



ساخت و مشخصه‌یابی نانوکامپوزیت $PbO/Pb(Al_2O_4)$ به منظور استفاده در حفاظ‌سازی پرتوهای یونیزان

یزدانی دارکی، سپیده*^(۱) - اسلامی کلانتاری، محمد^(۱) - زارع، حکیمه^(۲)

^۱ یزد، دانشگاه یزد، دانشکده فیزیک، بخش فیزیک هسته‌ای

^۲ یزد، دانشگاه یزد، دانشکده فیزیک، بخش ماده چگال

چکیده:

به منظور ساخت حفاظ‌های شخصی در برابر پرتوهای یونیزان، نانومیله‌های سرب اکسید بر روی نانوکامپوزیتی از آلومینیوم با اندازه دانه‌ی نانومتری با روش رسوب قلیایی ساخته شدند. اندازه دانه و تصویر نانومیله‌ها و نانوکامپوزیت با استفاده از پراش پرتو ایکس و میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد بررسی قرار گرفت. اندازه‌ی نانومیله‌های سرب اکسید حدود 75 nm و در ساختار نانوکامپوزیت $PbO/Pb(Al_2O_4)$ به عنوان تقویت‌کننده استفاده شد. میزان تضعیف پرتوهای یونیزان در هر دو نمونه‌ی مت‌شکل از نانومیله‌های سنتز شده و نانوکامپوزیت $PbO/Pb(Al_2O_4)$ تقریباً یکسان ولی حفاظ نانوکامپوزیت $PbO/Pb(Al_2O_4)$ از لحاظ وزنی سبکتر می‌باشد.

کلمات کلیدی: نانومیله، سرب اکسید، نانوکامپوزیت و $Pb(Al_2O_4)$.

Synthesis and Characterization of $PbO/Pb(Al_2O_4)$ Nanocomposite to use in ionizing radiation shielding

Yazdani Darki, Sepideh¹; Eslami-Kalantari, Mohammad¹; Zare, Hakimeh²

¹ Division of Nuclear Physics, Faculty of Physics, Yazd University, Yazd

² Division of Solid state, Faculty of Physics, Yazd University, Yazd

Abstract:

In order to manufacture the personal ionizing radiation shielding, lead oxide nanorods on an aluminum nanocomposite with grain size in nanometer range have been synthesized using alkali precipitation method. The grain size and morphology of nanorods and nanocomposite have been investigated by X-ray diffraction and scanning electron microscopy. The size of the lead oxide nanorods is about 75 nm which it can be use in nanocomposite structure $PbO/Pb(Al_2O_4)$ as an amplifier. The attenuation of ionizing radiation in both samples of synthesized nanorods and nanocomposite $PbO/Pb(Al_2O_4)$ are the same but nanocomposite shielding is lighter than the other.

Key words: Nanorod, Lead oxide, nanocomposite, $Pb(Al_2O_4)$.

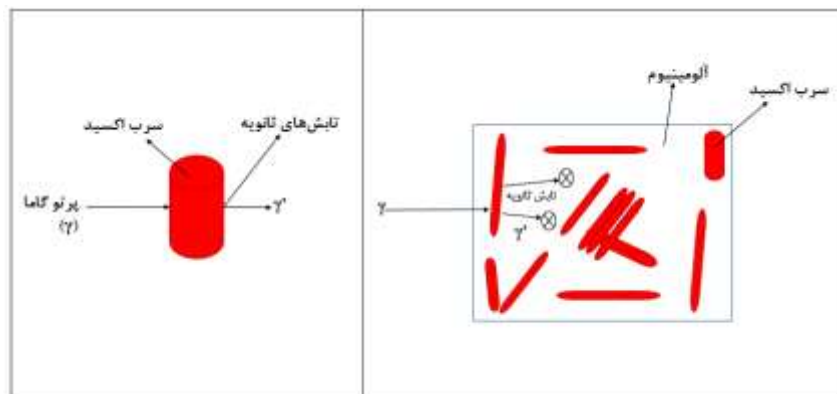


مقدمه:

نانوکامپوزیت‌ها به عنوان یکی از شاخه‌های فناوری جدید، اهمیت بسیاری یافته‌اند و یکی از زمینه‌های تحقیقاتی فعال به شمار می‌آیند. نانوکامپوزیت ماده‌ای است که دست کم یکی از اجزای تشکیل دهنده آن دارای بعد زیر 100 nm می‌باشد. پودرهای نانوکامپوزیتی نیز وجود دارند که شامل چندین نوع پودر گوناگون با اندازه‌هایی در محدوده نانومتری هستند. اندازه در این مواد بسیار مهم است. بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی با کوچک شدن اندازه ذرات بهبود می‌یابد. تقویت کننده‌های نانومتری به دلیل داشتن نسبت سطح به حجم بالا و ورود اندازه ذرات و اثرات کوانتومی از اهمیت فراوانی برخوردار هستند. افزایش نسبت سطح به حجم، باعث غلبه‌ی رفتار اتم‌های واقع در سطح ذره به رفتار اتم‌های درونی می‌شود. علاوه بر آن، بر ویژگی‌های ذره منفرد و بر تعاملات آن با دیگر مواد داخل نانوکامپوزیت اثر می‌گذارد. افزایش سطح، واکنش‌پذیری نانوذرات را به شدت افزایش می‌دهد. به این علت است که تعداد مولکول‌ها یا اتم‌های موجود در سطح در مقایسه با تعداد اتم‌ها یا مولکول‌های موجود در توده‌ی نمونه بسیار زیاد است، به گونه‌ای که این ذرات به شدت تمایل به کلوخه‌ای شدن دارند [۱]. با افزودن نانومواد در ساختار نانوکامپوزیت‌ها و تشکیل نانوکامپوزیت، از کلوخه شدن آن‌ها جلوگیری می‌شود.

با توجه به نوع پرتو یونیزان، از عناصر مختلفی برای ساخت حفاظ می‌توان استفاده کرد. سرب از عناصر مرسوم است که برای تضعیف پرتوهای یونیزان در ساختار ماده‌ی حفاظ به کار می‌رود و این عنصر در طبیعت به وفور یافت می‌شود. سرب اکسید یکی از مواد نیمه هادی مهم در صنعت است که در زمینه‌های مختلف مانند باتری‌ها، رنگدانه‌ها، حسگرهای گازی، صنایع شیشه و حفاظ سازی پرتوهای یونیزان کاربرد فراوان دارد. از طرفی، سرب اکسید یکی از مواد مهم برای ساخت حفاظ‌های پرتوهای یونیزان است که اخیراً از نانو ساختارهای سرب اکسید به دلیل داشتن نسبت سطح به حجم بالا، به منظور تضعیف پرتوهای یونیزان استفاده شده است [۲]. مسئله‌ای که در بحث سرب اکسید وجود دارد ایجاد پرتوهای ثانویه در اثر برهمکنش پرتوهای الکترونی با عناصر سنگین (دارای Z بالا) است. برای این منظور می‌توان از آلومینیوم که ماده‌ی ارزان و مناسبی است به عنوان جاذب پرتوهای ثانویه استفاده کرد [۳]. تاکنون گزارش‌های مختلفی در مورد ساخت نانو ساختارهای سرب اکسید انجام شده است [۴-۷] اما در زمینه‌ی ساخت و شبیه‌سازی نانو ساختارهای ترکیبی سرب اکسید/آلومینیوم گزارش کمی وجود دارد. نگارندگان این مقاله، قبلاً نانومیل‌های هسته-پوسته‌ی سرب اکسید/آلومینیوم اکسید پخش شده در زمینه‌ی پلی‌استر با کد MCNPX را شبیه‌سازی کرده‌اند و اثر ضخامت نانومیل‌های سرب اکسید و ضخامت پوسته‌ی آلومینیوم اکسید بر میزان پرتوهای گاما و الکترون را نیز بررسی نموده‌اند [۸]. وجود نانومیل‌های سرب اکسید باعث تضعیف حدود $56,66\%$ در صد و وجود آلومینیوم اکسید

سبب می‌شود تا پرتوهای ثانویه‌ی ایجاد شده در اثر برخورد با پرتو با هسته سرب اکسید، توسط پوسته‌ی آلومینیوم اکسید جذب شود و میزان تضعیف حدود ۱/۵ برابر افزایش یابد. شکل ۱ طرح‌واره‌ای از تابش پرتوی گاما به نانومیله‌های سرب اکسید و نانوکامپوزیت نانومیله‌های سرب اکسید و آلومینیوم را نشان می‌دهد. در این پژوهش نانوکامپوزیت $PbO/Pb(Al_2O_4)$ به روش شیمیایی ساخته شده و خواص فیزیکی و ساختاری آن مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل (۱): طرح‌واره‌ی تابش گاما به نانومیله‌ی سرب اکسید و نانوکامپوزیت نانومیله‌ی سرب اکسید-آلومینیوم

روش کار:

مواد

در طول فرایند ساخت، از پیش‌ماده‌های استات سرب تری هیدریت^۱ (۹۹/۵ درصد)، آلومینیوم نیترات نانوهیدریت^۲ (۹۸/۵ درصد) خریداری شده از شرکت سیگما آلد ریچ و سدیم هیدروکسید (۹۹ درصد) خریداری شده از شرکت مرک آلمان بدون هیچ‌گونه خالص‌سازی استفاده شد.

روش آزمایش

۱- ساخت نانومیله‌های سرب اکسید

۰/۵ mol، استات سرب تری هیدریت در ۵۰ ml آب مقطر تحت هم‌زدن اضافه شد تا محلول شفاف

^۱Lead Acetate Trihydrate

^۲Aluminum nitrate nonahydrate



به دست آید. سپس به محلول حاصل قطره قطره محلول سدیم هیدروکسید اضافه شد تا pH مطلوب حاصل شود. سپس نمونه حاصل به مدت ۹ ساعت در دمای محیط تحت همزدن قرار گرفت. در طی این فرایند ابتدا محلول شیرین رنگ و سپس رسوب سفید رنگی ایجاد شد. نمونه حاصل پس از فیلتر کردن سه مرتبه با آب و سه مرتبه با اتانول شستشو و ۲ ساعت در دمای ۱۰۰°C خشک شد و در نهایت، پودر نانو سرب اکسید حاصل در کوره با دمای ۲۴۰°C به مدت ۲ ساعت حرارت دهی شد.

۲- ساخت نانوکامپوزیت $PbO/Pb(Al_2O_4)$

پودر نانومیله سرب اکسید به ۵۰ ml آب مقطر افزوده و روی همزن مغناطیسی قرار گرفت تا محلول یک‌دستی حاصل شود. سپس به نسبت یک به دو، پودر آلومینیوم نیترات نانو هیدریت اضافه و در نهایت به مدت یک ساعت در دمای محیط همزده شد. نمونه حاصل پس از فیلتر کردن سه مرتبه با آب و سه مرتبه با اتانول شستشو شد و سپس به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۰۰°C خشک شد و در نهایت، پودر حاصل در کوره با دمای ۲۴۰°C به مدت ۲ ساعت حرارت دهی شد.

۳- ساخت قرص نمونه‌ها

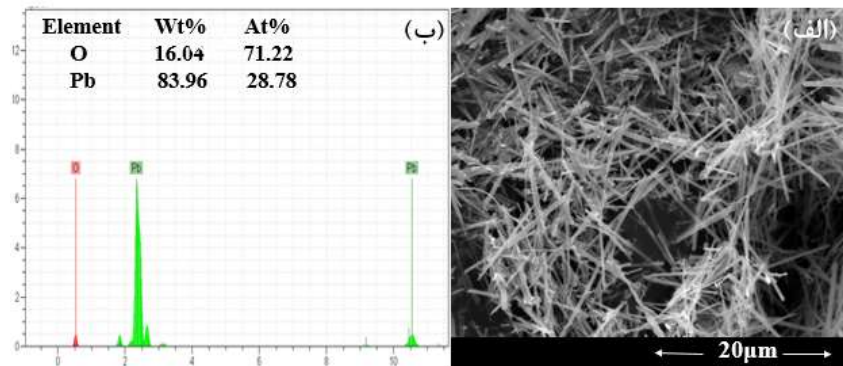
جهت اندازه‌گیری قدرت تضعیف نانومیله‌های ساخته شده در برابر پرتوهای یونیزان و به منظور تهیه نمونه‌ی قرصی شکل، به ترتیب از ۰/۵ و ۰/۳ گرم پودر نانومیله‌های سرب اکسید و $PbO/Pb(Al_2O_4)$ جهت ساخت قرص‌هایی به ضخامت ۱ mm استفاده کردیم. به منظور اندازه‌گیری میزان تضعیف پرتوهای گاما توسط این قرص‌ها، چیدمانی از چشمه‌ی رادیوم ۲۲۶، شمارشگر پنجره‌ای گایگر-مولر و دستگاه شمارنده‌ی P ترتیب دادیم. قرص‌های ساخته شده در مقابل چشمه قرار داده و تعداد ذرات عبوری از قرص‌ها به مدت ۳۰ ثانیه برای ۱۰ مرتبه به ازای هر ضخامت شمارش شد. میانگین داده‌های حاصل را از تابش متوسط زمینه کم کردیم.

نتایج و بحث

۱- نانومیله‌های سرب اکسید

تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه نانومیله‌های سرب اکسید در شکل (۲-الف) نشان می‌دهد نانومیله‌های سرب اکسید با اندازه متوسط ۷۵ nm و طول متوسط ۳۰ μm ساخته شده‌اند. طیف پراش انرژی پرتوی ایکس نمونه‌ها نشان می‌دهد (شکل ۲-ب) که عناصر سازنده سرب و اکسیژن است و در نمونه ناخالصی مشاهده

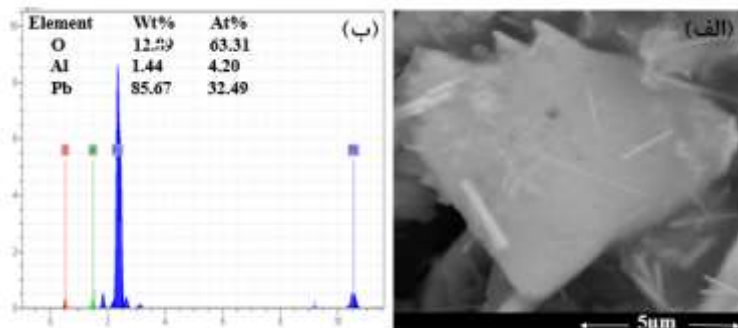
نمی‌شود. طبق نتایج گرفته شده از آنالیز طیف پراش پرتو ایکس از نانومیله‌ها، نانومیله‌های سرب اکسید در ساختار بلوری تتراگونال و اورتورومبیک متبلور شده است. اندازه متوسط بلورک‌ها بر اساس رابطه دبای شرر 40 nm محاسبه شده است.



شکل (۲): (الف) تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی و (ب) طیف پراش انرژی پرتوی ایکس نانومیله‌ی سرب اکسید

۲- نانوکامپوزیت $\text{PbO/Pb(Al}_2\text{O}_4)$

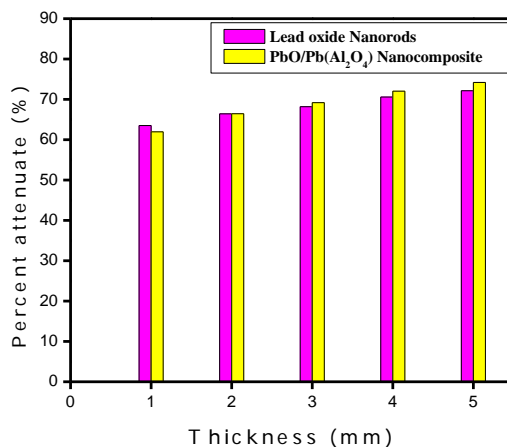
تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی پودر نانوکامپوزیت در شکل (۳-الف) نشان می‌دهد که نانومیله‌های سرب اکسید در زمینه‌ی $\text{Pb(Al}_2\text{O}_4)$ شکل گرفته‌اند. نانومیله‌های سرب اکسید با قطر متوسط 45 nm با طول متوسط $10 \mu\text{m}$ در زمینه‌ی نانوکامپوزیت توزیع شده است. در طول فرایند ساخت نانوکامپوزیت و پخت، اندازه‌ی نانومیله‌های سرب اکسید کاهش یافته و در ساختار زمینه با آلومینیوم ترکیب شده‌اند. طیف پراش انرژی پرتوی ایکس نمونه‌ها نشان می‌دهد (شکل ۳-ب) که عناصر سازنده سرب و اکسیژن و آلومینیوم است و در نمونه ناخالصی دیگری مشاهده نمی‌شود. طبق نتایج آنالیز طیف پراش پرتو ایکس فاز تقویت کننده‌ی نانومیله‌های سرب اکسید در ساختار بلوری اورتورومبیک و تتراگونال متبلور شده است و فاز زمینه $\text{Pb(Al}_2\text{O}_4)$ دارای ساختار بلوری مونوکلینیک است. اندازه متوسط بلورک‌ها 56 nm محاسبه شده است.



شکل (۳): (الف) تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی و (ب) طیف‌سنج پراش انرژی پرتوی ایکس نانوکامپوزیت PbO/Pb(Al₂O₄)

۳- درصد تضعیف نانومیله‌های سرب اکسید و نانوکامپوزیت PbO/Pb(Al₂O₄)

پس از ساخت نانومیله‌های سرب اکسید به روش رسوب‌دهی شیمیایی، با کمک دستگاه پرس، قرص‌هایی با ضخامت ۱ mm ساخته شد. نتایج نشان می‌دهد که با تنها قرار دادن قرص با ضخامت ۱ mm تضعیف، ۶۳ درصد است که با افزایش ضخامت تا ۵ mm میزان کل تضعیف به ۷۲ درصد می‌رسد. بیشترین تضعیف مربوط به ضخامت‌های اولیه می‌باشد. نتایج قرص‌های نانوکامپوزیت PbO/Pb(Al₂O₄) نشان می‌دهد که در ضخامت ۱ mm میزان تضعیف، ۶۱ درصد می‌باشد که با افزایش ضخامت تا ۵ mm میزان کل تضعیف به ۷۴ درصد می‌رسد. درصد تضعیف این نمونه‌ها تقریباً یک‌سان می‌باشد ولی از لحاظ وزنی، نانوکامپوزیت PbO/Pb(Al₂O₄)، ۴۴ درصد سبک‌تر است. میزان درصد تضعیف قرص‌های نانومیله‌های سرب اکسید و نانوکامپوزیت PbO/Pb(Al₂O₄) را می‌توان در شکل (۴) مشاهده کرد.





شکل ۴: میزان درصد تضعیف قرص‌های نانومیله‌های سرب اکسید و نانوکامپوزیت $PbO/Pb(Al_2O_4)$.

بحث و نتیجه‌گیری:

از ساختارهای پیشرفته مانند نانوکامپوزیت‌ها، می‌توان برای افزایش قابلیت‌های نانومواد به خصوص در زمینه حفاظ‌های پرتوهای یونیزان استفاده کرد. در این پژوهش نانومیله‌های سرب اکسید با اندازه قطر متوسط ۷۵ nm ساخته شدند و در ساختار نانوکامپوزیت $PbO/Pb(Al_2O_4)$ به عنوان تقویت کننده استفاده شد. نتایج تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان می‌دهد که نانومیله‌های سرب اکسید به خوبی در فاز زمینه بدون هیچ‌گونه کلوخه شدن پخش شده‌اند. براساس نتایج حاصل از پراش اشعه ایکس، ساختار زمینه ترکیب سرب و آلومینیوم ($Pb(Al_2O_4)$) است که این نشان می‌دهد در طول فرایند ساخت و حرارت‌دهی نانوکامپوزیت، سرب در ساختار زمینه آلومینیوم نفوذ کرده است. نانوکامپوزیت ساخته شده قابلیت تضعیف برای کاربرد در حفاظ‌های پرتوهای یونیزان را دارد اما از لحاظ وزنی نسبت به حفاظ نانومیله‌های سرب اکسید سبک‌تر می‌باشد.

مراجع:

- [۱] م. ملک‌دار، "انواع کامپوزیت‌ها و روش‌های تولید"، مجله پلیمر ایران، ۱۳۹۰.
- [۲] س. یزدانی دارکی، م. اسلامی کلانتری، ح. زارع، "ساخت و مشخصه‌یابی نانوصفحه‌های اکسید سرب به روش سونوشیمی: اثر ماده‌ی فعال کننده‌ی سطحی"، مجله نانومقیاس، تهران، پاییز ۱۳۹۷، شماره سوم، سال پنجم، ۲۵-۳۳ صفحه.
- [3] S. Kim, M. S. Kim, G. Nam and J. Y. Leem, "Structural and blue emission properties of Al-doped ZnO nanorod array thin films grown by hydrothermal method," *Electronic Materials Letters*, vol. 8.4 (2012) 445-50.
- [4] K. T. Arulmozhi, N. Mythili, "Studies on the chemical synthesis and characterization of lead oxide nanoparticles with different organic capping agents," *AIP advances*, vol. 3 (2013) 122122-122129.
- [5] M. Salavati-Niasari, F. Mohandes, F. Davar, "Preparation of PbO nanocrystals via decomposition of lead oxalate," *Polyhedron*, vol. 28(2009) 2263-2267.
- [6] M. A. Shah, "Lead oxide (PbO) nanoparticles prepared by a new technique for biomedical applications," *International journal of biomedical nanoscience and nanotechnology*, vol. 1 (2010) 3-9.
- [7] A. V. Borhade, D. R. Tope, B. K. Uphade, "An efficient photocatalytic degradation of methyl blue dye by using synthesised PbO nanoparticles," *Journal of chemistry*, vol. 9 (2012) 705-715.
- [۸] س. یزدانی دارکی، م. اسلامی کلانتری، ح. زارع، "طراحی نانوکامپوزیت نانومیله‌های هسته-پوسته‌ی سرب اکسید/آلومینیوم اکسید پخش شده در بستر پلی‌استر به عنوان حفاظ در برابر پرتوهای گاما و الکترون." بیست و چهارمین کنفرانس هسته‌ای ایران، ۲ و ۳ اسفندماه، دانشگاه اصفهان، ۱۳۹۶.