



بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز



اثر نانوذرات نقره بر پهنای طیفی لیزر رنگینه‌ای

شهریار ابوالحسینی^{۱،۲}، الهام دارابی^۲، سعید جلوانی^۱ و آرش طباطبایی^۱

^۱ پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده‌ی لیزر و اپتیک، تهران
^۲ مرکز تحقیقات فیزیک پلاسما، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران

چکیده - در این مقاله، اثر افزودن نانوذرات نقره به محیط فعال یک لیزر رنگینه‌ای رودامین ۶G دمیده شده با هارمونیک دوم لیزر نئودیمیم یوگ، بر پهنای طیفی لیزر بررسی شده است. ابتدا پهنای طیفی لیزر رنگ بهنگام استفاده از رودامین خالص بعنوان محیط فعال با استفاده از روش سنج تداخلی فابری-پرو اندازه گیری شد. سپس نانوذرات نقره با قطر ۸ نانومتر و غلظت تقریبی 3.26×10^{13} اتم بر سانتی‌متر مکعب را به محیط فعال لیزر اضافه نموده و اندازه گیری پهنای طیفی لیزر تکرار شد. نتیجه‌ی آزمایشات نشان می‌دهد، استفاده از نانوذرات نقره، سبب کاهش پهنای خط لیزر رنگینه‌ای می‌گردد.

کلیدواژه- لیزر رنگینه‌ای، پهنای خط، پلاسما، نانو ذرات نقره.

Effect of Nano Silver on the Line-width of dye laser

Shahryar Abolhosseini^{1,2}, Elham Darabi¹, Saeid Jelvani² and Arash Tabatabae²

¹ Laser and Optics Research School, Nuclear Science and Technology Research, Tehran

² Plasma Physics Research Center, Islamic Azad University, Science and Research branch, Tehran

Abstract- In this work, the effect of adding nano silver in the active medium of a Rhodamine 6G dye laser pumped by Nd:YAG laser on the laser line-width has been investigated. Using fabry-perot fringe method, the laser line-width was measured when pure Rhodamine 6G used as active medium. Then after adding nano silver with radius 8 nm and concentration about 3.26×10^{13} atoms per cm^3 measurements was repeated. Based on the experimental results, the line-width is decreased when nano silver was added to active medium.

Keywords: Dye laser, line width, Plasmon, nanosilver

۱- مقدمه

نانو ذرات به علت خواص فیزیکی، مغناطیسی، الکتریکی، نوری و مکانیکی منحصر بفرد خود و تفاوت بارزی که در مقایسه با مواد کپه‌ای دارند مورد توجه خاصی قرار گرفته‌اند. در این میان نانوذرات فلزی از اهمیت بسزایی برخوردار شده‌اند خصوصاً در زمینه‌های شیمی مدرن، فیزیک و مهندسی زیستی. از آن میان ساخت و مشخصه یابی نانوذرات نقره به عنوان یک نتیجه مهم کاربردی توجه علوم بنیادی و فناوری نانو را به خود جلب کرده است.

نانو ذرات نقره پهنای جذبی در ناحیه مرئی-فرابنفش از خود نشان می‌دهند. این پهنای بعنوان پهنای جذب پلاسمون سطحی شناخته می‌شود که ناشی از حرکت الکترون‌های رسانش ذرات در اثر میدان الکتریکی نور تابشی می‌باشد. جذب پلاسمون سطحی نانو ذرات نقره به اندازه، شکل و محیط پیرامون آن بستگی دارد [۱،۲].

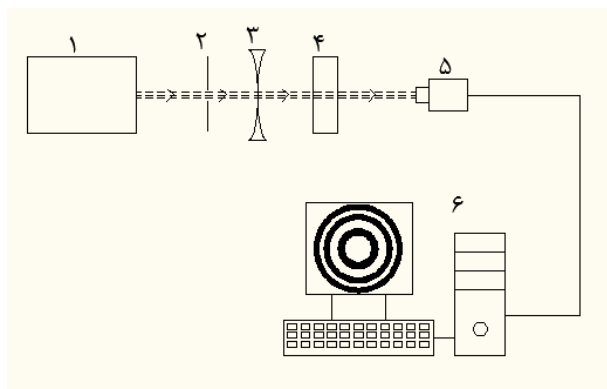
با توجه به خواص لومینسانس رنگ‌های آلی و امکان کوک‌پذیری آنها مورد مطالعات فراوان قرار گرفته‌اند [۳]. در این میان ماده رنگ رودامین 6G بعلت دارا بودن پایداری نوری و نیز بهره کوانتومی بالا از اهمیت خاصی برخوردار است و غالباً بعنوان محیط فعال لیزر رنگینه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطالعات نظری و تجربی بر روی جذب و خاصیت لومینسانس مولکول‌های رنگ در کنار نانوذرات نقره انجام گرفته است [۴]. با توجه به برهمکنش‌های مختلف رنگ سازه‌ها^۱ با نانوذرات فلزی و یا سطوح آنها، استفاده از این مواد اثرات مختلفی بر روی طیف ماده همچون ازدیاد شدت لومینسانس، پایداری نوری و بهره کوانتومی دارد. تشدید پلاسمون سطحی ذرات فلزی و رنگ سازه‌ها این اثرات را توضیح می‌دهند. در این مقاله اثر افزودن نانو ذرات نقره به محیط فعال لیزر رنگینه‌ای بر وضعیت پهنای طیفی لیزر بررسی خواهد شد.

۲- چیدمان آزمایش

محیط فعال لیزر رنگینه‌ای که به عنوان چشمه‌ی آزمایش در نظر گرفته شده، رودامین 6G در حلال متانول با غلظت 0.1 g.lit^{-1} است. دمش این لیزر با هارمونیک دوم لیزر Nd:YAG در طول موج 532 nm انجام شده است. قطر پرتو لیزر دمش با دو عدسی استوانه‌ای پرتوگستر، افزایش می‌یابد؛ بنابراین تمام مقطع عبور مایع در سلول را پوشش می‌دهد. این پرتو باز شده توسط دو عدسی استوانه‌ای متمرکزکننده بر روی سلول رنگ کانونی شده تا در باریکه‌ی نازکی از سلول رنگ، مایع برانگیخته شود. این دمش به صورت عرضی انجام شده و مایع تحریک شده بعد از گذشت زمان بسیار کوتاهی، در طول موج بلندتر از لیزر دمش، تابش می‌شود. نرخ تکرار لیزر ۱۰ پالس در ثانیه بوده است.

نانو ذرات نقره با اندازه ۸ نانومتر و غلظت تقریبی $3/26 \times 10^{13}$ اتم در سانتی‌متر مکعب به محیط فعال لیزر افزوده شده است.

پرتو خروجی لیزر (شکل ۱) پس از گذشتن از روزنه و یک عدسی واگرای BK7 با فاصله‌ی کانونی ۴۶mm به سنجه‌ی فابری-پرو با FSR برابر با ۳۰GHz (cm^{-1}) می‌رسد. پس از عبور از سنجه، نوارهای تداخلی روی پرده تشکیل شده، سپس از این نوارها با استفاده از یک دوربین CCD مدل SDC-313B عکس‌برداری شده است.



شکل ۱: طرح‌واره‌ای از چیدمان آزمایش

۱- منبع نور لیزر ۲- روزنه ۳- عدسی واگرا

۴- فابری-پرو ۵- دوربین ۶- رایانه

¹ fluorphores

۳- روشهای محاسباتی

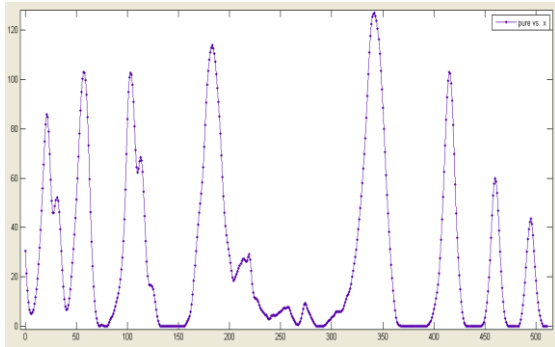
باریکه‌ی لیزر رزینه‌ای بعد از عبور از روزنه و عدسی، وارد سنجه‌ی فابری- پرو شده و الگوی فرانتز روی دوربین CCD تشکیل شده است. پهنای باند از توزیع شدت در جمله‌هایی از قطر مرتبه‌های مختلف نوارهای تداخلی به

صورت زیر محاسبه می‌شود [۵،۶]:

(۱)

$$\Delta\nu = FSR \left[\frac{D_{1b}^2 - D_{1a}^2}{D_{2a}^2 - D_{1a}^2} \right]$$

که FSR گستره‌ی آزاد طیفی سنجه‌ی فابری- پرو، D_{1a} ، D_{1b} و D_{2a} به ترتیب، شعاع ابتدای حلقه‌ی روشن مرتبه‌ی اول، شعاع انتهای حلقه‌ی روشن مرتبه‌ی اول و شعاع ابتدای حلقه‌ی روشن مرتبه‌ی دوم است. به همین منظور، با استفاده از نرم‌افزار Micro Manager شعاع مرتبه‌های اول و دوم برای دو نقطه‌ی a و b که به ترتیب ابتدا و انتهای حلقه‌های روشن هستند، اندازه‌گیری شده‌اند. و همچنین جهت مقایسه نمودار آنها توسط نرم افزار Matlab رسم گردیده‌اند. در شکل‌های ۲ و ۳ نمونه‌هایی از نوارهای تداخلی تشکیل شده و نمایه‌ی مربوط به آنها که با برنامه‌نویسی در نرم‌افزار Matlab به دست آمده است، نمایش داده شده است.

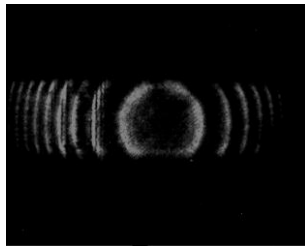


(ب)

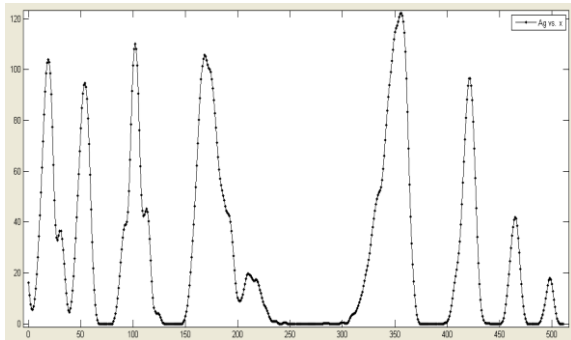
شکل ۲: محیط فعال حاوی ردامین خالص: الف- نوارهای تداخلی

فابری- پرو. ب- نمایه‌ی نوارهای تداخلی

در ادامه، میانگین اندازه‌گیری‌های انجام شده و نتیجه‌های به دست آمده با الگوهای نوارهای تداخلی مختلف، در جدول ۱ خلاصه شده است.



(الف)

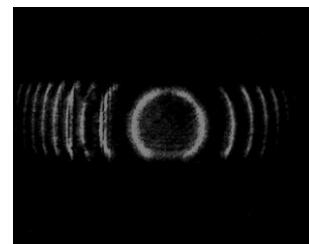


(ب)

شکل ۳: محیط فعال حاوی ردامین و نانو ذرات نقره: الف- نوارهای

تداخلی فابری- پرو. ب- نمایه‌ی نوارهای تداخلی

محاسبه‌ی پهنای خط با استفاده از رابطه ۱ و با استفاده از سنجه‌ی فابری- پرو با FSR برابر با ۳۰ GHz (cm^{-1}) انجام شده است.



(الف)

محیط فعال	$D_{1a}(\text{pixel})$	$D_{1b}(\text{pixel})$	$D_{2a}(\text{pixel})$	$\Delta\nu(\text{GHz})$
-----------	------------------------	------------------------	------------------------	-------------------------

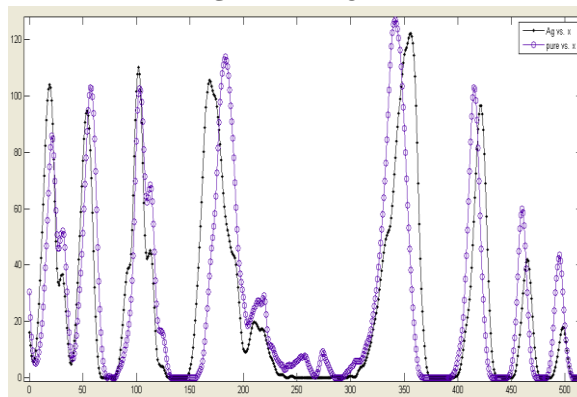
بالتر از روش‌های معمولی بیناب‌سنجی را امکان‌پذیر می‌سازد.

مرجع‌ها

1. A.R.Bijanazadeh, Int. J. Phy. Sci. Vol&(12), pp1943-1948, (2012)
2. محمدیان، کنفرانس فوتونیک، تبریز، ۱۳۹۰.
3. SUCHITA, Bull. Mater. Sci., Vol.31, no.3., pp541-544(2008)
4. M.Mohammadian, P. Parvin, A. Bavali, M.R. Mousavipour; " Effect of TiO₂ Nanoparticle on the Spectral Characteristics of Rhodamine 6G Flourescence Emission"; ICN4, Kish, 2012
5. Nageshwar Singh, H.S. Vora; "The spectral measurement of a high repetition rate tunable dye laser output using Fabry-Perot fring"; Optics & Laser Technology **39** (2007) 733-737.
6. اقبال، کنفرانس فوتونیک، تبریز، ۱۳۹۰.

ردامین 6G خالص	۶۸	۹۰	۱۴۵	۶/۳۵۸۱
ردامین 6G + نانو نقره	۷۲	۸۸	۱۴۸	۴/۵۹۳۳

جدول ۱: مقایسه شعاع نوارهای تداخلی و پهنای خط



شکل ۴: مقایسه نمایه نوارهای تداخلی

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، استفاده از نانوذرات نقره سبب کاهش پهنای خط شده است. اندازه‌گیری بر روی ۴۰ تصویر انجام گرفته است و با عدم قطعیت ۱۳٪. کاهش پهنای خط مشاهده شده است.

۴- نتیجه گیری

کاهش پهنای طیفی ناشی از تبادل یا انتقال انرژی بهینه تشدید پلاسمون نانوذرات به مولکولهای رنگ ناشی از میدان پلاسمون اطراف نانوذرات بوده که در همپوشانی بین طیف گسیل رنگ و باند جذب پلاسمونیک تاثیر گذار می‌باشد. البته باید در نظر گرفت انتظار می‌رود با افزایش اندازه و چگالی نانوذرات پهنای طیفی نیز افزایش یابد لذا می‌توان گفت کاهش پهنای طیفی در مقدار بهینه اندازه و چگالی نانوذرات صورت می‌گیرد. در این پژوهش، اثر افزودن نانوذرات نقره با قطر ۸ نانومتر به محیط فعال لیزر رنگینه‌ای حاوی رودامین 6G با دمش هارمونیک دوم لیزر نئودیمیوم یاگ، بر پهنای خط لیزر با روش سنجه تداخلی فابری- پرو بررسی شده است. نتیجه‌ی اندازه‌گیری‌ها نشان دهنده‌ی کاهش ۲۷/۸ درصدی پهنای خط لیزر رنگینه‌ای می‌باشد.

کاهش پهنای خط لیزر، اندازه‌گیری‌های مربوط به بیناب‌سنجی با توان تفکیک چند مرتبه بزرگی (۳ تا ۶)