

بررسی تأثیر تابش گاما بر ضریب تضعیف جرمی نانوذرات اکسیدمنیزیم

مریم امینی، علیرضا وجدانی نقره ئیان^{*}، زهرا دهقانی

گروه فیزیک، دانشکده‌ی علوم، دانشگاه نیشابور

چکیده

نانوذرات اکسیدمنیزیم با استفاده از روش سل-ژل فراهم شده‌اند. نتایج تجربی XRD نشان می‌دهد که نانوذرات MgO دارای ساختار مکعبی و شش‌ضلعی با قطر متوسط حدود ۲۰ نانومتر می‌باشند. گاف انرژی نور مستقیم این نانوذرات توسط طیف‌سنجی UV-Vis، ۴/۵۴ الکترون‌ولت به دست آمده است. مقادیر ضریب تضعیف جرمی تجربی برای نانوذرات تابش‌ندیده با مقادیر تئوری میکروذرات محاسبه‌شده توسط پایگاه داده‌ی NIST XCOM مقایسه شد؛ نتایج نشان می‌دهد که ضریب تضعیف جرمی نانوذرات اکسیدمنیزیم علاوه بر عدداتمی مؤثر، به سایز ذره نیز وابسته است. همچنین نتایج تجربی نشان می‌دهد که ضریب تضعیف جرمی با افزایش انرژی فوتون کاهش می‌یابد. علاوه بر موارد ذکر شده، ضریب تضعیف جرمی نانوذراتی که ۱۰۰Gy از ^{60}Co توسط چشمه‌ی دریافت نموده‌اند با ضریب تضعیف جرمی نانوذرات تابش‌ندیده مقایسه شد و نتایج نشان می‌دهد که با دریافت دز توسط نانوذرات، ضریب تضعیف جرمی آن‌ها کاهش می‌یابد که ممکن است ناشی از تغییر ساختار مولکولی پس از تابش‌دهی باشد.

واژه‌های کلیدی: روش سل-ژل، ضریب تضعیف جرمی، نانوذرات MgO.

ایمیل نویسنده مسئول: Vejdani@neyshabur.ac.ir

۱- مقدمه

اخیرا نانوذرات نیم‌رسانا به دلیل برنامه‌های کاربردی خود در میکروالکترونیک، ایتوالکترونیک، اپتیک غیرخطی، فوتوکاتالیز و تبدیل انرژی صنعتی، توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند [۱]. از طرفی بلورهای نیم‌رسانای نانو، به دلیل خواص نوری تنظیم‌پذیر خود که ناشی از اثر محدودکنندگی کوانتومی است، بسیار موردتوجه قرار گرفته‌اند [۲].

درمیان نانوذرات اکسید فلزی شناخته شده، اکسیدمنیزیم به طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است. این نانوذره یک جامد منحصر به فرد با خواص یونی بالا، استوکیومتری و ساختار بلوری ساده می‌باشد و این موارد کاربردهایی جدید در زمینه‌هایی مانند الکترونیک، جذب، تجزیه، سرامیک، محصولات پتروشیمی، پوشش منعکس‌کننده و ضدانعکاس، تشخیص و اصلاح زباله‌های شیمیایی و بسیاری از زمینه‌های دیگر دارد. از طرفی فعالیت‌های ضدباکتری نانوذرات MgO نیز درمقابل عوامل بیماری‌زای مختلف ایجاد می‌شود [۳]. اکسیدمنیزیم به دلیل ظرفیت حرارتی کم و نقطه‌ی ذوب بالا، یک ماده‌ی بسیار مناسب برای کاربردهای عایق است و باتوجه به شکل‌گیری آنیون‌های سوپراکسید (O_2^-) روی سطح آن، دارای عملکرد ضدباکتری خوب در محیط‌های آبی می‌باشد [۴]. قابل ذکر است که نانوذرات MgO می‌توانند با استفاده از تکنیک‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی تولید شده باشند. سنتز شیمیایی مرطوب نانوذرات، یکی از روش‌های بسیار حساس است

که به عنوان یک روش ساده، ارزان و سریع بیش از دیگر فرایندهای معمولی سودمند خواهد بود [۳].

همان طور که می‌دانیم در فیزیک هسته‌ای احتمال برهم‌کنش فوتون با مواد داده شده در واحد طول مسیر آن با استفاده از یک روش خاص، ضریب تضعیف خطی μ ، $[\text{cm}^{-1}]$ نامیده می‌شود. μ به چگالی متوسط حفاظ وابسته است و نسبت μ/ρ ضریب تضعیف جرمی نامیده می‌شود $[\mu_m \text{cm}^2 \text{g}^{-1}]$. ضریب تضعیف جرمی (μ_m)، اندازه‌ی متوسط تعداد برهم‌کنش‌های بین فوتون‌های برخوردی و ماده است که در جرم بر واحد سطح اتفاق می‌افتد و پارامتر بسیار مهمی در فیزیک بنیادی و بسیاری از زمینه‌های کاربردی، برای تخمین نفوذ اشعه‌های گاما در جاذب است [۵].

در این مطالعه، نانوذرات MgO که با استفاده از روش سل-ژل تولید شده‌اند، برای انتقال اشعه‌ی گاما مورد آزمایش قرار گرفته‌اند.

۲- فعالیت‌های آزمایشگاهی

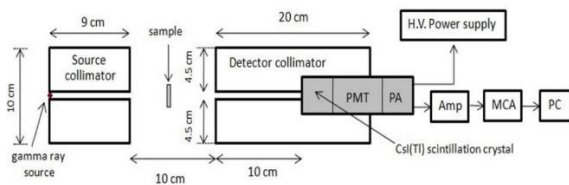
۲-۱- ساخت نانوذرات MgO و تهیه‌ی نمونه‌ها

نانوذرات MgO توسط روش سل-ژل تولید شده‌اند [۷]: به گونه‌ای که ابتدا ۱۰۰ گرم از $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ در یک بشر یک لیتری در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شده و در داخل هرکدام ۵۰ میلی‌لیتر از محلول ۱N NaOH اضافه شده است. سپس محلول به سرعت به مدت ۴ ساعت برای تولید رسوب منیزیم‌هیدروکسید هم زده

$$\mu_m = \mu / \rho \quad (2)$$

که در آن μ در cm^{-1} و μ_m در $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ اندازه‌گیری شده‌است و ρ چگالی نمونه MgO در g/cm^3 است [۶].

برای اندازه‌گیری ضریب تضعیف جرمی، طیف‌سنجی آزمایش‌ها برای نمونه‌های MgO با ضخامت‌های مختلف و منبع انرژی‌های مختلف $26/3 \text{ keV}$ و $59/6 \text{ keV}$ انجام شد. به‌منظور بررسی اثر اشعه‌ی گاما بر روی ضریب تضعیف جرمی، همان‌طور که گفته شد، ضخامت‌های مختلف ۲، ۳ و ۴ میلی‌متر از MgO آماده شد. سپس یک دسته از این ضخامت‌ها توسط چشمه‌ی ^{60}Co میزان 100 Gy از دریافت نموده و پس از آن، برای هر نمونه با ضخامت خاص دو آزمایش طیف‌سنجی انجام شده‌است. ابتدا قبل از قرار دادن نمونه تعداد شمارش‌های پرتوهای گاما (I_0) برای ۳۰۰۰ ثانیه اندازه‌گیری شد. سپس با نگهداشتن نمونه بین منبع گاما و آشکارساز، شمارش اشعه‌های گامای منتقل‌شده از طریق نمونه، بدون هرگونه برهم‌کنشی (I) برای ۳۰۰۰ ثانیه اندازه‌گیری شد. پس از انجام آزمایش، لگاریتم مقادیر شدت $\ln(I_0/I)$ برای تمامی ضخامت‌های نمونه محاسبه شده و درنهایت، ضرایب تضعیف خطی با رسم نمودارهای $\ln(I_0/I)$ برحسب ضخامت نمونه برای هر دو حالت نمونه‌های قبل و بعد از تابش‌دهی محاسبه شده‌است.

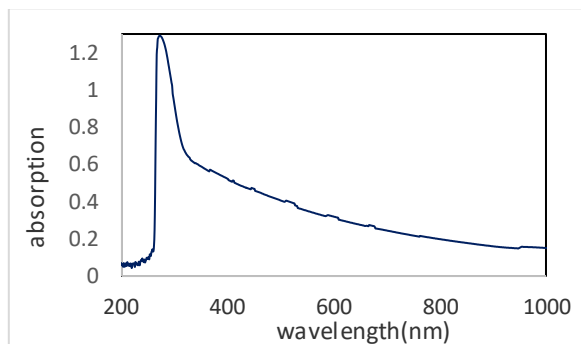


شکل ۱: چیدمان آزمایش استفاده شده برای اندازه‌گیری ضریب تضعیف جرمی نانوذرات MgO

۳- نتیجه و بحث

۳-۱- طیف UV-Vis

طیف UV-Vis نانوذرات MgO پراکنده شده در DMF ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر گرفته شده، که در شکل ۲ نشان داده شده‌است.



شکل ۲: طیف جذب UV-Vis نانوذرات MgO

شده‌است. رسوب حاصل شده در ۳۰۰۰ دور در دقیقه (rpm) به مدت ۵ دقیقه به‌منظور به دست آوردن Mg(OH)_2 سانتریفیوژ شده سپس آن را چند بار با آب مقطر شسته و در دمای ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک نموده‌ایم. پودر خشک شده درنهایت در ۴۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت کلسینه شده و نانوذرات اکسیدمنیزیم تولید شده‌است. سپس قرص‌هایی از نانوذرات سنتز شده با ضخامت ۲ میلی‌متر، ۳ میلی‌متر و ۴ میلی‌متر در فشار ۶۰ Bar را تولید نموده و یک دسته از این قرص‌ها را در معرض اشعه‌ی گامای ساطع شده از منبع ^{60}Co قرارداده و هرکدام میزان 100 Gy دز را دریافت نموده‌اند.

۳-۲- مشخصه‌های نانوذرات اکسیدمنیزیم

الگوهای پراش اشعه‌ی X (XRD) نانوذرات MgO توسط اشعه‌ی X ثبت شده‌است.

مشخصات دستگاه XRD مورد استفاده برای الگوهای پراش XRD به شرح زیر می‌باشد:

(Model: Philips, X'pert with Ni-filter Cu K α radiation, λ : 1.78901 Å, step size: 0.02°/s, voltage: 40 kV, current: 40 mA)

گاف انرژی نوری نمونه، توسط اسپکتروفتومتر UV-Vis (مدل T80) در محدوده‌ی طول‌موج ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر به دست آمده‌است.

۳-۳- اندازه‌گیری ضریب تضعیف جرمی

طرح چیدمان آزمایش استفاده شده برای اندازه‌گیری ضریب تضعیف جرمی در شکل ۱ نشان داده شده‌است. چیدمان از یک آشکارساز سوسوزن $2'' \times 2''$ CsI(Tl)، کلیماتور چشمه و کلیماتور آشکارساز ساخته شده‌است. کلیماتورها از استوانه‌های سربی با لوله‌ی خارجی ۱۹ سانتی‌متری و لوله‌ی داخلی ۱ سانتی‌متری ساخته شده‌اند.

سیستم طیف‌سنجی گاما با استفاده از اشعه‌ی گاما با انرژی‌های $26/3 \text{ keV}$ و $59/6 \text{ keV}$ از منبع ^{241}Am کالیبره شده‌است.

در این پژوهش، ضریب تضعیف جرمی و خطی نمونه‌ها را با استفاده از پرتوی گاما تخمین زده‌ایم. تابش جذب شده توسط معادله‌ی ۱ مشخص می‌شود.

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

که در آن I_0 تعداد ذرات تابشی شمارش شده در یک مدت زمان خاص و بدون هرگونه جذب می‌باشد. I شدت شمارش شده در همان زمان با وجود ضخامت x از جذب بین منبع تابش و آشکارساز است. μ نیز ضریب تضعیف خطی می‌باشد. ضریب تضعیف جرمی μ_m ، توسط معادله‌ی ۲ به دست می‌آید.

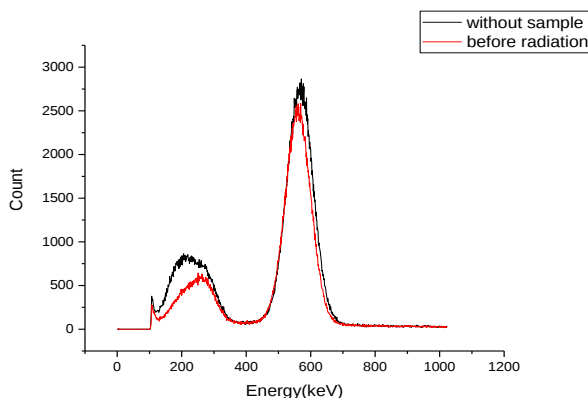
فوتونها باعث کاهش ضریب تضعیف جرمی می‌شود. مقادیر μ_m تجربی نانوذرات تابش‌نندیده MgO را با مقادیر تئوری میکروذرات محاسبه‌شده با استفاده از پایگاه داده‌ی NIST XCOM مقایسه کردیم [۹]. مشاهده نمودیم که نتایج برای نانوذرات تابش‌نندیده توافق خوبی با نتیجه‌ی میکروذرات ندارد. بنابراین این می‌تواند بیانگر این موضوع باشد که ضریب تضعیف جرمی علاوه بر اینکه به عدداتی مؤثر وابستگی است، به ابعاد و اندازه‌ی ذرات نیز وابسته می‌باشد. ضریب تضعیف جرمی نانوذرات، کوچک‌تر از میکروذرات است و این تفاوت در حدود ۱۵٪ می‌باشد.

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (3)$$

جدول ۱: ضریب تضعیف جرمی نانوذرات MgO در انرژی‌های مختلف گاما

Sample	$E_\gamma=26.3\text{keV}$	$E_\gamma=59.6\text{keV}$
MgO	0.9552	0.3132
MgO/Gamma	0.764	0.2888

از طرفی ازمقایسه‌ی ضریب تضعیف جرمی نانوذرات تابش‌دیده و نانوذرات تابش‌نندیده با استفاده از جدول ۱ و همچنین نمودارهای ۴ و ۵ که نشان‌دهنده‌ی طیف مربوط به هر دودسته از نانوذرات برای یک ضخامت خاص می‌باشند، می‌توان نتیجه گرفت که با دریافت دز توسط ماده، ضریب تضعیف جرمی آن کاهش می‌یابد.



شکل ۴: طیف نانوذرات تابش‌نندیده MgO با ضخامت ۴ میلی‌متر در حضور چشمه‌ی Am

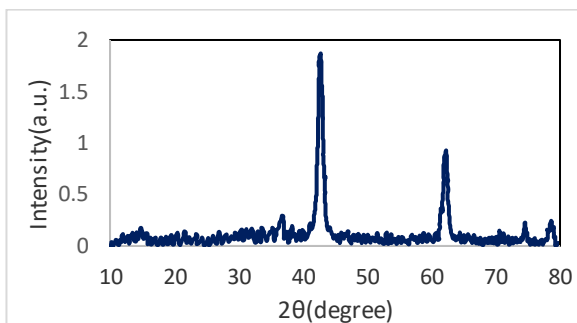
طیف جذبی UV-Vis نانوذرات MgO حداکثر جذب این نانوذرات را در ۲۷۳ نانومتر نشان می‌دهد. گاف انرژی نانوذرات تولید شده ۴/۵۴ eV به دست آمده است.

۳-۲- الگوی پراش اشعه‌ی ایکس

شکل ۳ الگوی XRD نانوذرات MgO را نشان می‌دهد. اندازه‌ی بلوری نانوذرات MgO ، D ، با استفاده از Debye-Scherrer (معادله‌ی ۳)، از قله‌ی اصلی پراش مربوطه محاسبه شده است.

که در آن k یک ثابت (۰/۹) است، λ طول موج پرتوی X استفاده شده می‌باشد (۰/۱۵۴۰۶ نانومتر).

θ نصف زاویه‌ی پراکندگی است (زاویه‌ی پراش براگ) و β پهنای کل در نصف ماکزیمم (ارتفاع) خط پراش پرتوی $(FWHM)X$ ، برحسب رادیان می‌باشد [۸].



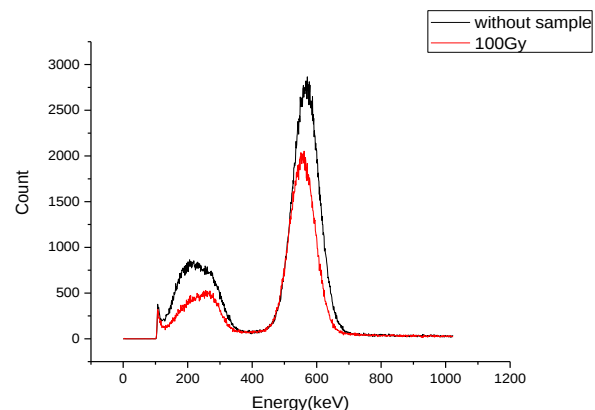
شکل ۳: الگوی XRD نانوذرات MgO

متوسط اندازه‌ی بلور محصول، ۲۰ نانومتر محاسبه شده است. قله‌های اصلی و غالب نانوذرات MgO در 2θ در ۳۶/۷ و ۴۲/۸ و ۲۶/۳ و ۷۴ و ۷۸/۱ قرار داده شده‌اند. حضور MgO شش‌ضلعی و مکعبی و قله‌ها را می‌توان به یک فاز خاص از MgO اختصاص داد. این نتایج در توافق خوبی با استاندارد کمیته‌ی مشترک استانداردهای قدرت پراش (JCPDC) و ۴۵- no: 0946 می‌باشند [۷].

۳-۳- آنالیز ضریب تضعیف جرمی

با استفاده از اندازه‌گیری دقیق I و I_0 و ρ (g/cm^3)، مقادیر μ_m برای نمونه‌های تابش‌دیده و تابش‌نندیده، در انرژی‌های گاما به دست آمده است. مقادیر μ_m تجربی برای نمونه‌های تابش‌نندیده با مقادیر تئوری محاسبه شده با استفاده از NIST XCOM مقایسه شده‌اند. جدول ۱ ضریب تضعیف جرمی نانوذرات MgO را برای ۲۶/۳ keV و ۵۹/۶ keV فوتون بر ضخامت‌های هدف در حالت تابش‌دیده و تابش‌نندیده نشان می‌دهد. افزایش ضخامت‌ها به معنای برهم‌کنش بیشتر فوتونها و نمونه است به طوری که نتایج متفاوت‌تری وجود دارد. مشاهده می‌کنیم که افزایش انرژی

- [4] M. Amin Alavi, A. Morsali, *Ultrasonics Sonochemistry*, 17, (2010).
- [5] B. Oto, A. Gür, *International Journal of Physical Science*, 7(44), (2012).
- [6] L.M Chaudhari, D.V Raje, *Agriculture and Forestry Science*, 1(2), 20-25, (2013).
- [7] S. Jorfi, G. Barzegar, M. Ahmadi, R. Darvishi, C. Soltani, N. Jafarzadeh Haghighifard, A. Takdastan, R. Saeedi, Me. Abtahi, *Environmental Management*, 177, 111-118, (2016).
- [8] E. Saievar Iranizad, Z. Dehghani, M. Nadafan, *Molecular Liquids*, 190, 6-9, 2014.
- [9] National Institute of Standard and Technology, Physical Measurements Laboratory, XCOM Photon Cross-Section Database, <http://Physics.nist.gov/PhysRefData/Xcom/html/xcom1.html>.



شکل ۵: طیف نانوذرات تابش‌دیده‌ی MgO با ضخامت ۴ میلی‌متر در حضور چشمه‌ی Am

۴- نتیجه‌گیری

ویژگی‌های اپتیکی نانوذرات ساخته‌شده، توسط اسپکتروسکوپی UV-Vis و پراش پرتوی X (XRD)، برای پیدا کردن گاف انرژی و تخمین سایز نانوذرات با استفاده از فرمول Debye_scherrer مشخصه‌یابی می‌شوند.

ضریب تضعیف جرمی ضخامت‌های مختلف نانوذرات MgO (حالتی که ۱۰۰ Gy از دریافت نموده و حالتی که هیچ‌گونه دزی دریافت ننموده‌اند)، با استفاده از انرژی‌های مختلف ۲۶/۳ keV و ۵۹/۶ keV اندازه‌گیری شد و هم‌چنین مقادیر به دست آمده‌ی تجربی برای حالت قبل از تابش‌دهی با مقادیر تئوری میکرو حالت‌ها که با استفاده از NIST XCOM محاسبه شده‌اند، مقایسه شد. از طرفی در این تحقیق، رابطه‌ی بین انرژی فوتون و ضریب تضعیف جرمی و هم‌چنین وابستگی ضریب تضعیف جرمی به پارامترهای دیگر تحقیق شد و به بررسی اثر پرتودهی مواد بر روی ضریب تضعیف جرمی آن‌ها از طریق مقایسه‌ی بین ضریب تضعیف جرمی ذرات تابش‌دیده و ذرات تابش‌ندیده نیز پرداخته شد.

۵. منابع

- [1] G. Nabiyouni, P. Boroojerdian, K. Hedayati, D.Ghanbari, *High Temp.Mater.Proc*, 31, 723–725, (2012).
- [2] Z. Q.Mamiyev, N. O.Balayeva, *optical Materials*, 46, 522-525, (2015).
- [3] M.R. Bindhu, M. Umadevi, M. Kavin Micheal, Mariadhas Valan Arasu, Naif Abdullah Al-Dhabi, *Materials letters*, 166, 19-22, (2016).