش با مدل مرتبه عام دارای شش قله در دماهای ۶۰۴K,۵۶۰K,۵۰۷K,۴۶۸K,۴۴۴K,۴۲۱K می باشد.طبق این مطالعه این نانوذرات برای دزیمتری در دزهای بالا بسیار مناسب می باشند. همچنین این نانوذرات خاصیت خطی بودن را تا دز ۱۰ کیلوگری از خود نشان دادند و تکرارپذیری مناسبی داشتند

سپاسگزاری

با تشکر از دانشگاه کاشان که همکاری لازم را درزمینه این تحقیق با اینجانب به عمل آوردند

مرجع‌ها

۱. N. Salah, Thermoluminesence ofgammaraysirradiatedCaSO٤ nanorodsdoped with differentelements, Radiation Physics and Chemistry ١٠٦,٤٠–٤٥, (٢٠١٥)

٢. V. Ramaswamy, R.M. Vimalathithan, V. Ponnusamy, M.T. Jose, Electron Trapmodel:TLmechanisminBaSO٤ nanophosphor— A newapproach, Journal of Luminescence ١٣٤, ٧٩١–٧٩٧, (٢٠١٣)

٣. **Chun-Xiang Zhang, P L Leung٢, Qiang Tang١, Da-Ling Luo and M J Stokes, Spectral comparison of MgSO٤ doped with Dy, Mn, P, and Cu,** JOURNAL OF PHYSICS D: APPLIED PHYSICS. **٣٤,** ١٥٣٣–١٥٣٩, (٢٠٠١)

٤. R S Kher, A K Apadhyay, S J Dhoble, M S K Khokhar, Luminescence studies of $MgSo_4$:Dy phosphors, Indian Journal of Pure & Applied Physics, ٤٦, ٦٠٧-٦١٠, ٢٠٠٨

٥. **Da-Ling Luo, K N Yu, Chun-Xiang Zhang, Guo-Zhen Li, Thermoluminescence characteristicsand dose responses in MgSO٤:Dy, P and MgSO٤:Dy, P,Cu phosphors,** JOURNAL OF PHYSICS D: APPLIED PHYSICS. **٣٢,** ٣٠٦٨–٣٠٧٤, (١٩٩٩)

٦. Chun-Xiang Zhang, Qiang Tang, Da-Ling Luo, Zhi-Ren Qiu, P.L. Leung, M.J. Stokes, Investigation of the TL mechanism and defect structure in MgSO٤ doped withEu and Mn, P impurities, Radiation Measurements ٣٥, ١٦١ – ١٦٦, (٢٠٠٢)

٧. Zhang Chunxiang, Chen Lixin, Tang Qiang, Luo Daling, Qiu Zhiren, Emission spectra of MgSO٤:Dy, MgSO٤:Tm and MgSO٤:Dy,Mn phosphors, Radiation Measurements ٣٢, ١٢٣-١٢٨, (٢٠٠٠) ٨. M. Zahedifar, E. Sadeghi, Z. Mohebbi, Synthesis and thermoluminescence characteristics of Mn doped CaF_2 nanoparticles, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B ٢٧٤, ١٦٢–١٦٦, (٢٠١٢)

٩. M. Zahedifar, M.Mehrabi , S.Harooni, Synthesis ofCaSO٤:Mn nano sheets with high thermoluminescence sensitivity, Applied Radiation and Isotopes ٦٩, ١٠٠٢–١٠٠٦, (٢٠١١)

١٠.J.J.kitis, J.M.Gomez Ros, J.W.N Tuyn, Thermoluminescence glow curve deconvolution functions for first,second and general orders of kinetics , J. Phys. D: Appl. Phys.٣١, ٢٦٣٦-٢٦٤١, ١٩٩٨

١١. H.G.Balian, 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,١٤٥, ٣٨٩-٣٩٣, ١٩٧٧