

سنتز نانوذرات طلا و بهبود خواص اپتیکی و ضریب تضعیف آن‌ها در اثر تابش گاما

زهرا دهقانی^{۱*} | علیرضا وجدانی نقره‌ئیان^۱ | محمدحسین مجلس‌آرا^۲ | مرضیه ندافان^۳

۱. گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه نیشابور
۲. آزمایشگاه نانوفوتونیک، دانشکده فیزیک، دانشگاه خوارزمی، تهران
۳. گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

در این مقاله، نانوذرات طلا به روش شیمیایی تهیه شده است. خواص اپتیکی این نانوذرات توسط طیف جذب مرئی-فرابنفش، روش روبش-Z و طیف‌سنجی رامان مطالعه شده است. همچنین با استفاده از روش طیف‌نگاری گاما، ضریب تضعیف جرمی گاما در انرژی‌های مختلف برای نانوذرات تهیه شده، محاسبه شده‌اند. طیف جذب مرئی-فرابنفش این مواد، قله جذبی در محدود ۵۳۰ نانومتر را نشان می‌دهد. ضریب شکست غیرخطی و ضریب جذب غیرخطی در شدت ۴۰ میلی‌وات توسط لیزر نئودیم یگ پیوسته با طول موج ۵۳۲ nm به کمک چیدمان دریچه بسته و بازرویش-Z به ترتیب از مرتبه $10^{-8} \frac{cm^2}{W}$ و $10^{-4} \frac{cm}{W}$ به دست آمده‌اند. به کمک طیف‌سنجی رامان ارتعاشات شبکه بررسی شده است. اندازه‌گیری‌های انجام شده، نشان‌دهنده تاثیر پرتو دهی گاما بر ضریب تضعیف جرمی گاما و خواص اپتیکی نانوذرات طلا می‌باشد.

واژگان کلیدی: نانوذرات طلا، روش روبش-Z، طیف‌سنجی رامان، ضریب تضعیف جرمی گاما، پرتو دهی گاما.

نانوذرات طلا تقریباً یکی از نانو موادی است که به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. از آن جاکه اولین گزارش از کلوئیدهای طلا بیش از صد سال پیش توسط فاراده ارائه شد، مطالعات زیادی روی سنتز، مطالعه خواص و کاربرد کلوئیدها، نانوذرات و خوشه‌های طلا گزارش شده است. نانوذرات طلا خواص اپتیکی و فیزیکی جالب و منحصر به فرد از جمله نوسان پلاسمون سطحی، افزایش پراکندگی رامان و خواص اپتیکی غیرخطی از خود نشان می‌دهند.

طیف‌سنجی رامان بیشتر در رابطه با انتقال ترازهای انرژی ارتعاشی مولکول‌هاست. به عبارت دیگر با بررسی فوتون‌هایی که به طور ناکشسان پراکنده می‌شوند، می‌توان طیف ارتعاشی مولکول را به دست آورد. میزان شدت قله جابجایی^۱ در طیف رامان، معرف فراوانی مد فونونی است. برای مطالعه طیف فونونی هرچه نمونه خالص‌تری داشته باشیم نتیجه بهتری کسب می‌شود زیرا بی‌نظمی و نقایص موجود در نمونه می‌توانند فونون‌هایی را که در نمونه خالص وجود ندارند فعال کرده و نتیجه طیف‌سنجی را تحت تأثیر قرار دهند [۲].

مطالعه پاسخ‌های غیرخطی اپتیکی مواد مختلف برای کاربردهای اپتوالکترونیکی نظیر محدودگرها و کلیدهای نوری در ناحیه‌های مختلف طیفی از اهمیت خاصی برخوردار است. از این رو جستجو برای یافتن موادی با پاسخ غیرخطی بالا، از چالش‌های محققان می‌باشد. روش روبش-Z روشی استاندارد در بررسی ضرایب شکست و جذب غیرخطی است که با وجود سادگی دارای دقت بالایی است و شامل دو چیدمان دریچه بسته و باز می‌باشد [۳].

۱ مقدمه

نانوذرات طلا معمولاً به روش‌های شیمیایی و اخیراً بیولوژیکی تولید می‌شوند. یکی از مزایای سنتز شیمیایی با حلال آب این است که نیاز به پایدارکننده اضافی برای جلوگیری از تجمع نانوذرات نمی‌باشد. در نانوذرات فلزی، انرژی تشدید پلاسمون سطحی فاصله زیادی با انرژی گذار داخل بانندی دارد. به همین خاطر می‌توان اثرات اپتیکی را در آنها بررسی کرد که فقط بر پایه پلاسمون سطحی می‌باشد [۱].

1. Raman shift

استفاده از طیف‌های رامان می‌توان به صورت غیرمستقیم ساختار مواد و شناسایی آنها از طریق ارتعاشات ساختاری را یافت [۲]. آزمایش روبش Z- با دريچه بسته برای اندازه‌گیری مقدار و علامت ضریب شکست غیرخطی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۵]. اختلاف فاز به وجود آمده در $z=0$ و $r=0$ را چنین معرفی می‌کنیم؛

$$\Delta\Phi_0 = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) n_2 L_{eff} I_0 \quad (1)$$

در این جا می‌توان یک کمیت قابل اندازه‌گیری آسان ΔT_{p-v} به عنوان فاصله مابین گذارهای دره- قله نرمال را تعریف کرد:

$$\Delta T_{p-v} = 0.406(1-S)^{0.25} \Delta\Phi_0 \quad (2)$$

که به کمک این فرمول و با کمک نمودارهای به دست آمده در حالت دريچه بسته می‌توان جابجایی فاز را یافت. یک بیشینه گذردهی (قله) قبل از کانون و به دنبال آن یک کمینه گذردهی (دره) بعد از کانون نشان‌دهنده ضریب شکست غیرخطی منفی می‌باشد. ترکیب قله-دره برای ضریب شکست غیرخطی مثبت عکس این وضعیت می‌باشد [۸].

روش روبش Z- با دريچه باز ($s=1$) برای محاسبه ضریب جذب غیرخطی به کار می‌رود. منحنی مربوط روبش Z- بدون روزنه در نقطه کانون یک کمینه گذار (جذب چند فوتونی) یا بیشینه گذار (اشباع جذب) دارد. در واقع، ضرایب جذب غیرخطی به راحتی از منحنی‌های گذار و فرمول‌های (۳) و (۴) به دست می‌آید [۹].

$$T_{norm}(z) = \ln(1+q_0(z,t)) / q_0(z,t) \quad (3)$$

$$q_0(z,t) = \beta I_0 L_{eff} / (1+z^2/z_0^2) \quad (4)$$

در این چیدمان نمونه را در کانون عدسی قرار داده و از يك قطبشگر در پشت عدسی برای تعیین شدت لیزر استفاده می‌کنیم. توانی که در غیاب نمونه به آشکارساز می‌رسد و توانی را که پس از عبور از نمونه به آشکارساز می‌رسد، ثبت می‌کنیم. حال با کمک آنها و رابطه زیر می‌توان ضریب جذب خطی، α ، را یافت [۱۰].

$$\alpha = -\frac{1}{L} \ln \frac{I}{I_0} \quad (5)$$

برای اندازه‌گیری ضریب تضعیف خطی و جرمی گاما از طیف‌نگاری به وسیله آشکارساز یدورسزیم استفاده گردیده است. شماتیک سامانه آزمایشگاهی مورد استفاده در شکل ۱ نشان داده شده است.

یکی از مشخصه‌هایی که بر روی نانو ذرات طلا هنوز بدون مطالعه مانده است، ارزیابی ضریب تضعیف جرمی گاما است. ضریب تضعیف جرمی و خطی کمیت‌های فیزیکی هستند که توانایی مواد را در کاهش شدت گاما به عنوان حفاظ نشان می‌دهند. اندازه‌گیری و تعیین مقدار دقیق این کمیت‌ها در بسیاری از حوزه‌های کاربردی مانند دزیمتری پرتوهای یونیزان و حفاظت در برابر اشعه حائز اهمیت است [۴]. نتیجه برخی آزمایش‌ها نشان می‌دهد برای فلزات سنگین علاوه بر عدد اتمی، ساختار ماده اعم از شکل بلوری، ساختار مولکولی و تعداد اتم‌های سطحی می‌تواند بر ضریب تضعیف جرمی تاثیر بگذارد [۵-۷]. از این رو بررسی این مشخصه‌ها برای نانو ذرات می‌تواند منجر به درک بهتری از نقش ابعاد ذرات بر ضریب تضعیف جرمی باشد. همچنین با بررسی هم‌زمان نقش پرتو دهی بر ساختار مولکولی و شکل کریستالی نانو ذرات و تفاوت ضریب تضعیف جرمی آنها قبل و بعد از پرتوگیری می‌توان وجود یا عدم وجود ارتباط بین ضریب تضعیف جرمی و ساختار مولکولی و شکل کریستالی مواد را به صورت مستقیم تحقیق کرد. همچنین می‌تواند منجر به نتایج پیش‌بینی نشده و ساخت حفاظ‌های اشعه با ویژگی سبک و قابل ارتجاع بودن شود که بسیار پرکاربرد در پزشکی، مراکز درمانی و آزمایشگاه‌های هسته‌ای است.

۲ بخش تجربی

مواد و تجهیزات

برای تهیه نانو ذرات طلا، به طور کلی ۵۰ میلی لیتر از محلول نمک طلا ۰/۰۱٪ گرم می‌شود تا به نقطه جوش برسد درحالی‌که محلول هم‌زمان هم می‌خورد. سپس مقادیر مختلف از تری سدیم سیترات ۱٪ به محلول اضافه می‌شود. رنگ محلول طی چندین دقیقه از زرد به سیاه و سپس قرمز یا ارغوانی (رنگ محلول وابسته به سایز) تغییر می‌کند. تمام مراحل سنتز در محیط آبی و در دمای اتاق انجام می‌شود.

روش آزمایش

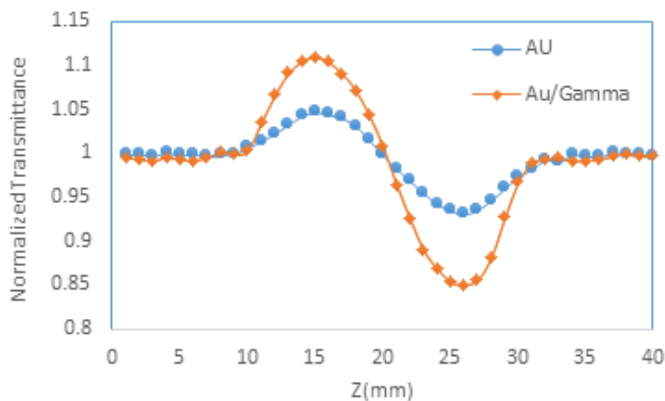
طیف‌سنجی رامان قادر است که اندازه‌گیری‌هایی در یک گستره وسیعی از دماها و فشارهای متفاوت انجام دهد که هیچ‌گونه تخریبی برای ماده مورد نظر در پی نخواهد داشت. این نوع طیف‌سنجی می‌تواند اطلاعات با ارزشی درباره‌ی ویژگی‌های ساختارهای نوسانی و الکترونی مواد را ارائه دهد. با

دارای قله جذبی در ۵۳۰ نانومتر هستند و تنها تفاوت در شدت قله است که در نمونه بعد از تابش گاما بیشتر است.

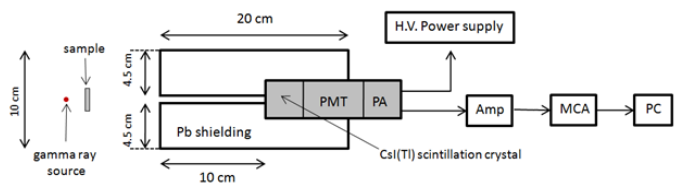
۳-۲ نتایج روبش-Z

برای شروع آزمایش روبش-Z با دریچه بسته باید لیزر و ریلی را که نمونه روی آن جابجا خواهد شد تنظیم کرد، روبش را برای طرفین کانون انجام می‌دهیم. داده‌ها را بر مقدار گذار خطی تقسیم می‌کنیم تا منحنی‌های بهنجار شده به دست آیند. نتایج حاصله در شکل ۳ نشان داده شده است. در واقع می‌توان گفت این مواد با $n_2 < n_1$ همانند یک عدسی با خاصیت خودواگرایی می‌باشد. مقدار ضریب شکست غیرخطی در شدت ورودی 22.4 W/cm^2 برای نانوذرات کلوییدی طلا قبل و بعد تابش گاما به دست آمده و در جدول ۱ آورده شده است.

تاکنون فقط وضعیتی را در نظر گرفتیم که جذب غیرخطی قابل صرف نظر می‌باشد، اما اینجا به وضعیتی می‌پردازیم که جذب غیرخطی به همان اندازه شکست غیرخطی قابل اهمیت می‌باشد. در این روش دریچه را برداشته و به منظور متمرکز شدن تمام پرتو داخل توان سنج عدسی دیگری را قبل از آشکارساز قرار دادیم. سپس نمونه را حول کانون جابجا کرده و شدت خروجی گسیلی را اندازه‌گیری کرده‌ایم و آن را به منظور بهنجارسازی بر گذار خطی تقسیم می‌کنیم. شکل ۴ منحنی‌های دریچه باز را قبل و بعد از پرتو دهی گاما نشان می‌دهد. با استفاده از روابط در مورد ضریب جذب غیرخطی و برازش داده‌های تجربی با نتایج تحلیل نظری ارائه شده می‌توان ضریب جذب غیرخطی را برای هر دو نمونه یافته و در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۳ نمودار دریچه بسته برای نانوذرات طلا در شدت فرودی ۴۰ میلی‌وات قبل و بعد از تابش گاما



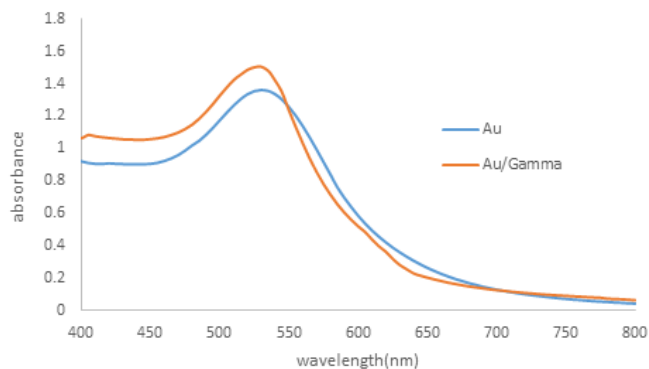
شکل ۱ شماتیک سامانه آزمایشگاهی مورد استفاده در اندازه‌گیری ضریب تضعیف خطی و جرمی گاما

همانطور که مشاهده می‌شود از حفاظ استوانه‌ای سرب به منظور کاهش نقش مخرب گاما‌های پراکنده شده به داخل آشکارساز استفاده گردیده است. در این پژوهش چشمه‌های رادیو اکتیو ^{137}Cs و ^{241}Am مورد استفاده قرار گرفته و ضریب تضعیف جرمی نانوذرات طلا برای گاما‌های مشخصه گسیل شده از آنها اندازه‌گیری شده است. برای اندازه‌گیری ضریب تضعیف گاما برای هر چشمه پرتوزا چندین بار آزمایش در زمان زنده ۲۰۰۰ ثانیه صورت گرفته است. برای هر ضخامت از نمونه مورد بررسی، یک بار طیف‌نگاری با حضور چشمه و بدون نمونه، و یک بار بدون تغییر مکان چشمه و با حضور نمونه بین چشمه و آشکارساز، انجام شده است. برای محاسبه شدت گاما‌هایی که بدون برهم‌کنش وارد آشکارساز گردیده‌اند از روش شمارش فراوانی زیر قله فوتو الکتریک در طیف خروجی آشکارساز استفاده شده است.

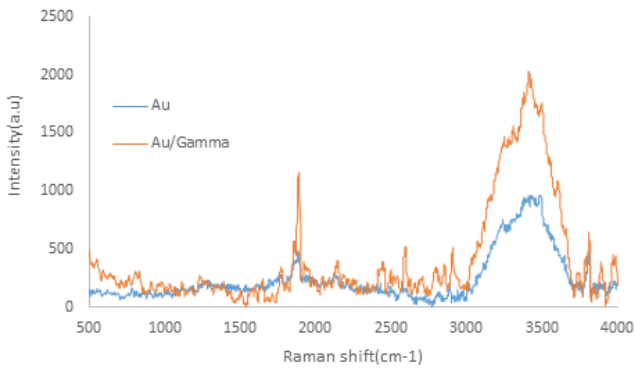
۳ نتایج و بحث

۳-۱ طیف سنجی ماوراء بنفش

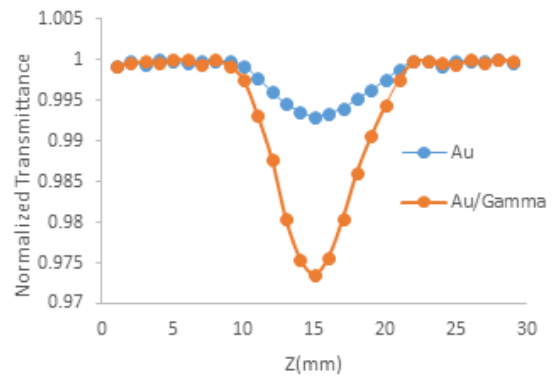
ابتدا طیف ماوراء بنفش نانوذرات کلوییدی طلا را قبل و بعد از تابش دهی گاما به میزان ۱۰ کیلو گری به دست می‌آوریم که در شکل ۲ آمده است. همانطور که از شکل پیداست هر دو نمونه



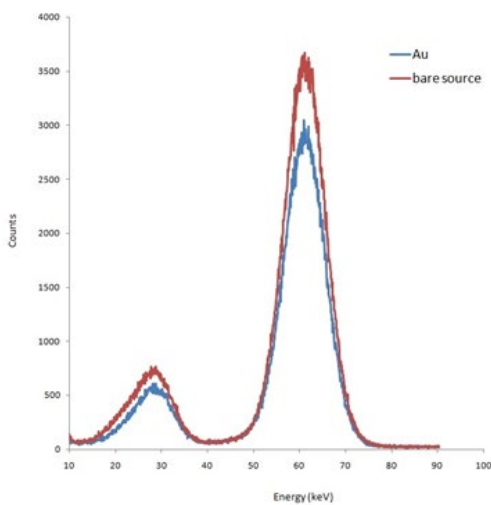
شکل ۲ طیف سنجی جذبی نانوذرات کلوییدی طلا قبل و بعد از تابش گاما



شکل ۵ | طیف رامان نانوذرات طلا به صورت کلئوئید و نانوذرات طلای کلئوئیدی بعد از تابش گاما



شکل ۴ | نمودار درپچه باز برای نانوذرات طلا در شدت فرودی ۴۰ میلیوات قبل و بعد از تابش گاما



شکل ۶ | مقایسه کاهش شدت پرتوهای گاما ناشی از حضور نمونه کلئوئید طلا بین چشمه و آشکارساز

جدول ۱ | پارامترهای اپتیکی اندازه‌گیری شده برای نانوذرات طلا قبل و بعد تابش گاما

Sample	α (cm ⁻¹)	ΔT	L_{off} (mm)	n_2 (cm ² /W)	β (cm/W)
Au	۱.۸	۱.۱×۱۰^{-۱}	۰.۸۹	۱.۳×۱۰^{-۸}	۱×۱۰^{-۲}
Au/Gamma	۲.۳	۲.۶×۱۰^{-۱}	۰.۹۱	۳×۱۰^{-۸}	۴×۱۰^{-۲}

۳-۳ طیف‌سنجی رامان

طیف رامان نانوذرات طلا به صورت کلئوئید و نانوذرات طلای کلئوئیدی بعد از پرتودهی گاما در شکل ۵ آمده است. قله‌های $۱۸۸۰ \text{ cm}^{-۱}$ و $۳۴۵۰ \text{ cm}^{-۱}$ مربوط به ارتعاشات فونونی نانوذرات طلا می‌باشد. شدت و پهنای این دو قله بعد از تابش گاما افزایش پیدا کرده است. این افزایش ناشی از بلورینه شدن بیشتر نانوذرات طلا می‌باشد. نامتقارنی کمی که در اعداد موج کمتر به‌ویژه در قله ۳۴۵۰ و در طیف کلئوئید طلا دیده می‌شود بعد از تابش گاما متقارن می‌شود. وجود نامتقارنی اثرات نقص‌ها و بی‌نظمی‌های موجود در کلئوئید طلا است که بعد از تابش گاما متقارن‌تر می‌شود و نقص‌ها نیز از بین می‌رود [۱۱].

۳-۴ ضریب تضعیف جرمی گاما

برای بررسی تاثیر نانو ذرات طلا بر شدت گاما‌های خارج شده از چشمه‌های استاندارد گاما از چیدمان شماتیک نشان داده شده در شکل ۱ استفاده شده است. در هر مرحله طیف ناشی از چشمه گاما با و بدون حضور نمونه کلئوئید طلا با ضخامت‌های مختلف مقایسه می‌شود. شکل ۶ تاثیر استفاده از نمونه‌ای به ضخامت یک سانتی‌متر از کلئوئید طلا را بر کاهش شدت گاما‌های ثبت شده ناشی از چشمه ^{۲۴۱}Am نشان می‌دهد.

برای محاسبه ضریب تضعیف خطی گاما، نمونه‌هایی با ضخامت‌های مختلف تهیه شده است و برای هر ضخامت از شمارش‌های زیر قله فوتو قله در طیف‌نگاری بدون حضور نمونه به‌عنوان شدت اولیه (N_0) و شمارش‌های زیر قله فوتو قله در طیف‌نگاری با حضور نمونه (N) به‌عنوان شدت تضعیف شده استفاده شده است. با رسم نمودار نسبت شدت کاهش یافته به شدت اولیه بر حسب ضخامت نمونه و برازش بهترین خط ضریب تضعیف خطی محاسبه شده است. از آنجایی که ضریب تضعیف خطی کمیته وابسته به چگالی می‌باشد، عموماً کمیت دیگری به نام ضریب تضعیف جرمی که مستقل از چگالی است مورد استفاده قرار می‌گیرد. رابطه بین این دو کمیت به صورت زیر $\mu_m = \frac{\mu_{lin}}{\rho}$ می‌باشد. نتیجه اندازه‌گیری ضریب تضعیف جرمی برای انرژی‌های مختلف گاما در جدول ۲ آمده است. خطای مطلق بیشینه تمام اندازه‌گیری‌ها $۰.۰۱ \text{ cm}^2/\text{g}$ می‌باشد.

جدول ۲ ضریب تضعیف جرمی گاما در انرژی های مختلف برای نانوذرات طلا قبل و بعد از پرتودهی

Sample	$E_\gamma = 26,3 \text{ keV}$	$E_\gamma = 59,6 \text{ keV}$	$E_\gamma = 661,7 \text{ keV}$
Au	$0,39 \text{ cm}^2/\text{g}$	$0,27 \text{ cm}^2/\text{g}$	$0,11 \text{ cm}^2/\text{g}$
Au/Gamma	$0,28 \text{ cm}^2/\text{g}$	$0,17 \text{ cm}^2/\text{g}$	$0,07 \text{ cm}^2/\text{g}$

همانطور که ملاحظه می شود ضریب تضعیف جرمی گاما برای تمام انرژی های اندازه گیری شده با پرتودهی نمونه کاهش یافته است. این مهم نشان می دهد بلورینه شدن بیشتر نانوذرات طلا ، باعث کاهش ضریب تضعیف جرمی گاما شده است. نتیجه ای که نشان دهنده تاثیر ساختار بلوری بر ضریب تضعیف جرمی گاما می باشد.

۶ نتیجه گیری

در این مقاله نانوذرات طلا به روش شیمیایی تهیه شده است. ابتدا به کمک طیف جذبی مرئی-فرابنفش قله جذبی نمونه را می یابیم. سپس با بهره گیری از روش روبش-Z با درجه بسته مقدار ضریب شکست غیرخطی، n_2 و مقدار ضریب جذب غیرخطی، β برای نمونه قبل و بعد تابش گاما به دست آوردیم. در مجموع اندازه نسبتاً بزرگ ضرایب غیرخطی مرتبه سوم این نانوذرات حاکی از آن است که این نانوذرات انتخاب مناسبی برای استفاده در کاربردهای فوتونیک احتمالی خواهند بود. و نتایج نشان می دهد در اثر تابش گاما خواص غیرخطی بهبود یافته است. نتایج طیف سنجی رامان نشان می دهد که ساختار بعد از تابش گاما متقارن تر می شود و نقص ها نیز از بین می رود.

نتایج اندازه گیری ضریب تضعیف جرمی گاما برای نانو ذرات طلا قبل و بعد از ۱۰ کیلو گری پرتو دهی گاما نشان می دهد که بلورینه شدن نانو ذرات باعث کاهش ضریب تضعیف جرمی گاما می شود. این نتیجه موید مستقیم نقش ساختار بلوری مواد بر بزرگی ضریب تضعیف جرمی گاما می باشد. نکته حائز اهمیت در این پژوهش بررسی مستقیم نقش بلورینه شدن بر کاهش ضریب تضعیف جرمی گاما نانوذرات طلا برای اولین بار است. در پژوهش های بعدی با بررسی روی سایر نانوذرات می توان به نتیجه کلی تری دست یافت.

مراجع

- [1] R. A. Ganeev, M. Baba, A. Rysanyansky, M. Suzuki, H. Kurod, "Characterization of optical and nonlinear optical properties of silver nanoparticles prepared by laser ablation in various liquids," *Optics Communications*, vol.240, pp.437-448, 2004.
- [2] S. Svanberg, *Atomic and molecular spectroscopy*, 4rd Edition, Sweden: Springer, pp.40-70, 2001.
- [3] Z. Dehghani, E. SaievarIranizad, "The effect of initial alignment on the optical properties of Fe₃O₄nanoparticles doped in nematic liquid crystals," *Physica B*, vol. 434, pp. 165–170, 2014.
- [4] V. P. Singh, S. P. Shirmardi, M. E. Medhat, N. M. Badiger, "Determination of mass attenuation coefficient for some polymers using Monte Carlo simulation," *Vacuum*, vol. 119, pp. 284-288, 2015.
- [5] O. İçelli, S. Erzenoğlu, R. Boncukçuoğlu, "Measurement of mass attenuation coefficients of some boron compounds and the trammel sieve waste in the energy range 15.746–40.930 keV," *Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, vol.78, pp. 203-210, 2003.
- [6] O. İçelli, S. Erzenoğlu, "The mass attenuation coefficients in some vanadium and nickel compounds", *Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, vol. 88, pp. 519-524, 2004.
- [7] Ö. Sögüt, S. Seven, E. Baydas, E. Büyükkasap, A. Küçükönder, "Chemical effects on K β /K α X-ray intensity ratios of Mo, Ag, Cd, Ba, La, Ce compounds and total mass attenuation coefficients of Fe and Cu," *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, vol. 56, pp. 1367-1374, 2001.
- [8] M. H. MajlesAra, Z. Dehghani, R. Sahraei, A. Daneshfar, Z. Javadi, F. Divsar, "Diffraction patterns and nonlinear optical properties of gold nanoparticles," *Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, vol. 113, pp. 366–372, 2012.
- [9] M. H. Majles Ara, Z. Dehghani, S. Saievar Iranizad, "Characterizations and single-beam z-scan measurement of the third-order optical nonlilinearities of ZnO nano-particles," *Modern Physics B*, vol. 22, pp. 3165, 2008.
- [10] E. Saievar Iranizad, Z. Dehghani, M. NADFAN, "Nonlinear optical properties of nematic liquid crystal doped with different compositional percentage of synthesis of Fe₃O₄ nanoparticles," *Molecular Liquids*, vol. 190, pp. 6-9, 2014.
- [11] Sh. Ahmad, M. Shahid Khan, K. Asokan, M. Zulfequar, "Effect of gamma irradiation on the structural and optical properties of thin films of a-CdSe," *Optik*, vol. 126, pp. 3501–3505, 2015.

Synthesis of Gold Nanoparticles and Theimprovement of their Optical Properties and Mass Attenuation Coefficient under Gamma-ray Irradiation

Z. Dehghani^{1*} | A. Vejdani Noghreiyani¹ | M. H. Majles Ara² | M. Nadafan³

1. Department of Physics, University of Neyshabur, Neyshabur

2. Photonics Lab., Physics Department, Kharazmi University, Tehran, Iran

3. Department of physics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Abstract

Au nanoparticles have been synthesis by chemical method. Optical properties of Au nanoparticles have been studied by using UV-Vis, z-scan method and Raman spectroscopy. In addition, the mass attenuation coefficients of the synthesized nanoparticles at different energies were measured by the gamma spectroscopy method. The UV-Vis spectrum of these nanoparticles exhibit an absorption peak at 530 nm region. Nonlinear refraction and nonlinear absorption indexes obtained in order of $10^{-8} \frac{cm^2}{W}$ and $10^{-4} \frac{cm}{W}$ with using continue wave Nd: YAG laser ($\lambda=532$ nm) by use of closed aperture and open aperture z-scan setup, respectively. The performed measurements show that gamma irradiation affects the mass attenuation coefficient and optical properties of Au nanoparticles.

Keywords

Gold nanoparticles, Z-scan method, Raman spectroscopy, Mass attenuation coefficients, Gamma-ray irradiation