

## بررسی اثر تابش لیزر اگزایمر بر طیف جذبی مخلوط محلول رودامین 6G با نانوذرات نقره<sup>۱</sup>

سعید جلوانی<sup>۲\*</sup>، زهره رجبی<sup>۳</sup>، فاطمه ویسی<sup>۳</sup>

تاریخ ارسال: ۱۳۹۶/۱۱/۳۰

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۰۷/۱۶

تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱۱/۲۷

### چکیده

در این مقاله، به بررسی تغییرات طیف جذبی یک نمونه شامل مخلوط محلول رودامین 6G همراه با نانوذرات نقره بر اثر تابش دهی لیزر اگزایمر XeCl با طول موج ۳۰۸ نانومتر پرداخته شده است. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که زمان تابش دهی و انرژی بر پالس لیزر می‌توانند در طیف جذبی نمونه تأثیرگذار باشند. به همین منظور اثر انرژی بر پالس و زمان تابش دهی بر طیف جذبی نمونه با حالت بدون تابش دهی لیزر مقایسه شده است. بنابراین، می‌توان با مقدار انرژی بر پالس و زمان تابش دهی مشخصی میزان جذب و محدوده طیف جذبی نمونه را افزایش و تغییر داد. لذا در لیزرهای رنگینه به جای تغییر غلظت رنگینه مورد نظر برای طول موج دمش، می‌توان مقدار انرژی بر پالس یا زمان تابش دهی لیزر

<sup>۱</sup> شناسه دیجیتال (DOI): 10.22051/jap.2019.19388.1092

<sup>۲</sup> پژوهشکده فوتونیک و فناوری‌های کوانتومی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران (نویسنده مسئول)؛

sjelvani@aeoi.org.ir

<sup>۳</sup> پژوهشکده فوتونیک و فناوری‌های کوانتومی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران

اگزایمر رابر مخلوط محلول رودامین 6G همراه با نانوذرات نقره به نحویات انتخاب کرده ماده فعال لیزر رنگینه در طول موج دممش حداکثر جذب را داشته باشد.

**واژه‌های کلیدی:** رودامین 6 G، نانوذرات نقره، لیزر اگزایمر، طیف جذبی.

## ۱. مقدمه

رنگینه‌های آلی به دلیل خواص لومینسانس و کوک‌پذیری آن‌ها، به‌طور گسترده مطالعه می‌شوند. از میان آن‌ها رودامین 6G (R6G) یکی از مهم‌ترین رنگینه‌هایی است که بهره کوانتومی بالایی دارد، از این رنگینه به‌عنوان ماده فعال در لیزرهای رنگینه (Dye Lasers) استفاده می‌شود. منابع دمش لیزرهای رنگینه، منابع نوری مانند لامپ فلاش و لیزرها هستند، با انتخاب نوع رنگینه و غلظت محلول رنگینه می‌توان به طول موج جذب مورد نظر دست یافت. لذا جذب قوی این منابع نوری توسط مواد آلی (رنگینه‌ها) می‌تواند در بازدهی اینگونه لیزرها مؤثر واقع شود [۱-۲].

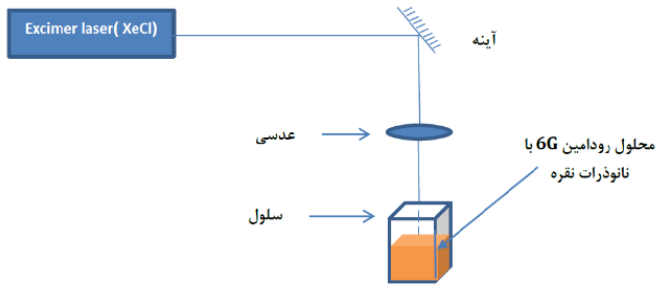
نانوذرات فلزی می‌توانند قویاً در پاسخ‌های اپتیکی مواد آلی و غیر آلی نفوذ کرده و بر شکل و شدت خطوط طیفی جذبی و گسیلی تأثیر گذار باشند. تغییرات ایجاد شده در شدت جذب و فلورسانس مواد آلی همراه با نانوذرات فلزی را می‌توان به اندازه، شکل، غلظت، جفت‌شدگی و انتقال انرژی بین نانوذرات فلزی با ملکول‌های رنگینه و نیز تشدید پلاسمون سطحی نسبت داد [۳-۶].

در این پژوهش، ما به‌طور تجربی اثر تابش دهی لیزر اگزایمر XeCl در انرژی بر پالس و زمان تابش دهی مختلف بر روی طیف جذبی رودامین 6G در حلال متانول همراه با نانوذرات نقره بررسی کرده‌ایم.

## ۲. چیدمان آزمایش

در این آزمایش نانوذرات نقره را با میانگین اندازه قطر ذرات ۸ نانومتر و غلظت تقریبی  $10^{12} \times 1/34$  اتم در سانتی‌متر مکعب، با رودامین 6G دارای غلظت ۰/۱ گرم در لیتر در حلال متانول مخلوط کرده و نمونه تجربی را در سلول شیشه‌ای قرار می‌دهیم. طرح‌واره چیدمان مربوط به این آزمایش در شکل (۱) نشان داده شده است. لیزر اگزایمر XeCl با طول موج ۳۰۸ نانومتر با پهنای زمانی ۱۵ نانوثانیه و آهنگ تکرار ۱۰ هرتز به کار برده شده است. برای پخش یکنواخت و همگن‌سازی مخلوط از یک حمام فراصوت استفاده شده است، که سلول شیشه‌ای در آن قرار

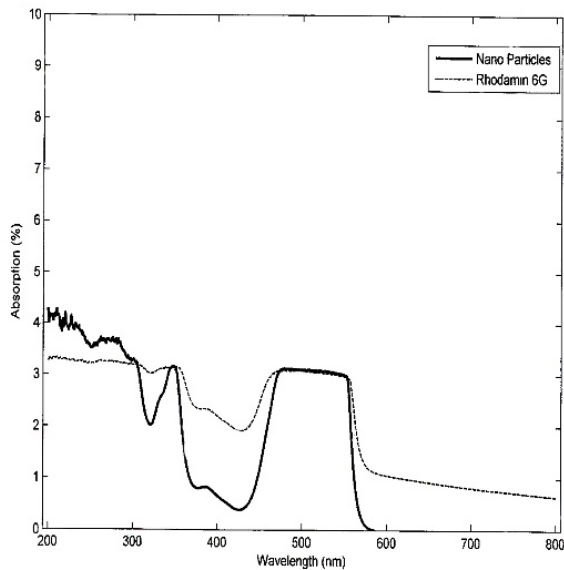
می‌گیرد. باریکه لیزر پس از عبور از عدسی با فاصله کانونی ۲۰ سانتی‌متر وارد سلول حاوی نمونه می‌شود. جذب انرژی لیزر در مخلوط محلول رودامین 6G با نانوذرات نقره توسط الکترون‌های سطح صورت می‌گیرد و وجود قله‌های جذب به دلیل تشدید پلاسمون سطحی ذرات نقره است [۷-۱۰].



شکل ۱. طرح‌واره چیدمان آزمایش.

### ۳. نتایج

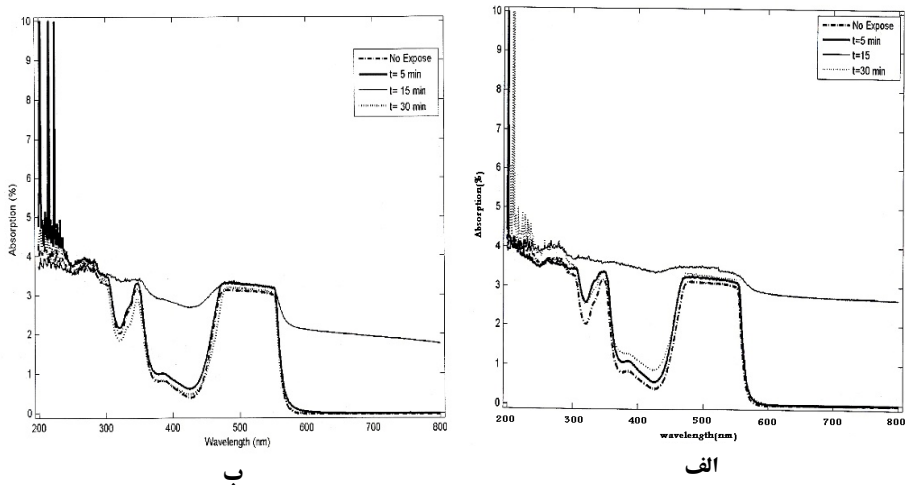
ابتدا طیف جذبی محلول رودامین 6G خالص و نیز مخلوط رودامین 6G همراه با نانوذرات نقره را بدون تابش‌دهی با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر UV-VIS اندازه‌گیری کردیم، که در شکل (۲) آمده است.



شکل ۲. طیف جذبی محلول رودامین 6G خالص و مخلوط رودامین 6G با نانوذرات نقره بدون تابش‌دهی لیزر.

در مرحله بعد، اثر زمان تابش دهی لیزر را بر طیف جذبی مطالعه کردیم. بدین منظور به ازای انرژی بر پالس ۲۲۰ mj، طیف جذبی را در زمان‌های مختلف تابش دهی لیزر مانند ۵ و ۱۵ و ۳۰ دقیقه به دست آوردیم (شکل ۳الف). همان‌طور که از شکل مشخص است مقدار جذب محلول در محدوده ۳۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر در حالت ۱۵ دقیقه نسبت به زمان‌های دیگر افزایش یافته است. در زمان‌های ۵ و ۳۰ دقیقه تغییرات محسوسی صورت نگرفته است.

سپس انرژی بر پالس را از ۲۲۰ mj به ۳۴۲ mj افزایش داده و برای همان زمان‌های تابش دهی ۵ و ۱۵ و ۳۰ دقیقه آزمایش را تکرار می‌کنیم. مشاهده می‌شود که در زمان تابش دهی ۱۵ دقیقه به جز در محدوده طیفی حدود ۴۵۰ تا ۵۵۰ نانومتر، افزایش جذب صورت گرفته است، این افزایش جذب نسبت به حالت قبلی (انرژی بر پالس ۲۲۰ mj و زمان تابش دهی ۱۵ دقیقه) کمتر است. در زمان‌های ۵ و ۳۰ دقیقه نیز همانند حالت قبلی تغییرات چندانی در جذب ایجاد نشده است (شکل ۳ب).



شکل ۳. طیف جذبی محلول رودامین 6G با نانوذرات نقره برای حالت‌های بدون تابش دهی و تابش دهی لیزری در زمان‌های تابش دهی مختلف ۵ و ۱۵ و ۳۰ دقیقه با: الف) انرژی بر پالس ۲۲۰ mj؛ ب) انرژی بر پالس ۳۴۲ mj.

#### ۴. نتیجه گیری

در این پژوهش، اثر تابش دهی لیزر XeCl با طول موج ۳۰۸ نانومتر بر طیف جذبی نمونه شامل مخلوط رودامین 6G حلال در متانول و نانوذرات نقره بررسی و با مخلوط بدون تابش دهی لیزر مقایسه شده است.

نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که زمان تابش‌دهی و انرژی بر پالس لیزر می‌تواند در طیف جذبی نمونه تأثیر گذار باشد. زمان‌های تابش‌دهی لیزر در این آزمایش‌ها ۵ و ۱۵ و ۳۰ دقیقه و انرژی بر پالس ۲۲۰ و ۳۴۲ میلی ژول در نظر گرفته شده است.

در انرژی بر پالس  $220 \text{ mJ}$  از بین این زمان‌ها، زمان ۱۵ دقیقه باعث افزایش جذب در محدوده طیفی ۳۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر می‌شود. ولی در زمان‌های دیگر تغییر محسوسی در طیف جذبی صورت نگرفته است. بنابراین، می‌توان گفت برای یک انرژی بر پالس ثابت، برای افزایش میزان جذب به زمان تابش‌دهی بهینه نیاز داریم. با افزایش انرژی بر پالس لیزر از ۲۲۰ به ۳۴۲ میلی ژول و با زمان‌های تابش‌دهی قبلی مجدداً در زمان ۱۵ دقیقه میزان جذب افزایش یافته ولی نسبت به حالت قبلی (انرژی بر پالس  $220 \text{ mJ}$  در زمان تابش‌دهی ۱۵ دقیقه) این افزایش جذب کمتری دارد. لذا می‌توان نتیجه گرفت که زمان تابش‌دهی اثر بیشتری و نقش مهم‌تری در افزایش جذب ایفا می‌کند تا انرژی بر پالس لیزر. بنابراین برای یک غلظت خاصی از رنگینه و نانوذرات نقره، با بهینه کردن زمان تابش‌دهی و انرژی بر پالس لیزر به مقدار جذب بیشتری در طیف گسترده‌ای دست خواهیم یافت.

به‌طور کلی نانوذرات پس از تابش‌دهی، اندازه یا شکل آنها نسبت به قبل از تابش‌دهی تغییر یافته، در نتیجه باعث تغییراتی در مقدار جذب و طیف جذبی در محدوده‌ای از طول‌موج می‌شود. در انرژی بر پالس ۲۲۰ میلی ژول و زمان تابش‌دهی بهینه ۱۵ دقیقه، از انبوهش نانوذرات که قبل از تابش‌دهی در محلول وجود داشته جلوگیری می‌شود، که سبب افزایش جذب بیشتری پس از تابش‌دهی می‌شود، البته با افزایش انرژی بر پالس لیزر از یک مقدار خاص به بعد تغییری در میانگین قطر نانوذرات مشاهده نمی‌شود، که این مقدار در این آزمایش از ۳۴۲ میلی ژول بیشتر است [۱۱-۱۲]. به نظر می‌رسد علاوه بر زمان تابش‌دهی و انرژی بر پالس لیزر، اندازه و شکل نانوذرات، تغییر در طول‌موج لیزر، غلظت نانوذرات نیز می‌تواند بر طیف جذبی نمونه تأثیر گذار باشد.

با توجه به اینکه محلول رودامین 6G به‌عنوان ماده فعال لیزرهای رنگینه استفاده می‌شود و منابع دمش این لیزرها، منابع نوریهستند، با افزودن نانوذرات نقره در اندازه و شکل و غلظت مناسب و نیز تابش‌دهی لیزر با طول‌موج و انرژی بر پالس مورد نظر می‌توان پهنای خط لیزر را تغییر داد [۱۳]. با بهینه کردن زمان تابش‌دهی می‌توان میزان جذب و طیف جذبی نمونه را افزایش و تغییر داد تا بتوان لیزرهای رنگینه با طول‌موج‌های مختلف را مورد دمش قرار داد و در نهایت بازدهی بالایی به دست آورد. بنابراین در لیزرهای رنگینه به‌جای تغییر غلظت رنگینه مورد نظر برای طول‌موج دمش، می‌توان مقدار انرژی بر پالس یا زمان تابش‌دهی لیزر اگزایمر بر مخلوط محلول رودامین

6G همراه با نانوذرات نقره را به نحوی انتخاب کرد، که نمونه در طول موج دمش حداکثر جذب را داشته باشد.

## مراجع

- [1] F. Bos, Appl Optics 20(20),3553(1981).
- [۲] T. Grovndanunny, B.M. Sirvaram, Appl. Phys. 23(1980) 253-258.
- [3] A.Nogonov, M. Vondrova, S.M. Williams, M. Bahoura, and V.I.Gavrilenko. S. M. Black, V. P. Drachev, V. M. shalaev and A Syker, J. Opt. A: Pure Appl. Opt. 7(2005) S219-S222.
- [4] S. Kalele, A. C. Deshpande, S. B. Singh and S. K. Kulkarni, Bull. Mater. Sci. 31(3) (2008) 541-544.
- [5] M.A. Noginov, G. Zhu, M. Bahoura, J. Adgekoe, C.Small, B.A. Ritzo, V.D. Drachev, V.M. Salaev, Appl. Phy. B 86(2007) 455-460.
- [6] M. A. Noginov, G. Zhu, M. Bahoura, C. Small, J. Adegoke, Phys. Rev. B 74, 184203 (2006).
- [7] B.M. Mastiholi, V.B. Tangod, U.S. Raika, Optik 124(3) (2013) 261-264.
- [8] N. Shemeena Basheer, B. Rajesh Kumar, Achmma Kuria, Saja D. George. Appl. Phys.B (2013) 113: 581.
- [9] E. Dulkeith, A.C. Morteaniet *al.*, Phys Rev. Lett. 89(20)(2002).
- [10] K. Ishikawa, T. Okuba, J. Appl, 98, 043502(2005).
- [11] H. Muto, K. Miyajima, F. Mafune, J. Phys.Chem. C, 112(2008)5810-5815.
- [12] V.P. Drachev, E.T. Kimetal., Journal of Modern Optics, 3/4(49),645-662 (2002).
- [13] S. Abbolhosseini, E. Darabi, S. Jelvani, "Effect of Nano Silver on the line-width of dye laser", Proceeding of 20<sup>th</sup>Iranian Conference on Optics and Photonic, Shiraz, 22 jul, 2013.