

خواص اپتیکی نانوپودرهای $Gd_2SiO_5:Ce$ سنتز شده به روش سل - ژل پچینی

حسین محمدی^۱، محمدرضا عبدی^{۱*}، محمدحسین حبیبی^۲

^۱ اصفهان - میدان آزادی - دانشگاه اصفهان - دانشکده علوم - گروه فیزیک

^۲ اصفهان - میدان آزادی - دانشگاه اصفهان - دانشکده شیمی - گروه شیمی معدنی

mohammadihph@yahoo.com , r.abdi@sci.ui.ac.ir , habibi284@gmail.com

چکیده - در این مقاله، نانوپودرهای Gd_2SiO_5 آلاینده شده با عنصر سریم، با روش سل - ژل پچینی با موفقیت به صورت فاز خالص سنتز شده است. تشکیل و خلوص این نانوپودرها با آنالیزهای XRD و FTIR تایید شده و اندازه بلورک و کرنش شبکه کریستالی آن به ترتیب ۴۹ نانومتر و ۰/۰۹٪ محاسبه شده است. مورفولوژی و غلظت عناصر آن با آنالیزهای FESEM و EDX بررسی شده است که نشان می‌دهد بیشتر نانوذرات دارای اندازه بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر هستند. سپس با روش DRS و با استفاده از معادله تاک، گاف انرژی غیرمستقیم آن در حدود ۴/۴ الکترون ولت بدست آمد. نتایج نشان می‌دهد که آلاینش سریم با غلظت ۲ mol% باعث بیشترین شدت نور نشری در طول موج ۴۳۵ نانومتر تحت تحریک در طول موج ۳۴۵ نانومتر می‌شود.

کلید واژه- خواص اپتیکی ، سل - ژل پچینی ، فوتولومینسانس ، نانوپودر ، نانوذرات

Optical Properties of $Gd_2SiO_5:Ce$ Nanopowders Synthesized by the Pechini Sol-Gel Method

Hossein Mohammadi¹, Mohammad Reza Abdi^{1*}, Mohammad Hossein Habibi²

¹ Department of Physics, Faculty of Science, University of Isfahan, Isfahan 81746-73441, Iran

² Department of Chemistry, University of Isfahan, Isfahan 81746-73441, Iran

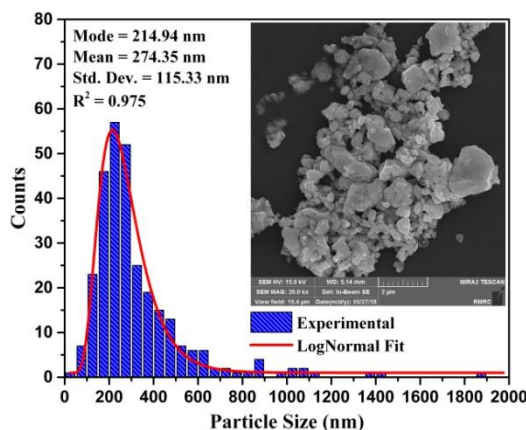
mohammadihph@yahoo.com , r.abdi@sci.ui.ac.ir , habibi284@gmail.com

Abstract- In this paper, pure phase Gd_2SiO_5 doped with cerium nanopowders were successfully synthesized by the Pechini sol-gel method. Formation and purity of nanopowders were confirmed by XRD and FTIR analyses and their crystallite size and crystal lattice strain were estimated to be 49 nm and 0.09% respectively. The morphology of the nanopowders and their elemental chemical composition were investigated by FESEM and EDX analyses. Studies have shown that most of nanoparticles have a size range between 100-400 nm. Then, the indirect band gap was estimated to be 4.4 eV using the DRS technique and the Tauc equation. The results have shown that doping with 2 mol% cerium concentration produces the highest photoluminescence intensity at 435 nm under excitation at 345 nm.

Keywords: Nanoparticle , Nanopowder , Optical Properties , Pechini sol-gel , Photoluminescence

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

شده دارای شکل منظم و مشخصی نیستند و ذرات کوچکتر از ۱۰۰ نانومتر نیز در بین آنها موجود است. به کمک مقیاس تصویر، توزیع اندازه نانوذرات رسم شده است که نشان می‌دهد بیشتر ذرات دارای اندازه بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر می‌باشند (شکل ۴). در جدول ۱ مقدار اندازه‌گیری شده درصد وزنی و اتمی عناصر موجود در این نانوپودر با استفاده از آنالیز تفکیک انرژی پرتو ایکس (EDX) گزارش شده است.



شکل ۴: تصویر FESEM نانوپودر GSO:2mol%Ce با بزرگنمایی 20kx به همراه توزیع اندازه نانوذرات آن

جدول ۱: درصد وزنی و اتمی عناصر نانوپودر GSO:2mol%Ce اندازه‌گیری شده با روش EDX

No.	Element	Weight %	Atomic %
1	Gd	77.43	28.18
2	Si	4.44	9.04
3	O	17.47	62.51
4	Ce	0.67	0.27
Total		100	100

بررسی خواص اپتیکی

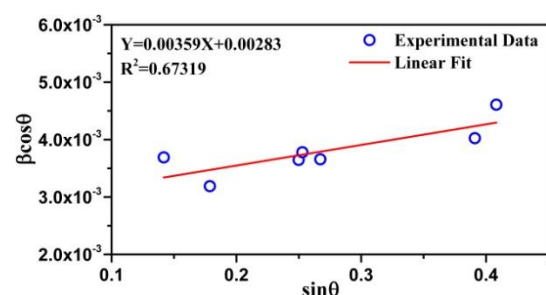
برای محاسبه گاف انرژی غیرمستقیم GSO از معادله تاک (۳) استفاده شده است. در این معادله، $F(R_\infty)$ تابع کوبلکا-مانک (Kubelka-Munk) می‌باشد [۶] و از مقدار بازتابندگی اندازه‌گیری شده با روش طیف‌سنجی بازتابی پخش (DRS) محاسبه می‌شود، $h\nu$ انرژی فوتون نور، A مقدار ثابت و E_g گاف انرژی است. مقدار گاف انرژی با این روش در حدود ۴/۴ الکترون ولت بدست می‌آید (شکل ۵).

$$[F(R_\infty)h\nu]^{1/2} = A(h\nu - E_g) \quad (3)$$

در این معادلات، مقادیر D ، β ، θ ، ε و λ به ترتیب اندازه بلورک بر حسب نانومتر، کرنش شبکه بلوری، نصف موقعیت پیک، پهنا در نیم ارتفاع پیک (FWHM) بر حسب رادیان، و طول موج خط تابش K_α اشعه ایکس آند مس با طول موج ۰/۱۵۴۰۶ نانومتر می‌باشند.

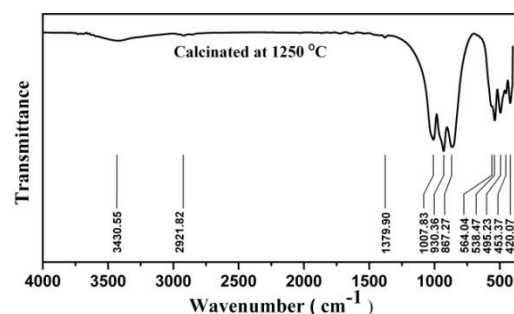
$$D = \frac{0.9\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

$$\beta \cos \theta = \frac{0.9\lambda}{D} + 4\varepsilon \sin \theta \quad (2)$$



شکل ۲: نمودار ویلیامسون- هال برای نانوپودر GSO:2mol%Ce

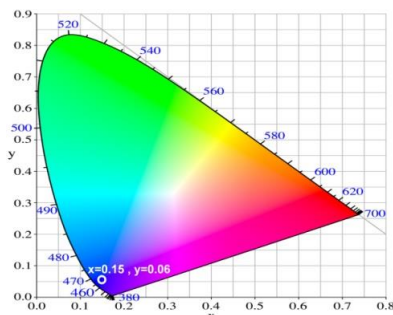
در طیف FTIR نمونه GSO:2mol% در شکل ۳، نوارهای پرشدت در ۹۳۰، ۸۶۷ و ۱۰۰۷ cm^{-1} به حضور گروه SiO_4^{2-} نسبت داده می‌شوند. نوارهای ۴۲۰ و ۴۵۳ cm^{-1} به حالت ارتعاش خمشی Si-O-Si مربوط می‌شوند. نوارهای ۴۵۳ تا ۵۶۴ cm^{-1} به دلیل ارتعاش پیوند Gd-O می‌باشند. نوار جذب پهن ۳۴۳۰ cm^{-1} به ارتعاش کششی O-H در مولکول آب رطوبت نمونه نسبت داده می‌شود [۲].



شکل ۳: طیف FTIR نانوپودر GSO:2mol%Ce

با توجه به تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) با بزرگنمایی ۲۰kx برای نانوپودر سنتز شده GSO:2mol%Ce، مشخص است که نانوذرات سنتز

تقریباً ۲ mol% است که با توجه به طیف نشری آن، در شکل ۸ مختصات کروماتیسیته (CIE Chromaticity) آن محاسبه شده و نور آبی رنگ نشر شده از این نانوپودر مشخص شده است.



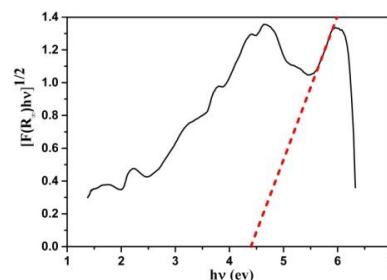
شکل ۸: مختصات کروماتیسیته نور نشر شده از نانوپودر GSO:2mol%Ce در اثر تحریک با طول موج ۳۴۵ نانومتر

نتیجه گیری

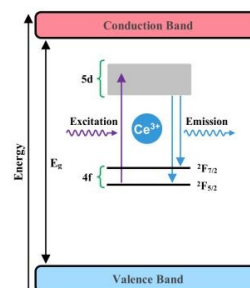
در کار ارائه شده، نانوپودرهای GSO:Ce به صورت فاز خالص با روش سل-ژل پچینی سنتز شده است. بررسی خواص اپتیکی نشان می‌دهد که نانوپودرهای GSO:Ce می‌توانند به عنوان ماده فوتولومینسانس در تجهیزات اپتوالکترونیک و تصویربرداری مورد استفاده قرار گیرند.

مرجع ها

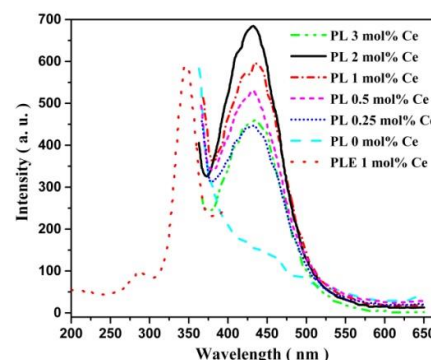
- [1] S. Shinde et al, "Structural and optical properties of Gd_2SiO_5 prepared from hydrothermally synthesized powder", J. Alloys Compd., Vol. 592, pp. 12-18, 2014.
- [2] Y. Parganiha et al, "Luminescence and structural properties of $Gd_2SiO_5:Eu^{3+}$ phosphors synthesized from the modified solid state method", Ceram. Int., Vol. 43, pp. 9084-9091, 2017.
- [3] K. Takagi, T. Fukazawa, "Cerium-activated Gd_2SiO_5 single crystal scintillator", Appl. Phys. Lett., Vol. 42, pp. 43-45, 1983.
- [4] N. Miyazaki et al, "Thermal stress analysis of GSO bulk single crystal", J. Cryst. Growth, Vol. 182, pp. 73-80, 1997.
- [5] E. A. McKigney et al, "Nanocomposite scintillators for radiation detection and nuclear spectroscopy", Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A, Vol. 579, pp. 15-18, 2007.
- [6] A. Bagheri et al, "Synthesis and characterization of physical properties of $Gd_2O_2S:Pr^{3+}$ semi-nanoflower phosphor", Appl. Phys. A, Vol. 122, pp. 553, 2016.



شکل ۵: نمودار تاک برای نانوپودر GSO:0mol%Ce برای محاسبه گاف انرژی غیرمستقیم آن



شکل ۶: ترازهای انرژی یون Ce^{3+} آلاینده شده در GSO



شکل ۷: طیف‌های PL و PLE نانوپودرهای GSO:Ce

ترازهای ۵d و ۴f یون Ce^{3+} آلاینده شده، به عنوان مرکز لومینسانس، در گاف انرژی GSO قرار می‌گیرند (شکل ۶). طیف‌های فوتولومینسانس نشری (PL) و فوتولومینسانس تحریکی (PLE) اندازه‌گیری شده برای نانوپودرهای با درصد آرایش مختلف Ce^{3+} ، در شکل ۷ نشان داده شده است که یک نشر آبی رنگ در طول موج ۴۳۵ نانومتر در اثر تحریک با نور فرابنفش در طول موج ۳۴۵ نانومتر را نشان می‌دهد. افزایش مقدار آرایش سریم باعث افزایش نشر نور می‌شود و با افزایش مقدار آرایش سریم به ۳ mol% شدت نشر نور کاهش می‌یابد و این به دلیل اثر فرونشانی غلظت می‌باشد. بنابراین مقدار آرایش سریم بهینه برای بیشترین مقدار نشر،