

بررسی خواص اپتیکی نانوکامپوزیت طلا- اکسید روی

المیرا صولتی، داود درانیان

آزمایشگاه لیزر، مرکز تحقیقات فیزیک پلاسما، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

چکیده - در این پژوهش، نانوکامپوزیت طلا-اکسید روی، توسط تابش لیزر پالسی نئودیمیوم-یاگ با طول موج ۵۳۲ نانومتر بر مخلوط حجم های متفاوتی از محلولهای نانوذرات طلا و نانوذرات اکسید روی، تولید شد. نانوذرات اکسید روی و طلا جداگانه به روش کندوسوز لیزر به ترتیب با استفاده از ورقهای روی و طلا در آب مقطر تولید شدند. نتایج نشان داد که در مقایسه با نانوذرات طلا، قله پلاسمونی نانوکامپوزیت طلا-اکسید روی پهن تر شده است و جا به جایی به سمت قرمز داشته است. طیف فتولومینسانس نانوکامپوزیت طلا-اکسید روی، گسیل قوی در ناحیه مرئی همراه با انتشار در باند فرابنفش را نشان می دهد.

کلید واژه- کندوسوز لیزر، تابش لیزر، نانوکامپوزیت طلا-اکسید روی، گاف انرژی.

Investigation of optical properties of Au-ZnO nanocomposite

Elmira Solati, Davoud Dorrnian

Laser Lab., Plasma Physics Research Center, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran

Abstract- In this investigation, Au-ZnO nanocomposite has been produced by irradiating the different volumetric ratio mixture of Au and ZnO nanoparticle suspensions with the beam of Nd:YAG pulsed laser at 532 nm. Zinc oxide and gold nanoparticles were synthesized separately using pulsed laser ablation of Zn and Au plates in deionized water respectively. Results show that in comparison with pure Au nanoparticles the plasmon peak in Au-ZnO nanocomposite was red-shifted and broadened. The room temperature photoluminescence spectra of Au-ZnO nanocomposite show intense visible emission along with the emission in UV band.

Keywords: Laser ablation, Laser irradiation, Au-ZnO nanocomposite, Energy gap.

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

۱- مقدمه

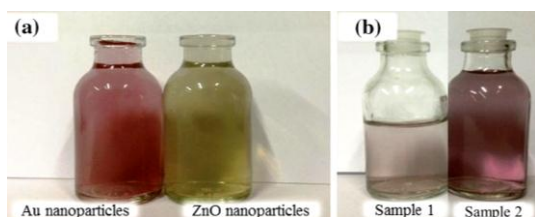
روش های مختلفی برای سنتز نانو ذرات گزارش شده است، در این میان کندوسوز لیزری فرآیندی مهم جهت تولید نانوذرات در محیط مایع است در این روش نانوذرات بدون وارد کردن ناخالصی تولید می شوند و با تغییر مشخصات پرتو لیزر می توان اندازه نانوذرات را کنترل کرد. یکی از کاربردهای لیزر در ساخت نانوذرات، استفاده از برهمکنش لیزر با مخلوطی از نانوذرات دو یا چند ماده و ساخت کامپوزیتی از آنها می باشد. در حین تابش لیزر در اثر فرآیند های ذوب و نفوذ، مواد با یکدیگر مخلوط شده و تشکیل کامپوزیت را می دهند.

در این آزمایش، ابتدا نانوذرات اکسید روی و طلا را به روش کندوسوز لیزری تولید کردیم و اثر نسبت حجمی محلول های نانوذرات تولید شده را، بر روی نانوکامپوزیت Au-ZnO مورد بررسی قرار دادیم.

۲- روش آزمایش

برای تولید نانوذرات اکسید روی و طلا، از لیزر نئودیم-یاگ (Nd:YAG) با مدل Spectro Q-Pluse A با طول موج ۱۰۶۴ نانومتر استفاده شد. این لیزر با استفاده از یک کریستال کوآرتز Q سوئیچ شده و پالسی می گردد. پهنای پالس لیزر ۷ نانوثانیه و فرکانس تکرار پالس های لیزر ۵ هرتز انتخاب شد. شرایط آزمایش به این ترتیب بود که، ورق فلز روی و طلا هر یک به صورت جداگانه در یک بشر پر شده با آب مقطر قرار داده شد و به ترتیب، تحت تابش ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ پالس لیزر با چگالی انرژی ۲ ژول بر سانتی متر مربع قرار گرفتند. در این آزمایش پرتو لیزر با قطر ۶ میلی متر با استفاده از یک عدسی با فاصله کانونی ۸۰ میلی متر متمرکز شد. برای تولید نانوکامپوزیت Au-ZnO، نانوذرات اکسید روی و نانوذرات طلا تهیه شده را در نسبت حجمی مختلف باهم مخلوط می کنیم و تحت تابش لیزر نئودیم-یاگ (Nd:YAG) با طول موج ۵۳۲ نانومتر قرار می دهیم. در این آزمایش مخلوط مورد نظر تحت تابش ۵۰۰۰ پالس لیزر با چگالی انرژی ۰/۵ ژول بر سانتی متر مربع قرار گرفت. انتخاب طول موج ۵۳۲ نانومتر به این علت است که نانوذرات طلا جذب پلاسmoni قوی ای در نزدیکی ۵۲۰ نانومتر دارند و باعث گرم شدن این نانوذرات و پیوند با نانو ذرات اکسید روی اطراف آن می شود. در این تحقیق محلول های نانوذرات

طلا و نانوذرات اکسید روی در دو نسبت حجمی ۲ به ۱ (نمونه ۱)، و ۲ به ۱ (نمونه ۲) مخلوط می شوند. به عبارت دیگر ۱۰ میلی لیتر محلول نانوذرات اکسید روی، در نمونه ۱ الی ۲ به ترتیب با ۵، و ۲۰ میلی لیتر از محلول نانوذرات طلا مخلوط شد. تصاویر از محلول های نانو ذرات طلا، و اکسید روی و نانوکامپوزیت Au-ZnO در شکل ۱ ارائه شده است.



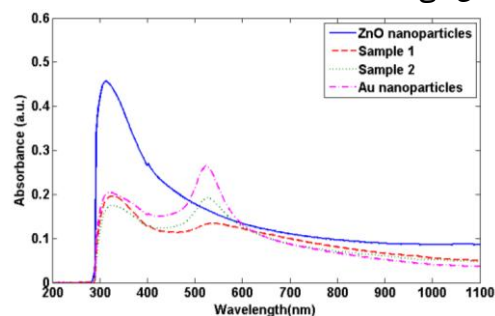
شکل ۱: (a) نانوذرات اکسید روی و نانوذرات طلا تولید شده توسط کندوسوز لیزری (b) نمونه های نانوکامپوزیت Au-ZnO تولید شده در نسبت های حجمی مختلف از نانو ذرات اکسید روی و طلا.

با استفاده از دستگاه طیف سنج اسپکتروفتومتر PG instruments Ltd تغییر در طیف جذبی امواج الکترومغناطیسی نانوکامپوزیت Au-ZnO در بازه طول موج ۲۰۰ تا ۱۱۰۰ نانومتر بررسی شد. برای بررسی شکل و اندازه نانوکامپوزیت های تولید شده از میکروسکوپ الکترون عبوری (TEM) (Zeiss-EM101C-80 kV) استفاده شد. طیف تبدیل فوریه عبوری نمونه ها در محدوده مادون قرمز (FTIR) در بازه عددی موج ۴۰۰ تا ۴۰۰۰ بر سانتی متر با مدل Nexus 870 اندازه گیری شد. برای بررسی خصوصیات فوتولومینسانس نانوکامپوزیت Au-ZnO تولید شده، دستگاه طیف سنج Cary Eclipse که مجهز به لامپ زنون است، مورد استفاده قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

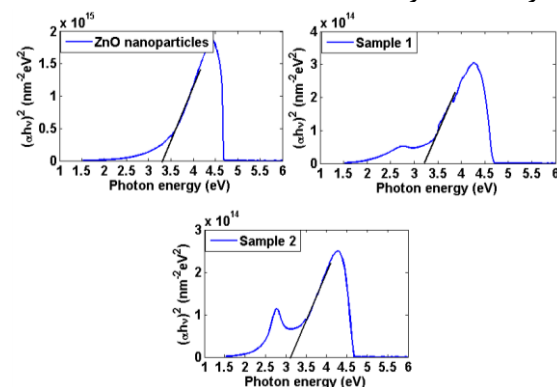
در شکل ۲ طیف جذبی نانوذرات اکسید روی، نانوذرات طلا و نانوکامپوزیت Au-ZnO نشان داده شده است. برای نانوذرات طلا دو قله در نواحی فرابنفش و مرئی مشاهده می شود که به ترتیب مربوط به گذار بین نواری و نوسانات رزونانس پلاسمون سطحی در نانوذرات طلا می باشد [۱]. قله پلاسmoni نانوذرات طلا در طول موج ۵۲۴ نانومتر می باشد. قله جذب UV حاصل از جذب اکسیتون نانو ذرات اکسید روی در طول موج ۳۱۶ نانومتر مشاهده می شود. طیف جذبی نانوکامپوزیت های Au-ZnO، یک قله جذبی

در ناحیه فرابنفش و یک قله پلاسمونی در ناحیه مرئی را نشان می دهند.



شکل ۲: طیف جذبی نانوذرات اکسید روی، نانوذرات طلا و نانوکامپوزیت Au-ZnO.

در نمونه ۱، شدت نوسانات پلاسمونی بسیار پایین است و قله جذب پلاسمونی آن ناشی از کم بودن مقدار حجمی نانوذرات طلا در این نمونه بسیار ضعیف است و همچنین قله پهنی در محدوده طول موجی ۵۳۶ نانومتر مربوط به نوسانات رزونانس پلاسمون سطحی نانوذرات طلا مشاهده می شود. مکان این قله پلاسمونی با افزایش مقدار حجمی نانوذرات طلا به طول ۵۲۲ نانومتر جا به جا شده است و شدت آن نیز افزایش یافته است. از سوی دیگر، در این نانوکامپوزیت ها قله جذبی دیگری در ناحیه UV در طول موج ۳۲۴ نانومتر ناشی از جذب اکسیژنی نانوذرات اکسید روی مشاهده می شود. جا به جایی در جهت قرمز قله پلاسمونی نانوکامپوزیت های Au-ZnO، به علت جفت شدگی بسیار قوی بین طلا و اکسید روی می باشد. در این تحقیق، با استفاده از معادله Tauc، گاف انرژی نمونه ها را محاسبه گردید.

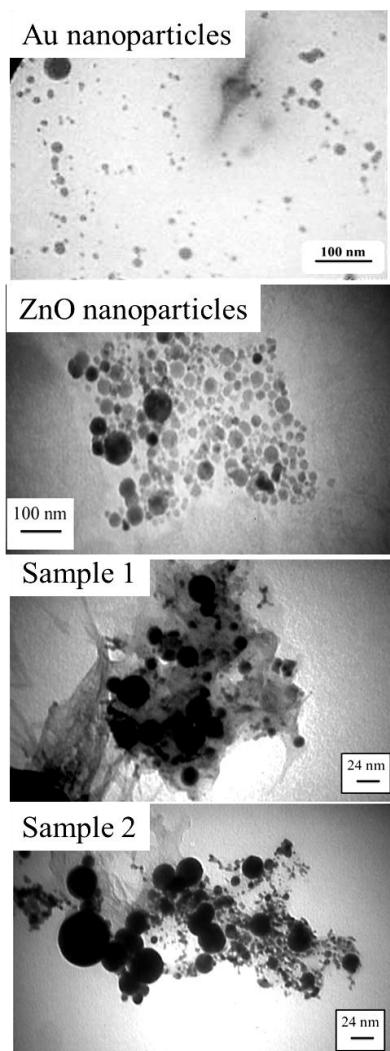


شکل ۳: نمودار $(\alpha E)^2$ بر اساس انرژی فوتون.

برای محاسبه گاف انرژی، مطابق با آنچه در شکل ۳ نشان داده شده است، با رسم خط مماس بر منحنی، $(\alpha h\nu)^2$ بر

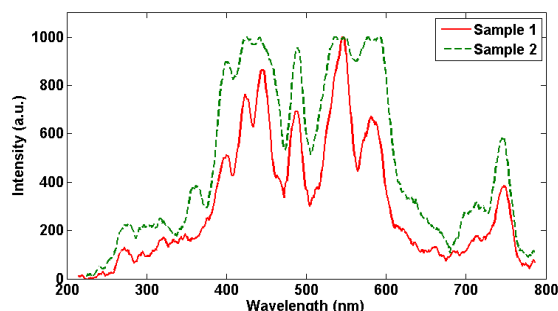
حسب $h\nu$ و بدست آوردن محل تقاطع با محور انرژی، مقدار گاف انرژی محاسبه می شود. با استفاده از این روش، گاف انرژی برای نانوذرات اکسید روی، ۳/۴۲ الکترون ولت بدست آمد، و برای نمونه های ۱ و ۲ به ترتیب برابر ۳/۲۷، و ۳/۱۵ الکترون ولت به ترتیب محاسبه شد. همانطور که مشاهده می شود با افزایش مقدار حجمی نانوذرات طلا، گاف انرژی نانوکامپوزیت های Au-ZnO، کاهش یافت، که ناشی از اضافه شدن فلز به این نانوکامپوزیت است.

تصاویر TEM از نانوذرات اکسیدروی، نانوذرات طلا و نانوکامپوزیت های Au-ZnO تولید شده، در شکل ۴ نمایش داده شده است.



شکل ۴: تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری از نانوذرات اکسید روی، نانوذرات طلا و نانوکامپوزیت Au-ZnO.

تصاویر TEM نشان می دهد که نانوذرات اکسیدروی، طلا و نانوکامپوزیت های Au-ZnO، تولید شده تقریباً کروی



شکل ۵: طیف فوتولومینسانس نانوکامپوزیت های Au-ZnO

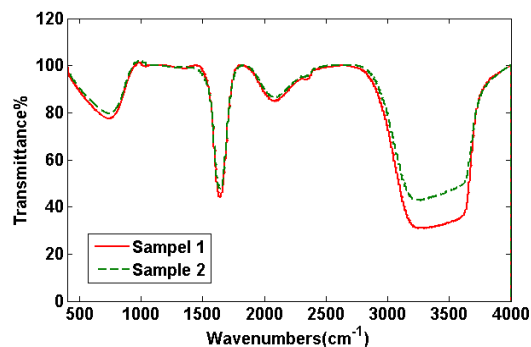
۴- نتیجه‌گیری

نانوذرات اکسید روی و طلا به روش کندوسوز لیزری، تولید شدند و در نهایت با مخلوط کردن محلول این نانوذرات و تابش لیزر با طول موج ۵۳۲ نانومتر که نزدیک مکان قله جذبی نانوذرات طلا است، نانوکامپوزیت های Au-ZnO را تولید کردیم و تأثیر مقدار حجمی نانوذرات طلا، بر روی خصوصیات نمونه ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد در مقایسه با نانوذرات طلا، قله پلاسمونی نانوکامپوزیت طلا-اکسید روی به سمت طول موج های بزرگتر جا به جا شده است. جا به جایی در جهت قرمز قله پلاسمونی نانوکامپوزیت های Au-ZnO، به علت جفت شدگی بسیار قوی بین طلا و اکسید روی می باشد. طیف فوتولومینسانس نمونه ها نشان داد با افزایش مقدار حجمی نانوذرات طلا، شدت گسیل در ناحیه مرئی افزایش یافت که ناشی از وجود نانوذرات طلا به عنوان نقص در شبکه نانوذرات اکسید روی است. تصاویر TEM نشان داد با افزایش مقدار حجمی نانوذرات طلا، چسبندگی در نمونه ها افزایش یافت. با توجه به طیف FTIR نمونه ها، شکل گیری نانوکامپوزیت ها، باعث جابه جایی قله مربوط به پیوند اکسید فلزی، به عدد موجهای بالاتر شده است.

مراجع

- [1] E. Solati, D. Dorrani, "Comparison between silver and gold nanoparticles prepared by pulsed laser ablation in distilled water", J. Clust. Sci., Vol. 26, pp. 727-742, 2015.
- [2] M. Moradi, E. Solati, S. Darvishi, D. Dorrani, "Effect of Aqueous Ablation Environment on the Characteristics of ZnO Nanoparticles Produced by Laser Ablation", J. Clust. Sci., Published online: 13 August 2015.
- [3] D. Dorrani, E. Solati, L. Dejam, "Photoluminescence of ZnO nanoparticles generated by laser ablation in deionized water", Appl. Phys. A., Vol. 109, pp.307-314, 2012.

شکل هستند. نکته قابل توجه در این تصاویر آن است که نانوکامپوزیت های Au-ZnO، نسبت به نانوذرات اکسیدروی و طلا چسبندگی بیشتری دارند. پیکربندی نمونه ها، را می توان بر اساس ذوب نانوذرات طلا که در آن نانوذرات تمایل به چسبندگی دارند، دانست. طیف FTIR نمونه ها، در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۶: طیف FTIR نانوکامپوزیت های Au-ZnO

در طیف تبدیل فوریه عبوری نمونه ها، قله پهن و با شدت زیاد در در محدوده $3600-3200\text{ cm}^{-1}$ مربوط به پیوند O-H مد کششی- ارتعاشی آب است. قله قوی دیگری در محدوده 1650 cm^{-1} ، مشاهده می شود که این قله مربوط به پیوند O-H مد خمشی آب، می باشد. قله در محدوده 2100 cm^{-1} ، ناشی از وجود مولکول های CO_2 می باشد، چراکه ناخالصی هایی مانند CO، و CO_2 ، برای اندازه گیری طیف FTIR نمونه ها، توسط نانوذرات جذب می شوند. قله مربوط به خواص ارتعاشی نانوذرات ZnO در محدوده $500-390\text{ cm}^{-1}$ می باشد [۲]، در حالیکه در نانوکامپوزیت های Au-ZnO، قله مربوط به خواص ارتعاشی نانوذرات ZnO به عدد موج 750 cm^{-1} جابه جا شده است.

طیف فوتولومینسانس نمونه ها، در شکل ۶ نمایش داده شده است. طیف فوتولومینسانس شامل چندین قله ضعیف در ناحیه فرا بنفش و چندین قله قوی تر در ناحیه مرئی می باشد. همانطور که مشاهده می شود با افزایش مقدار حجمی نانوذرات طلا، شدت گسیل در ناحیه مرئی افزایش می یابد. هنگامی که اکسید روی توسط نور فرودی برانگیخته می شود، احتمال بازترکیب تابشی در سطح اکسید روی کاهش پیدا می کند، که موجب کاهش در محدوده UV و شدت نقص در نمودار طیف فوتولومینسانس می شود [۳].