

## ساخت و بررسی خواص گرمالیانی نانو بلور استرانسیوم سولفات آلاییده با عنصر خاکی

### کمیاب دیسپرسیوم (SrSO<sub>4</sub>:Dy)

امین آقائی خاریکی<sup>۱</sup>، خدیجه رضایی ابراهیم سرایی\*<sup>۱</sup>، محسن خسروی<sup>۲</sup>

۱- دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم و فناوری‌های نوین، گروه مهندسی هسته‌ای

۲- دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم و فناوری‌های نوین، گروه نانو فناوری

#### چکیده:

برهم‌کنش تابش‌های مواد پرتوزا با موجودات زنده و آسیب ناشی از آن‌ها، اهمیت و ضرورت و بهبود دزسنج‌ها را تایید می‌کند. از جمله دزسنج‌های مفید و کاربردی، دزسنج گرمالیان است. در این پژوهش دزسنج نانو کریستالی استرانسیوم سولفات آلاییده با دیسپرسیوم به روش شیمیایی هم‌رسوبی تهیه شد. خواص آن با استفاده از *SEM*، *EDX* و *XRD* مورد مطالعه قرار گرفت. قرص تهیه شده از پودر نانو کریستالی در معرض دزهای مختلفی از پرتوگاما قرار گرفت. خواص گرمالیانی بر روی دزسنج گرمالیان ساخته شده نشان داد که این فسفر دارای پاسخ خطی از لیانی بر حسب دز در بازه دز ۰/۱ تا ۱ کیلوگری است و دزسنج مناسب برای دزسنجی دز بالاست.

کلید واژه: دزسنج گرمالیان، استرانسیوم سولفات، نانو بلور، دیسپرسیوم

#### ۱- مقدمه:

به خاطر برهم‌کنشی که میان تابش یوننده و ماده‌ی زنده وجود دارد، تابش‌های گسیلی از مواد پرتوزا به عنوان یکی از عوامل بیماری‌زا، بیشترین تحقیقات را در مورد اثرهای بیماری‌زایی به خود اختصاص داده است [۱]. لذا برای به کمینه رساندن اثرات زیست‌شناختی تابش، دزسنجی در مراکز مورد استفاده تابش دارای اهمیت فراوان است. آشکاسازهای گرمالیانی با توجه به قابلیت آن‌ها برای تعیین دز، مورد توجه ویژه بوده‌اند. از ویژگی‌هایی که باعث درخواست استفاده برای یک دزسنج گرمالیان گردیده، می‌توان به قابلیت تولید و ساخت مجدد، جذب کم رطوبت از هوا، و حساسیت بالا برای اندازه‌گیری دز خیلی کم و پاسخ خوب به دزهای بالا در رادیوتراپی و در میدان‌های تابشی آمیخته، اشاره کرد [۲]. گرمالیان یک روش مرسوم برای تخمین دز تابش



یونیزه کننده پرنرژری نظیر پرتوهای گاما، پرتوهای ایکس، فرابفش و ذرات باردار پرنرژری است. در این روش شدت لیانی که از طریق تحریک گرمایی به دست می آید با دز جذب شده در طی پرتوافکنی متناسب است [۳-۶].

نانو مواد به دسته ای از مواد اطلاق می گردد که مقیاس اندازه ای آن در بازه نانومتری از یک تا یک صد نانومتر است. خواص فیزیکی، شیمیایی، الکتریکی و نوری این مواد تابع اندازه و شکل بوده و گاهی اوقات تفاوت های قابل ملاحظه ای در مقایسه با خواص مواد حجیم نشان می دهند. مواد با چنین مقیاسی توجه سازندگان در رشته های متنوع از علوم را به خود جلب کرده است [۷-۸]. مطالعات اخیر روی نانو مواد لیانی نشان داده است که آن ها دارای کاربردی بالقوه در دزسنجی تابش های یونیزه کننده برای اندازه گیری دزهای بالا هستند. در صورتی که گرمالیان با ترکیب مشابه اما با ساختار میکروبلوری و حجیم، در این ناحیه از دزسنجی اشباع می شوند [۹-۱۰]. همچنین تحقیقات انجام شده روی دزسنج های تابش های یونیزان به خصوص در محیط های آمیخته با تابش های با انرژی های گوناگون نشان می دهد استفاده از گرمالیان های آلاینده شده با عناصر خاکی کمیاب دارای نتایج بهتری هستند [۱۱].

چون درباره خواص گرمالیانی نانو بلور استرانسیوم سولفات آلاینده با دیسپرسیوم گزارشی موجود نیست. لذا در این پژوهش به بررسی خواص گرمالیانی این ترکیب در پرتوافکنی با پرتو گاما پرداخته شده است.

## ۲- روش کار:

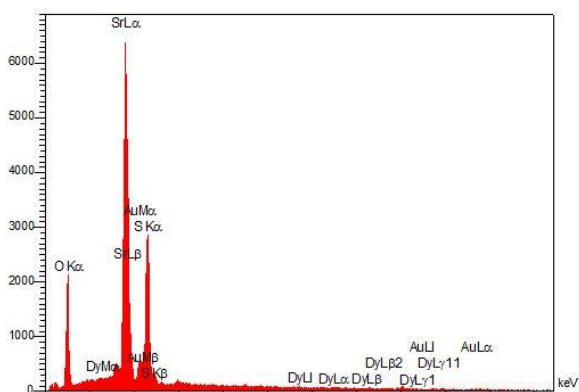
### ۲-۱- آماده سازی نمونه

نانو کریستال استرانسیوم سولفات آلاینده با دیسپرسیوم با استفاده از روش شیمیایی هم رسوبی در دمای اتاق تهیه گردید. برای تهیه پودر نانو کریستالی، ابتدا مقدار مشخصی استرانسیوم نترات  $(\text{Sr}(\text{NO}_3)_2)$  و  $0.2$  مول درصد دیسپرسیوم اکسید  $(\text{Dy}_2\text{O}_3)$  که در هیدروکلریک اسید  $(\text{HCl})$  رقیق حل شده است را با هم در آب دوبار تقطر حل نموده سپس در حضور اتانول به مخلوط فوق، محلول آمونیوم سولفات  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  را به صورت قطره قطره اضافه می نماییم تا رسوب شکل گیرد. رسوب را با استفاده از سانتریفوژ از محلول جدا می کنیم. بعد از چند بار شستشوی رسوب با آب مقطر، آن را ابتدا به مدت یک ساعت در دمای  $378$  درجه کلون و در نهایت پودر نانو کریستالی را با خشک کردن در کوره در دمای  $1123$  درجه کلون در جو آرگون به دست آوردیم. به همین ترتیب نانو کریستال استرانسیوم سولفات خالص تهیه شد.

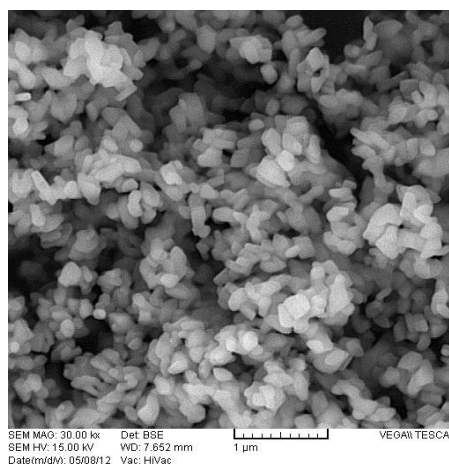
برای بررسی ریخت شناسی و شکل نمونه از دستگاه SEM (مدل Tescan SEM, VEGA) استفاده گردید. همین طور برای تایید حضور عناصر از دستگاه EDX استفاده شد. به منظور تایید اندازه و ساختار پودر رسوبی شکل گرفته از دستگاه پراش پرتو ایکس (Bruker (XRD) مدل D<sup>8</sup> ADVANCE، دارای خط تابش Cu-K $\alpha$  با طول موج  $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$  استفاده شد. برای سهولت در بررسی خواص گرمایی، پودرهای نانو کریستالی تهیه شده با استفاده از ماده نگهدارنده سدیم سولفات ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) با درصد وزنی ۳۳ درصد، به صورت قرص هایی با ابعاد ۵ میلی متر قطر و ۰/۸ میلی متر ضخامت تهیه شد. قرص های تهیه شده برای بررسی خواص گرمایی در برابر دزهای مختلفی از پرتو گامای کبالت ۶۰ قرار گرفت. منحنی های تابان با استفاده از ثبت کننده گرمالیان IAP، ثبت گردید.

### ۳- نتایج:

شکل و مرفولوژی پودر نانو کریستالی تهیه شده با استفاده از SEM مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۱- (الف) تصویر SEM تهیه شده از استرانسیوم سولفات آلاینده با دیسپرسیوم را نشان می دهد که دارای سطوح صاف و توزیع اندازه یکنواخت اند. به منظور تایید حضور عناصر در ساختار ترکیب، آنالیز EDX صورت گرفت. شکل ۱- (ب) حضور این عناصر در ترکیب را تایید می کند. شکل ۲، طیف پراش پرتو ایکس را نشان می دهد. اندازه کریستال ها با استفاده از رابطه دبی- شرر بر روی طیف پراش پرتو ایکس محاسبه شد. مقدار به دست آمده، اندازه متوسط ۴۲ نانومتر را برای استرانسیوم سولفات آلاینده با دیسپرسیوم به دست می دهد. طیف پراش پرتو ایکس به خوبی با ساختار لوزی وجهی نانو کریستال استرانسیوم سولفات آلاینده با دیسپرسیوم منطبق است.

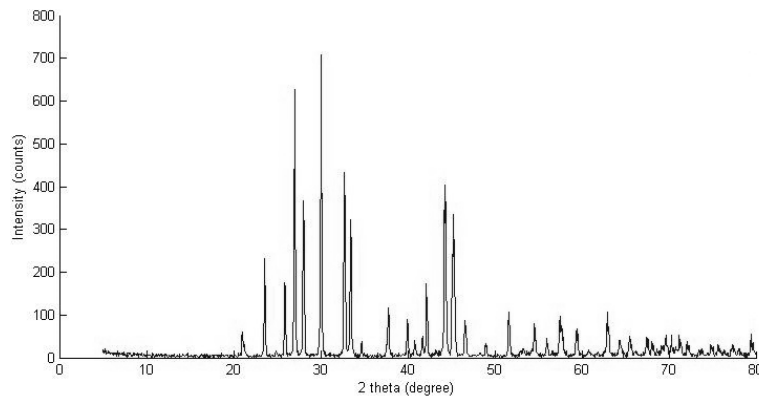


(ب)



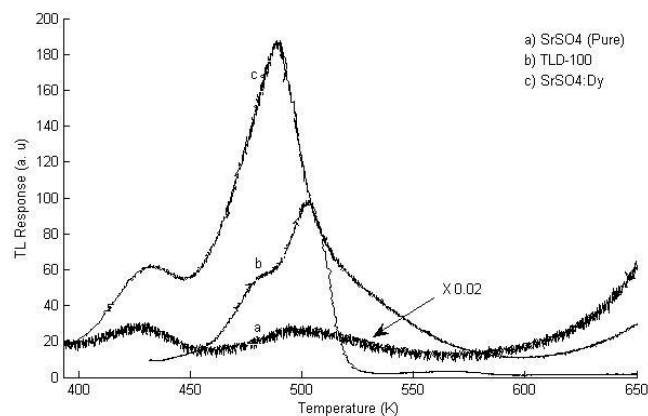
(الف)

شکل ۱- (الف) تصویر SEM، (ب) تصویر EDX، تهیه شده برای پودر نانو کریستالی استرانسیوم سولفات آلاینده با دیسپرسیوم



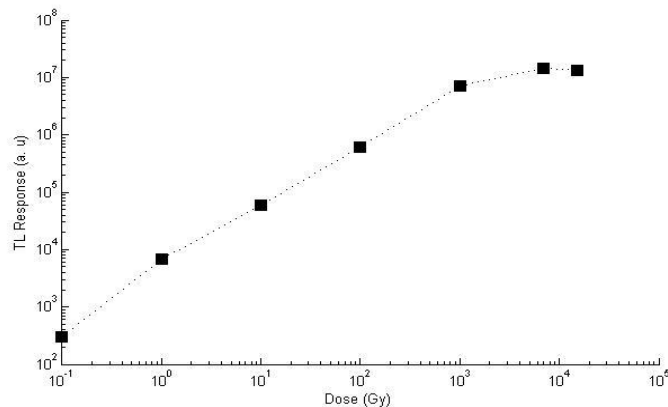
شکل ۲- طیف پراش پرتو ایکس پودر نانو کریستالی استرانسیوم سولفات آلاینده با دیسپرسیوم

شکل ۳ منحنی تابان قرص‌های استرانسیوم سولفات خالص و استرانسیوم سولفات آلاینده با دیسپرسیوم را برای دز ۱گری از پرتوی گامای منبع کبالت ۶۰ نشان می‌دهد. برای مقایسه منحنی تابان برای نمونه تجاری TLD-۱۰۰ نیز نشان داده شده است. همان طوری که در شکل دیده می‌شود، فسفر نانو کریستالی استرانسیوم سولفات آلاینده با دیسپرسیوم دارای پیک دمایی اصلی در ۴۹۰ درجه کلوین و پیک دمایی با شدت کمتر در ۴۳۰ درجه کلوین است. در صورتی که فسفر نانو کریستالی استرانسیوم سولفات خالص دارای دو پیک دمایی در ۴۳۰ و ۴۹۵ درجه کلوین می‌باشد. حسایت (استفاده از روش ارتفاع پیک) فسفر نانو کریستالی استرانسیوم سولفات خالص کمتر از فسفر نانو کریستالی آلاینده با دیسپرسیوم است.



شکل ۳- منحنی تابان استرانسیوم سولفات خالص و آلاینده با دیسپرسیوم و TLD-۱۰۰ که در معرض دز ۱گری از پرتو گاما قرار داشته‌اند.

شکل ۴ منحنی پاسخ گرمالیانی برای قرص‌های فسفر استرانسیوم سولفات آلاینده با دیسپرسیوم را برای دزهای مختلف از پرتو گاما نشان می‌دهد. برای یک فسفر که به عنوان یک دزنسج گرمالیان استفاده می‌شود، منحنی پاسخ بر حسب دز بایستی خطی باشد. همان طوری که در شکل ۴ به وضوح نشان داده شده است قرص‌های تهیه شده در بازه دز ۰/۱ تا ۱ کیلوگری خطی است.



شکل ۴- منحنی پاسخ گرمالیانی بر حسب دز برای فسفر نانو کریستالی استرانسیوم سولفات آلاینده با دیسپرسیوم

#### ۴- بحث و نتیجه‌گیری:

پودر نانو کریستالی استرانسیوم سولفات آلاینده با دیسپرسیوم با روش شیمیایی هم‌رسوبی تهیه شد. اندازه و شکل پودر نانو کریستالی با استفاده از طیف پراش پرتو ایکس (XRD) و تصویر SEM، با مقدار متوسط ۴۲ نانومتر تخمین زده شد. مهمترین کار گزارش شده در این پژوهش، به بررسی خواص گرمالیانی نمونه نانو کریستالی استرانسیوم سولفات آلاینده با دیسپرسیوم در بازه دز ۰/۱ تا ۱۵ کیلوگری است. فسفر نانو کریستالی ساخته شده دارای پاسخی خطی در بازه ۰/۱ تا ۱ کیلوگری به پرتوی گاما است. این ویژگی فسفر ساخته شده را دزنسجی مناسب برای ثبت دزهای بالا می‌سازد.

#### منابع:

1. Herman Cember, Introduction to Health physics, Pergamon Press, ۱۹۸۳.
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 ۱۳۰, ۲۵۸-۲۶۵, ۲۰۱۰.
3. P. D. Sahare, R. Ranjan, N. Salah and S. P. Lochab, K<sub>2</sub>Na(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>:Eu nanoparticles for high dose of ionizing radiation, J. Phys. D: Appl. Phys. ۴۰, ۷۵۹-۷۶۴, ۲۰۰۷.

۴. N. Salah , S. S. Habib, Z. H. Khan , S. Al- Hamedi , S. P. Lochab, Nanoparticles of  $BaSO_4:Eu$  for heavy-dose measurements, J. Lumin ۱۲۹, ۱۹۲-۱۹۶, ۲۰۰۹.
۵. N. Salah, Z. H. Khan, S. S. Habib, Nanoparticles of  $Al_2O_3:Cr$  as a sensitive thermoluminescent material for high exposures of gamma rays irradiations, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B ۲۶۹, ۴۰۱-۴۰۴, ۲۰۱۱.
۶. S. Singh, S. P. Lochab, R. Kumar, N. Singh, Thermoluminescence studies of bismuth doped  $Ba_xCa_{1-x}S$  nanostructures, Physica B ۴۰۶, ۱۷۷-۱۸۰, ۲۰۱۱.
۷. A. Fonseca, N. Franco, E. Alves, N. P. Barradas, J. P. Leitao, N. A. Sobolev, D. F. Banhart, H. Presting, V. V. Ulyanov, A. I. Nikiforov, "High resolution backscattering studies of nanostructured magnetic and semiconducting materials", Nucl. Instrum. Methods B ۲۴۱, ۴۵۴, ۲۰۰۵.
۸. K. Kerman, Y. Morita, T. Yuzuru, M. Ozsoz, and E. Tamiya, "Modification of Escherichia coli single-stranded DNA binding protein with gold nanoparticles for electrochemical detection of DNA hybridization", Anal. Chim. Acta ۵۱۰, ۱۶۹, ۲۰۰۴.
۹. L.Y. Lin, Y. L. Zhang, J. Q. Hao, C.Y. Li, Q. Tang, C.X. Zhang, Q. Su, "Thermoluminescence studies of rare earth doped  $Sr:Mg(BO_3)_2$  phosphor", Mate. Lett. ۶۰, ۶۳۹-۶۴۲, ۲۰۰۵.
۱۰. A. Pandey, S. Bahl, K. Sharma, R. Ranjan, P. Kumar, S. P. Lochab, V. E. Aleynikov and A. G. Molokanov, "Thermoluminescence Properties Of Nanocrystalline  $K_2Ca_2(SO_4)_2:Eu$  Irradiated With Gamma Rays And Proton Beam", DOI: ۱۰.۱۰۱۶/j.nimb.۲۰۱۰.۱۲.۰۰۵.
۱۱. YU-FENG LI, JIA-HU OUYANG, YU ZHOU, XUE-SONG LIANG and JI-YONG ZHONG, "Synthesis and characterization of nano-sized  $Ba_xSr_{1-x}SO_4$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) solid solution by a simple surfactant-free aqueous solution route", Bull. Mater. Sci., Vol. ۳۲, No. ۲, ۱۴۹-۱۵۳, ۲۰۰۹.