



ساخت و بررسی خواص گرمالیانی نانو بلور باریم سولفات آلاییده شده با دیسپروسیم ($\text{BaSO}_4:\text{Dy}$)

امین آقائی خاریکی^۱، خدیجه رضایی ابراهیم سرایی*^۱، محسن خسروی^۲

۱. گروه مهندسی هسته‌ای، دانشکده علوم و فن آوری‌های نوین، دانشگاه اصفهان، صندوق پستی: ۸۱۷۴۶-۷۳۴۴۱، اصفهان - ایران

۲. گروه نانوتکنولوژی، دانشکده علوم و فن آوری‌های نوین، دانشگاه اصفهان، صندوق پستی: ۸۱۷۴۶-۷۳۴۴۱، اصفهان - ایران

چکیده: نانو بلور باریم سولفات آلاییده شده با دیسپروسیم به روش هم‌رسوبی تهیه شد. حضور ناخالصی و اندازه و ساختار رسوب تهیه شده با استفاده از پرتو ایکس پاشنده‌ی انرژی (EDX) و پراش پرتو ایکس (XRD) مورد بررسی قرار گرفت. قرص‌هایی از نانو بلورها تهیه شده و در معرض دزهای مختلفی از پرتوهای گامای منبع کبالت-۶۰ قرار گرفتند. سپس خاصیت‌های گرمالیانی (TL) نانو فسفرها مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که پاسخ گرمالیانی با افزایش دز پرتو گاما افزایش می‌یابد. به طوری که $\text{BaSO}_4:\text{Dy}$ دارای پاسخی خطی در بازه‌ی ۰/۱ تا ۱ کیلوگری است.

کلیدواژه‌ها: گرمالیانی، نانو بلور، باریم، سولفات آلاییده شده، دیسپروسیم

Synthesis and Investigation of Thermoluminescence Properties of Barium Sulphate Doped with Dyspersium ($\text{BaSO}_4:\text{Dy}$)

A. Aghay Kharieky¹, Kh. Rezaee Ebrahim Saraee*¹, M. Khosravi²

1. Department of Nuclear Engineering, Faculty of Advance Sciences and Technologies, University of Isfahan, P.O.Box: 81746-73441, Isfahan – Iran

2. Department of Nanotechnology, Faculty of Advance Sciences and Technologies, University of Isfahan, P.O.Box: 81746-73441, Isfahan – Iran

Abstract: $\text{BaSO}_4:\text{Dy}$ nanocrystalline is prepared by the co-precipitation method. The shape and morphology of the prepared nanocrystalline is observed using a Energy- dispersive X-ray spectroscopy (EDX) and XRD pattern. The prepared pellets are exposed to the gamma radiation emitted by a ^{60}Co source at room temperature. Then the themoluminescence (TL) properties of $\text{BaSO}_4:\text{Dy}$ nanocrystalline pellets are studied. Results show that thermoluminescence response is increased by increasing the ^{60}Co dose rate so that the $\text{BaSO}_4:\text{Dy}$ has a linear response in a range of 0.1-1 kGy.

Keywords: Themoluminescence, Nanocrystalline, Doped Barium Sulphate, Dysprosium



۱. مقدمه

تابش‌های پرتوزا در برهم‌کنش مستقیم و غیرمستقیم به موجودهای زنده آسیب می‌رسانند. در برخی موارد، این آسیب حتی غیر قابل جبران است. این تابش‌های پرتوزا ممکن است باعث بیماری‌های خطرناک از قبیل سرطان و یا حتی باعث مرگ یاخته شوند [۱]. بنابراین، لازم است حد بیشینه‌ی دز دریافتی از مواد پرتوزا برای اشخاصی که در معرض پرتو قرار دارند، مشخص شود. دزسنج‌های گرمالیان از جمله دزسنج‌هایی هستند که کاربرد گسترده‌ای در دزیمتری فردی پرتوکاران پیدا کرده‌اند. نحوه‌ی آسان به کارگیری، قابلیت تولید و باز تولید، حساسیت بالا برای دزهای خیلی کم و پاسخ‌دهی خوب در میدان‌های تابشی آمیخته از جمله ویژگی‌هایی است که باعث توسعه‌ی این نوع دزسنج‌ها شده است [۲]. گرمالیان یک شیوه‌ی قوی برای تخمین دز پرتوهای یوننده‌ی پر انرژی مانند گاما، ایکس و غیره است. در این شیوه، شدت لیانی ناشی از تحریک گرمایی با دز تابشی متناسب است [۳].

امروزه، فن‌آوری نانو و نانومواد مورد توجه بسیاری از پژوهش‌گران رشته‌های مختلف است. خواص فیزیکی و شیمیایی این دسته از مواد تابع اندازه و شکل است به طوری که تفاوت‌های قابل مقایسه‌ای با خواص مواد حجیم مشابه خود دارند [۳، ۴، ۵]. مطالعه‌های اخیر بر روی نانومواد لیانی نشان داده است که این دسته از مواد دارای کاربردی بالقوه در دزسنجی پرتوهای یوننده هستند [۶، ۷]. هم‌چنین پژوهش‌های انجام شده در تهیه‌ی مواد لیان نشان می‌دهد که مواد آلاییده شده دارای پاسخ لیانی بیش‌تر و بهتری بوده‌اند [۸، ۹، ۱۰، ۱۱].

ترکیب‌های با عدد اتمی بالا، به خاطر این که در دزهای بالاتری اشباع می‌شوند، مورد توجه بوده‌اند. باریم سولفات آلاییده شده با عناصر خاکی نادر یکی از این ترکیب‌های مورد مطالعه است. باریم سولفات آلاییده شده با Eu و ساختار نانویی از پژوهش‌های مورد مطالعه‌ی سال‌های اخیر است ولی در مورد باریم سولفات آلاییده شده با Dy با ویژگی نانو ساختاری، مطالعه‌ای در دسترس نیست و ویژگی آن از قبیل خواص

دزیمتری برای پرتو گامای (کبالت - ۶۰) مطالعه نشده است [۳، ۱۲]، لذا در این پژوهش سعی شده است که خواص گرمالیانی این نانو فسفر مورد بررسی قرار گیرد.

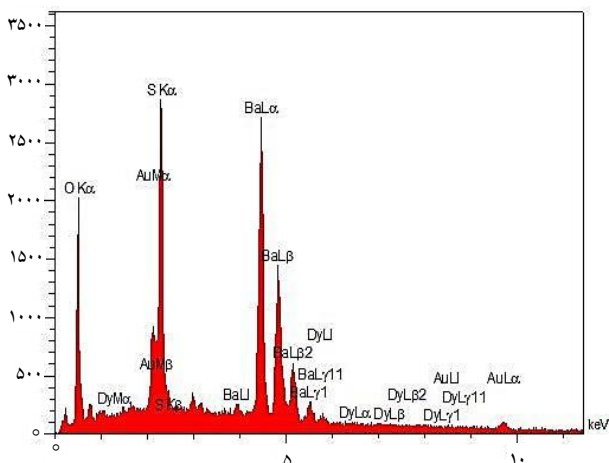
۲. روش کار

نانو بلور باریم سولفات آلاییده شده با دیسپروسیم به روش شیمیایی هم‌رسوبی در دمای اتاق تهیه شد. برای تهیه‌ی مقدار معینی از پودر نانو بلور باریم سولفات آلاییده شده با دیسپروسیم، ابتدا باریم کلرید دوآبه ($BaCl_2 \cdot 2H_2O$) در آب دوبار تقطیر شده حل شد. سپس مقدار 0.03 مول دیسپروسیم که از حل شدن دیسپروسیم اکسید (Dy_2O_3) در حداقل مقدار هیدروکلریک اسید (HCl) به دست آمده بود به آن افزوده شده و در حضور اتانول، محلول آمونیم سولفات ($(NH_4)_2SO_4$) به صورت قطره قطره به مخلوط فوق اضافه شد تا رسوب تشکیل شود. رسوب به دست آمده با استفاده از سانتریفوژ از محلول جدا شده و چندین بار با آب مقطر شستشو داده شد. رسوب به دست آمده ابتدا به مدت ۱ ساعت در دمای 378 کلوین خشک شد. در نهایت پودر نانو بلوری باریم سولفات آلاییده شده با دیسپروسیم با پختن پودر در دمای 1123 کلوین در محیط آرگون به دست آمد.

برای تأیید حضور عنصر آلاینده در ساختار ترکیب، تجزیه‌ی پرتو ایکس پاشنده‌ی انرژی (EDX) بر روی پودر نانو بلوری تهیه شده، صورت گرفت. برای تعیین اندازه‌ی بلورها و ساختار پودر شکل گرفته از دستگاه پراش پرتو ایکس بروکر مدل D8 ADVANCE که دارای خط تابش $Cu-K\alpha$ با طول موج $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ است، استفاده شد. برای سهولت در بررسی خواص گرمالیانی پودر نانو بلوری تهیه شده، از سدیم سولفات با ۴۰ درصد وزنی به عنوان ماده‌ی نگه‌دارنده و برای تهیه‌ی قرص‌هایی به قطر ۵ میلی‌متر و ضخامت 0.8 میلی‌متر استفاده شد. قرص‌های تهیه شده در معرض دزهای مختلفی از پرتو گامای کبالت - ۶۰ قرار گرفت. منحنی درخشش با استفاده از دستگاه خوانش دزسنج گرمالیان IAP (ساخت ایران) ثبت شد.

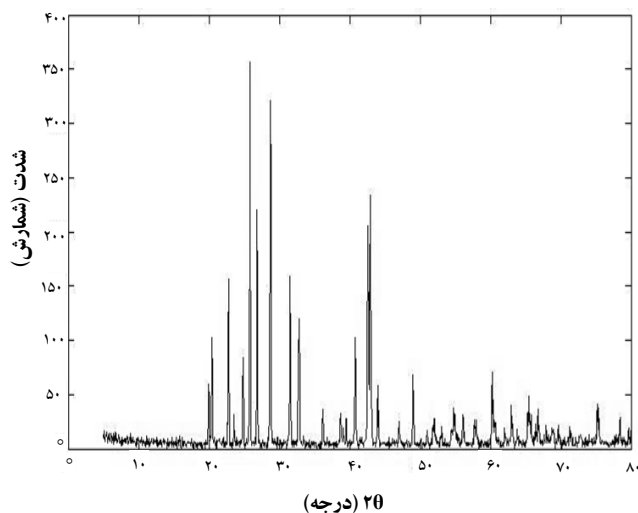
۳. نتایج

قله‌های نظیر هر یک از عناصر در طیف انرژی پرتو ایکس پاشنده‌ی انرژی پودر نانو بلور باریم سولفات آلاینده شده با دیسپروسیم بیان‌گر مقادیر آن در پودر نانو بلوری است (شکل ۱). به منظور تعیین اندازه و ساختار بلور رسوبی از الگوی پراش پرتو ایکس (XRD) استفاده شد (شکل ۲). الگوی پراش ایکس حاکی از آن است که پودر رسوبی به دست آمده دارای ساختار لوزی وجهی است. اندازه‌ی نانو بلور با استفاده از رابطه شرر و طیف پراش پرتو ایکس محاسبه شد. مقادیر به دست آمده، اندازه‌ی بلورها را در بازه‌ی ۴۵ تا ۵۲ نانومتر به دست داد. به منظور بررسی خواص گرمایی نانو بلورها، قرص‌های تهیه شده از آن در معرض دزهای مختلف پرتو گامای کبالت-۶۰ قرار گرفتند. شکل ۳ منحنی درخشش باریم سولفات آلاینده شده با دیسپروسیم را برای دز ۱ گری دریافت شده نشان می‌دهد. هم‌چنین در این شکل یک منحنی درخشش برای گرمالیان TLD-۱۰۰ تجاری در بازه‌ی خوانده شده نشان داده شده است. برای این‌که یک فسفر بتواند به صورت دزسنج گرمالیان عمل کند، باید پاسخ لیانی آن برحسب دز، خطی باشد. شکل ۴ منحنی پاسخ لیانی را برای دزهای مختلف پرتو گامای کبالت-۶۰ نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۴ دیده می‌شود، نانو فسفر باریم سولفات آلاینده شده با دیسپروسیم دارای پاسخی خطی در گستره‌ی دز ۰٫۱ تا ۱ کیلوگری است. انحراف از خطی بودن، در دزهای بالای ۱ کیلوگری مشاهده می‌شود به طوری که برای دزهای بالای ۷ کیلوگری دزسنج گرمالیان به حالت اشباع می‌رسد. شکل ۵، پاسخ انرژی فوتون نسبی برحسب انرژی فوتون بهنجار شده به واحد انرژی گامای کبالت-۶۰ را نشان می‌دهد. پاسخ انرژی فوتون نسبی برای انرژی‌های پرتوهای ایکس ۶۰، ۱۰۰، ۱۶۰ و ۲۰۰ کیلوولت ایکس و برای پرتوهای گامای چشمه‌ی سزیم و کبالت-۶۰ اندازه‌گیری شده است. این پرتوافکنی برای انرژی‌های مختلف و برای دز ۵۰۰ میلی‌گری انجام شده است. همان‌طور که شکل ۵ نشان می‌دهد، نانو فسفر باریم سولفات آلاینده شده با دیسپروسیم برای انرژی‌های پایین‌تر دارای پاسخ نسبی بیش‌تر است.

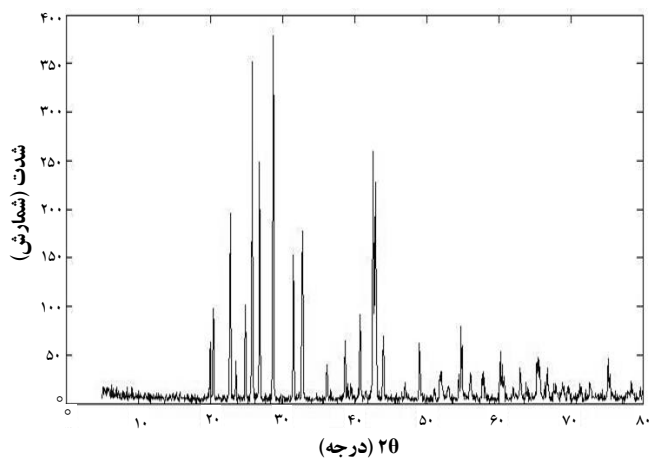


شکل ۱. طیف انرژی پرتو ایکس پاشنده‌ی انرژی (EDX) برای نمونه‌ی نانو بلور باریم سولفات آلاینده شده با دیسپروسیم.

(الف)



(ب)



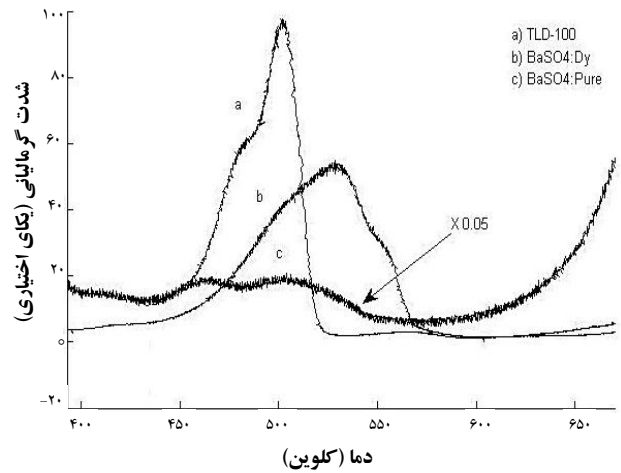
شکل ۲. الگوی پراش پرتو ایکس (XRD) نمونه‌های نانو بلور باریم سولفات (الف)، خالص و (ب) آلاینده شده با دیسپروسیم.



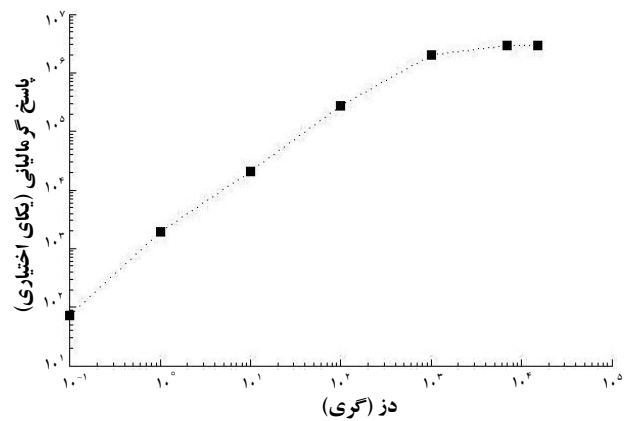
به منظور آماده‌سازی نانو فسفر ساخته شده برای استفاده‌ی مجدد، هر یک از قرص‌ها به مدت یک ساعت در دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد در کوره پخته و سریعاً سرد شدند. برای داشتن تکرارپذیری هنگام خوانش و پایداری در برابر تغییرات محیطی نیز، بعد پرتودهی و پیش از خوانش، هر یک از قرص‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۹۰ درجه‌ی سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند و سپس سریعاً سرد شدند به طوری‌که تغییرات در شدت لیانی گسیلی هر یک از قرص‌ها، کم‌تر از ۵ درصد بود.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

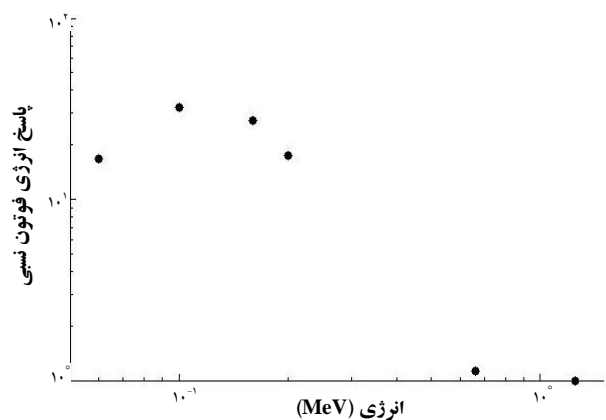
پودر نانو بلور باریم سولفات آلاینده شده با دیسپروسیم به روش شیمیایی هم‌رسوبی تهیه شد. اندازه و ساختار نانو بلور باریم سولفات آلاینده شده با دیسپروسیم با استفاده از طیف پراش پرتو ایکس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به منظور تأیید حضور ناخالصی دیسپروسیم در ساختار بلور، طیف پرتو ایکس پاشنده‌ی انرژی (EDX) آن بررسی شد. برای بررسی خواص گرمالیانی، قرص‌های نانو فسفرهای تهیه شده در معرض دزهای مختلف پرتو گامای کبالت-۶۰ قرار گرفتند. نتایج به دست آمده نشان داد که نانو فسفر ساخته شده دارای پاسخی خطی در گستره‌ی دز ۰٫۱ گری تا ۱ کیلوگری است. این ویژگی، دزسنج گرمالیان باریم سولفات آلاینده شده با دیسپروسیم را برای دزسنجی دزهای بالا، مناسب می‌سازد. مزیت روش به کار رفته در مقایسه با روش تولید ریزبلور در این است که مواد با ساختار نانو، حد اشباع دزیمتری بالاتری نسبت به مواد ریز بلوری دارند. در این پژوهش، ترکیب $BaSO_4:Dy$ با ساختار نانویی ساخته شد و خواص گرمالیانی آن (منحنی پاسخ دز برای چشمه‌ی گامای کبالت-۶۰ و منحنی پاسخ انرژی) مورد مطالعه قرار گرفت. تاکنون درباره پاسخ دزیمتری $BaSO_4:Dy$ برای پرتو کبالت-۶۰ گزارشی ارائه نشده است. امیدواریم با بهبود خواص دزیمتری آن در پژوهش‌های آتی؛ دزیمتری خوب برای دزسنجی دز بالا در کشور فراهم شود.



شکل ۳. منحنی درخشش به دست آمده برای نانو فسفر باریم سولفات آلاینده شده با دیسپروسیم و گرمالیان تجاری TLD-۱۰۰ قرار گرفته در معرض دز ۱ گری پرتو گامای کبالت-۶۰ در دمای اتاق. مختصات قایم باید در عدد مربوطه ضرب شود تا شدت لیانی به دست آید (برای منحنی c).



شکل ۴. منحنی پاسخ گرمالیانی برحسب دز برای نانو فسفر باریم سولفات آلاینده شده با دیسپروسیم قرار گرفته در معرض دز در گستره‌ی ۰٫۱ تا ۱۵ کیلوگری.



شکل ۵. منحنی پاسخ انرژی فوتون نسبی برحسب انرژی فوتون (MeV) برای $BaSO_4:Dy$ ، بهنجار شده به واحد منبع کبالت-۶۰ (دز ۵۰۰ میلی‌گری).



1. B.J. McParland, Nuclear Medicine Radiation Dosimetry, DOI: 10.1007/978-1-84882-126-2 (2010).
2. P.D. Sahare, J.S. Bakare, S.D. Dhole, N.B. Ingale, A.A. Rupasov, Synthesis and luminescence properties of nanocrystalline LiF: Mg, Cu, P phosphor, Journal of Luminescence, 130 (2010) 258–265.
3. N. Salah, S.S. Habib, Z.H. Khan, S. Al-Hamed, S.P. Lochab, Nanoparticles of BaSO₄: Eu for heavy-dose measurements, J. Lumin. 129 (2009) 192–19.
4. P.D. Sahare, J.S. Bakare, S.D. Dhole, N.B. Ingale, A.A. Rupasov, Synthesis and luminescence properties of nanocrystalline LiF: Mg, Cu, P phosphor, Journal of Luminescence, 130 (2010) 258–265.
5. Y.F. LI, J.H. OUYANG, Y. ZHOU, X.S. LIANG, J.Y. ZHONG, Synthesis and characterization of nano-sized Ba_xSr_{1-x}SO₄ (0 ≤ x ≤ 1) solid solution by a simple surfactant-free aqueous solution route, Bull. Mater. Sci., 32 (2009) 149–153.
6. P.D. Sahare, R. Ranjan, N. Salah, S.P. Lochab, K₃Na(SO₄)₂: Eu nanoparticles for high dose of ionizing radiation, J. Phys. D: Appl. Phys. 40 (2007) 759–764.
7. N. Salah, Z.H. Khan, S.S. Habib, Nanoparticles of Al₂O₃: Cr as a sensitive thermoluminescent material for high exposures of gamma rays irradiations, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B 269 (2011) 401–404.
8. M. Maghrabi, D.E. Arafabb, L. Barhamb, M. Olaimi, The effect of rare earth doping on the glow peak positions of LiNaSO₄, Radiation Measurements, 42 (2007) 163-169.
9. J. Manam, S. Das, Characterization and TSL dosimetric properties of Mn doped BaSO₄ phosphor prepared by recrystallisation method, Journal of Alloys and Compounds, 489 (2010) 84–90.
10. Numan Salah, P.D. Saharea, S.P. Lochabb, Pratik Kumar, TL and PL studies on CaSO₄: Dy nanoparticles, Radiation Measurements, 41 (2006) 40–47.
11. A. Pandey, S. Bahl, K. Sharma, R. Ranjan, P. Kumar, S.P. Lochab, V.E. Aleynikov, A.G. Molokanov, Thermoluminescence properties of nanocrystalline K₂Ca₂(SO₄)₃: Eu irradiated with gamma rays and proton beam, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B 269 (2011) 216–222.
12. A.L. Dixon, K.E. Ekstrand, Thermoluminescence of SrSO₄:Dy and BaSO₄:Dy, Physics in Medicine and Biology, 19 (1974) 196-205.