

بررسی تجربی تأثیر غلظت نانو ذرات نقره بر مشخصه‌های طیفی لیزر رزینه ای

شهریار ابوالحسینی، سعید جلوانی، فاطمه ویسی، آرزو طبسی

پژوهشکده لیزر و اپتیک، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

چکیده - در این مقاله، به بررسی اثر غلظت نانو ذرات نقره بر روی مشخصات طیفی لیزر رزینه ای با محیط فعال رنگ‌دانه رودامین 6G پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشینه جذب در غلظت بهینه (2.79×10^{11} اتم در سانتی‌متر مکعب) صورت گرفته که انتقال انرژی الکترون از رودامین به نانو ذرات نیز بیشینه است. بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام‌شده، پهنای خط لیزر رزینه ای در غلظت بهینه به کمترین مقدار خود می‌رسد. همچنین دامنه کوک پذیری در حالتی که از نانو ذرات نقره استفاده شود در مقایسه با رودامین خالص کاهش می‌یابد.

کلیدواژه: پلاسمون سطحی، پهنای خط، لیزر رنگینه ای، نانو ذرات نقره

Effect of Nano Silver Concentration on the Dye Laser Spectral characteristics

Shahryar Abolhosseini, Saeid Jelvani, Fatemeh Veisi, Arezoo Tabassi

Laser and optics Research school, Nuclear Science and Technology Research, Tehran.

Abstract- In this paper, we investigated the effect of silver nanoparticle at different concentration on the spectral characteristics of Dye laser. Our results show that, the best concentration is 2.79×10^{11} atom/cm³, which can have most interaction with dye molecules. Upon our measurements, Dye laser line width at this concentration would be minimum. Also, the tuning range of the dye laser decreases with silver nanoparticle at dye solution.

Keywords: Surface Plasmon, Line width, Dye laser, Nano silver

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

Purity: 99.99%
 APS: 8 nm
 SSA: ~18-2 m²/gr
 Color: black
 Morphology: Spherical

۱- مقدمه

سطوح فلزات و نانو ذرات می‌توانند به صورت خطی و غیرخطی از لحاظ نوری بر هم تأثیرگذار باشند. افزایش شدت تابش جذب شده توسط مولکول‌های رنگ در مجاورت نانو ذرات فلزی بهنگام جفت‌شدگی تشدید پلازما با طیف جذبی مولکول‌ها، مشاهده شده است. تأثیر نانو ذرات نقره بر روی محلول رنگ را می‌توان به برهمکنش‌های الکترومغناطیسی و تشدید پلاسمون در سطح فلز که منجر به تغییر انتقال انرژی مولکول رنگ به نانو ذرات و نیز طول عمر تراز مولکول رنگ می‌شود، نسبت داد. نانو ذرات وقتی به مولکول‌های رنگ متصل می‌گردند، می‌توانند شدت فلورسانس و پهنای خط را تغییر دهند. این تغییرات ناشی از فرآیند انتقال انرژی سطح از مولکول‌های رنگ به نانو ذرات است. این انتقال انرژی از مولکول‌هایی است که در مجاورت سطح نانو ذرات قرار گرفته‌اند. در غلظت‌های بالاتر از غلظت بهینه آهنگ فرآیندهای غیرتابشی افزایش یافته، بنابراین باعث افزایش پهنای خط می‌گردد. [۶]

اگر ترکیب محلول رنگ و نانو ذرات به عنوان محیط فعال برای لیزر مورد استفاده قرار گیرد، افزایش جذب و گسیل محلول رنگ ناشی از پلاسمون سطحی می‌تواند عملکرد لیزر را به میزان قابل توجهی بهبود بخشد. بر اساس گزارش‌های منتشر شده در مخلوطی از رنگ رودامین 6G و نانو ذرات نقره میدان‌های الکترومغناطیسی موضعی افزایش یافته و عمل لیزر با پمپاژی کمتر نسبت به رودامین خالص شروع خواهد شد. البته این آزمایش‌ها به علت عدم تکرارپذیری و ابهام در روند آزمایش و روند کاهش آستانه عمل لیزر به روشنی نتوانسته بود علت را مشخص نماید لیکن روند بررسی را به سوی یکسری از آزمایش‌های تکرارپذیر و اصولی هدایت نمود [۱].

۲- آزمایش

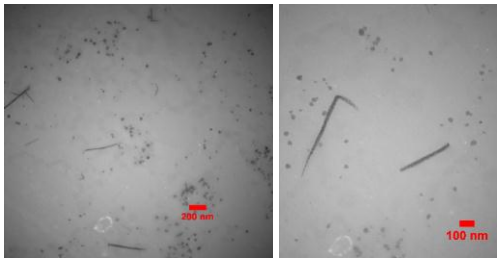
پس از مشاهده تأثیر وجود نانو ذرات در محیط فعال لیزر رزیننه ای بر روی پهنای خط آن، هدف از این پژوهش بررسی اثر غلظت نانو ذرات نقره بر روی مشخصه‌های طیفی است. [۳،۴،۶]

با پردازش تصاویر به دست آمده و استفاده از روابط ریاضی پهنای طیفی لیزر در حالت‌های مورد نظر محاسبه می‌گردد [۶].

در این آزمایش از نانو ذرات با قطر ۸ نانومتر استفاده شده است. که مشخصات آن به شرح ذیل است:

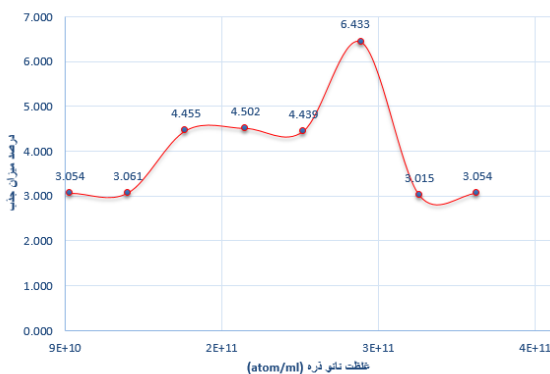
Silver Nano Powder (Ag, 99.99%, 8 nm, metal basis)
 True density: 10.5 gr/cm³

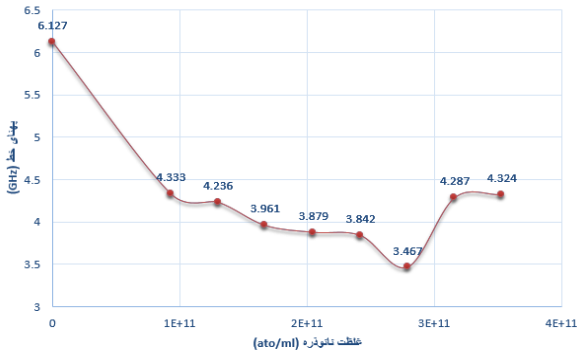
عکس‌های تهیه شده از پودر نانو نقره توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی عبوری در شکل (۱) نشان داده شده‌اند.



شکل (۱) تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری از نانو ذرات

ابتدا که محیط فعال صرفاً حاوی رودامین خالص است به روش شرح داده شده در بالا، نوارهای تداخلی را تشکیل داده و نتایج را به عنوان حالت بدون حضور نانو ذرات ثبت می‌نماییم. سپس مقدار ۰/۲ سانتیمتر مکعب از محلول حاوی نانو ذرات نقره به محیط فعال اضافه نموده و اجازه می‌دهیم محلول با سرعت بالا در سیستم چرخش داشته باشد. این عمل جهت همگن نمودن محلول موجود در مخزن است. سپس سرعت را کم کرده و نوارهای تداخلی را به دست می‌آوریم. با افزودن ۰/۲ سانتیمتر مکعب در هر مرحله و تکرار مراحل فوق غلظت‌های ذکر شده در جدول (۱) به دست می‌آیند و عکس‌های هر مرحله را جداگانه ذخیره می‌نماییم. در هر مرحله ۴۰ عکس انتخاب و اندازه‌گیری‌ها را برای آن‌ها انجام می‌دهیم. به هنگام افزودن نانو ذرات به محیط فعال، از محلول نمونه برداری شده و طیف جذبی آن را گرفته‌ایم؛ که در شکل (۲) تغییرات جذب نانو ذرات بر حسب غلظت در طول موج ۵۳۲ نانومتر نشان داده شده است. پس از آزمایش برای غلظت‌های مختلف، میانگین اندازه‌گیری‌ها انجام و پهنای خط محاسبه شده است.

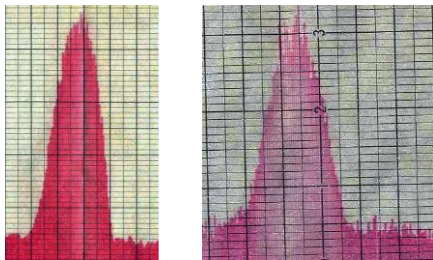




شکل (۳): نمودار تغییرات پهنای خط برحسب غلظت نانو ذرات نقره

در مرحله دوم آزمایش، به اثر نانو ذرات بر دامنه کوک پذیری لیزر پرداخته شده است.

با استفاده از دستگاه ثبات دامنه کوک پذیری لیزر در دو حالت ثبت گردیدند که در شکل (۴) نشان داده شده‌اند.



شکل (۴) دامنه کوک پذیری لیزر در حالت ردامین خالص (سمت راست) و مخلوط ردامین و نانوذره (سمت چپ)

مشاهده می‌شود که در صورت استفاده از نانو ذرات نقره در غلظت بهینه $2/79 \times 10^{11}$ اتم در سانتی‌متر مکعب، دامنه کوک پذیری کاهش پیدا کرده است.

۳- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، آزمایش به ازای ۸ غلظت که در محدوده 10^{11} تا $9/3 \times 10^{11}$ از سوسپانسیون نانو ذرات نقره در ردامین 6G، جهت اندازه‌گیری پهنای خط تکرار شد که در تمامی آن‌ها کاهش پهنای خط مشاهده گردید. در غلظت بهینه $2/79 \times 10^{11}$ اتم در سانتی‌متر مکعب بیشترین کاهش مشاهده شد که پهنای خط از ۶/۱۲۷ گیگاهرتز به ۳/۴۶۷ گیگاهرتز کاهش یافت. ضمناً دامنه کوک پذیری با اضافه شدن نانو ذرات نقره در محلول رنگ قابل‌تغییر است که در این آزمایش با غلظت در نظر گرفته شده این دامنه کاهش می‌یابد.

کاهش پهنای طیفی ناشی از تبادل یا انتقال انرژی بهینه تشدید پلاسمون نانوذرات به مولکول‌های رنگ ناشی از میدان

شکل (۲): تغییرات میزان درصد جذب محیط فعال برحسب غلظت نانوذره

نتیجه‌ی محاسبات با الگوهای تداخلی مختلف، در جدول (۱) خلاصه شده است [۶]:

جدول (۱): پهنای خط محاسبه شده در هر مرحله بر اساس غلظت

| آزمایش | غلظت برحسب (atom/ml) | پهنای خط (GHz) |
|-------------|-----------------------|----------------|
| ردامین خالص | | ۶/۱۲۷ |
| ۱ | $9/3 \times 10^{11}$ | ۴/۳۳۳ |
| ۲ | $1/3 \times 10^{11}$ | ۴/۲۳۶ |
| ۳ | $1/67 \times 10^{11}$ | ۳/۹۶۱ |
| ۴ | $2/05 \times 10^{11}$ | ۳/۸۷۹ |
| ۵ | $2/42 \times 10^{11}$ | ۳/۸۴۲ |
| ۶ | $2/79 \times 10^{11}$ | ۳/۴۶۷ |
| ۷ | $3/16 \times 10^{11}$ | ۴/۲۸۷ |
| ۸ | $3/53 \times 10^{11}$ | ۴/۳۲۴ |

ابتدا نوارهای تداخلی برای محیط فعال حاوی ردامین خالص ثبت گردیده و محاسبات را انجام داده‌ایم که در این حالت پهنای خط برابر ۶/۱۲۷ گیگاهرتز به دست آمده است. با مقایسه این عدد با نتایج مندرج در جدول (۱) مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت نانو ذرات پهنای خط کاهش یافته است. البته تغییرات روند ثابتی نداشته است. با افزودن نانو ذرات پهنای خط از ۶/۱۲۷ به ۴/۳۲۴ گیگاهرتز کاهش یافته که غلظت نانو ذرات حدود $9/3 \times 10^{11}$ اتم در میلی‌لیتر است. با افزایش غلظت تا حدود $2/42 \times 10^{11}$ اتم، میزان تغییرات کمتر و در غلظت $2/79 \times 10^{11}$ اتم در میلی‌لیتر پهنای خط به کمترین مقدار خود رسیده است و با افزایش غلظت نانو ذرات، پهنای خط نیز افزایش یافته است. با رسم نمودار تغییرات پهنای خط برحسب غلظت نانو ذرات (شکل ۳)، میزان کاهش پهنای مشاهده می‌شود. کاهش پهنای خط دارای کمینه بوده و می‌توان نتیجه گرفت جهت استفاده از ذرات نانو در محیط فعال کمینه‌ای وجود داشته که بعد از آن پهنای خط رو به افزایش خواهد گذاشت.

پلاسمون اطراف نانوذره بوده که در هم پوشانی بین طیف گسیل رنگ و باند جذب پلاسمونیک تاثیر گذار می باشد. [۵،۶]

مراجع

- [1] M. A. Noginov, Physical Review, B.74, 184203(2006)
- [2] Nageshwar Singh, H. S. Vora, "The spectral measurement of a high repetition rate tunable dye laser output using Fabry-Perot fringe", Optics & Laser Technology 39 (2007) 733-737
- [3] F. j. Duarte, "Tunable laser Handbook," 1995
- [۴] اقبال، کنفرانس فوتونیک، تبریز ۱۳۹۰.
- [۵] ابوالحسینی، کنفرانس فوتونیک، شیراز، ۱۳۹۲.
- [۶] پایان نامه، ابوالحسینی، ۱۳۹۳.