بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۶-۱۵ بهمن ۱۳۹۸

تاثیر حلال در لیزر تصادفی از محلول رنگینه رودامین 6G با میکروساختارهای ZnO@C-N

ماندانا سادات حسینی[۱]، الناز یزدانی*[۱] ، بتول سجاد[۲]

[۱]گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

[۲]گروه فیزیک، دانشکده فیزیک شیمی، دانشگاه الزهرا، تهران.

چکیده – در این پژوهش، ابتدا میکروساختارهای اکسید روی آلاییده به کربن و نیتروژن به عنوان مراکز پراکننده درون محیط فعال رنگینه رودامین 6G انتخاب و سنتز شده است. وجود ساختارهای صفحه ای در نمونه Zno@C-N به دلیل حضور نیتروژن و کربن منجر به بهبود مورفولوری های پراکننده ها شده است. سپس تابش لیزر تصادفی برای دو نمونه مجزا یکسان از محیط فعال و مراکز پراکننده با حلال‌های مختلف به منظور ارزیابی اثر آن در طیف خروجی بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهند قطبیت بیشتر حلال منجر به افزایش جابه جایی قرمز و کاهش شدت طیف می‌شود و بر آستانه جایگزیدگی و مدهای خروجی تاثیر قابل توجهی ندارد.

کلید واژه- رودامین6G، لیزر تصادفی، میکروساختار، حلال.

The effect of solvent on random laser of Rhodamine 6G dye solution with ZnO@C-N microstructures

Mandana sadat Hosseini[1], Elnaz yazdani[1], Batool Sajad[2].

[1]Department of physics, Tarbiat modares University, Tehran,

[2]Department of physics, Alzahra University, Tehran.

Abstract- In this study, Carbon and Nitrogen doped Zinc oxide microstrcturess as scatterer centers in Rhodamine 6G dye as gain media has been selected and synthesized. The existence of the sheet- like structures in ZnO@C-N sample due to the Carbon and Nitrogen dopants, is improves the scatterers morphologies .Later on, the random laser emission for two independent samples for the same concentration of gain media and scatterer centers, with different solvents in order to evaluating the effect of the solvent on output spectrum, have been studied. The results show higher polarity of solvent leads increasing the red shift and decreasing the spectrum intensity and does not have any significant effect on localization threshold and output modes.

Keywords: Rhodamine 6G, Random Laser, Microstructures, solvent.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-05]

مقدمه

لیزر تصادفی منبع لیزری کوچک از محیط بهره نامنظم، شامل محلول‌های حاوی ذرات پراکننده دی‌الکتریک، پودرهای نیمه‌هادی، فیلم‌های نازک نانوساختار و ... است. لیزر تصادفی برخلاف لیزرهای مرسوم به دلیل عدم نیاز به کاواک اپتیکی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به دلیل مزایا و کاربردهای منحصر به فرد این نوع لیزر، مطالعات و تحقیقات گسترده‌ای در دو دهه اخیر بر روی عملکرد این نوع سیستم‌ها صورت گرفته است [1,2].

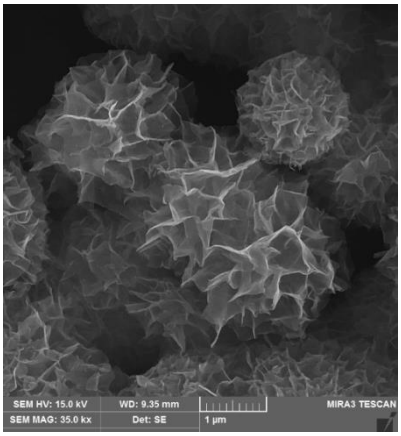
تفاوت عمده این نوع لیزرها با لیزرهای معمولی در مکانیزم بازخورد است، بدین گونه که بازخورد در لیزرهای معمولی توسط آینه‌ها و در لیزرهای تصادفی از طریق پراکندگی چندگانه توسط مراکز پراکننده فراهم می‌شود. از آنجایی که پراکندگی قوی نور، معمولا در موادی که آشفتگی زیاد و آرایش نامنظمی دارند اتفاق می‌افتد، کلمه "کاتوره ای یا تصادفی" برای توصیف لیزرهایی که بر پایه چنین مشخصات و ویژگی‌هایی عمل می‌کنند استفاده شده است[1,3].

مبانی نظری

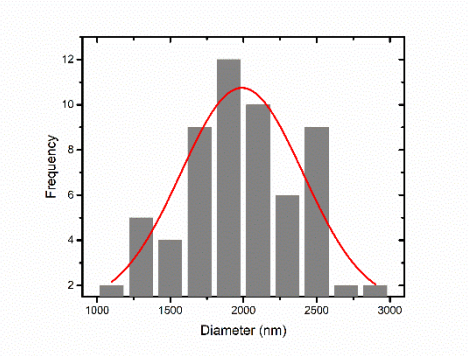
در لیزر تصادفی از محیط بهره محلول،مراکز پراکننده نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند زیرا بدون حضور آنها، فرآیند لیزر دهی رخ نمی‌دهد. در محیط بهره مایع (که عموما این مایعات، محلول‌های رنگینه می‌باشند) حاوی تعداد زیادی مراکز پراکننده، نور قبل از اینکه از ماده فعال خارج شود بارها پراکنده می‌شود. پراکندگی‌های متفاوت، زمان اقامت نور و طول مسیرش را در ماده فعال افزایش داده و نور را بیش از پیش تقویت می‌کند. بنابراین در این نوع لیزر، دیگر نیازی به آینه‌ها برای به دام انداختن نور نیست و پراکندگی به صورت خود به خودی، کار آینه‌ها را انجام می‌دهد[1]. با توجه به اهمیت حضور مراکز پراکننده، سایر پارامترهای مربوط به این مراکز از جمله نوع ماده، اندازه، شکل ساختاری، ضریب شکست، دارا بودن حداقل جذب اپتیکی در محدوده طول موج پمپ لیزر، چگالی آن‌ها و ... حائز اهمیت است. از طرفی پارامترهای مربوط به محیط بهره مانند غلظت، بازده فلورسانس، ضریب شکست و قطبیت حلال بر طیف خروجی لیزر تاثیر گذار می‌باشند[4].

سنتز و مشخصه‌یابی مراکز پراکننده

در این پژوهش میکروساختارهای اکسید روی آلاییده به کربن و نیتروژن (ZnO@C-N) به روش شیمیایی هیدروترمال مورد سنتز قرار گرفته است. حضور کربن و نیتروژن در ساختار انتخابی باعث شکل گیری یکنواخت صفحات و در نتیجه تخلخل‌های نانومتری در میکروساختارها شده است. شکل(۱)، تصویربرداری میکروسکوپ الکترونی گسیل میدانی ساختار مورد بررسی را نشان می‌دهد.



شکل ۱: تصویر میکروسکوپ الکترونی گسیل میدانی (FE-SEM).

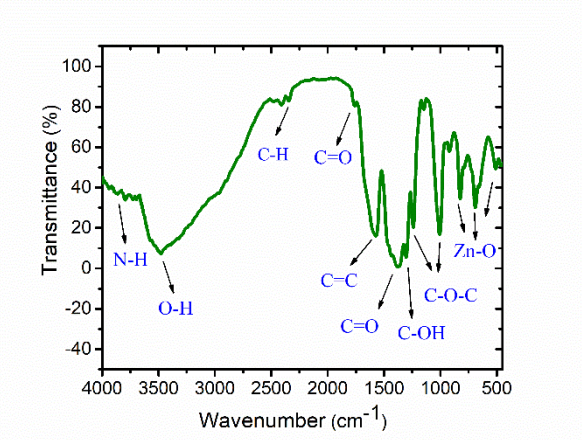


شکل ۲: نمودار توزیع فراوانی اندازه ساختارها.

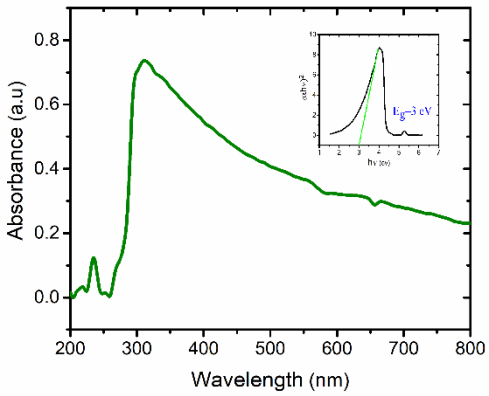
این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-05]

شکل (۲)، توزیع فراوانی اندازه ساختارها را نشان می‌دهد، با توجه به نمودار اندازه ساختارها بین یک تا سه میکرومتر متغیر و بیشترین توزیع فراوانی در اندازه دو میکرومتر می‌باشد. شکل (۳) طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه را نشان می‌دهد که به منظور بررسی پیوندهای موجود در نمونه انجام و مورد تفسیر قرار گرفت. در بررسی عدد موج دره‌ها ،حضور پیوندهای Zn-O، C-O-C، C-OH، C=O، C-H، O-H، N-H و C=C در نمونه مورد بررسی، مشاهده می‌شود.



شکل ۳: طیف FT-IR از میکرو ساختارهای سنتز شده.



شکل ۴: طیف سنجی مرئی-فرابنفش میکرو ساختارها به همراه نمودار محاسبه شکاف نواری نمونه به روش تاک پلات.

شکل (۴) طیف جذب مرئی-فرابنفش نمونه و نمودار مربوط به محاسبه گاف نواری آن را نشان می‌دهد. طیف جذب نمونه (UV-Visible) یک بیشینه در ۲۳۳ نانومتر را نشان می‌دهد که مربوط به پیوند C=C درون ماده است و بیشینه دیگری در ۳۱۰ نانومتر ظاهر شده است که مربوط به شکاف نواری اکسید روی می‌باشد. شکاف نواری نمونه به روش تاک پلات اندازه گیری شده و ۳ eV بدست آمده است. از طرفی جذب نمونه در ناحیه مرئی هیچ بیشینه قابل ملاحظه‌ای ندارد اما شدت جذب در بازه مرئی مقدار قابل توجهی است.

آماده سازی محیط‌های لیزر تصادفی و چیدمان آزمایشگاهی

در این پژوهش دو نمونه محلول رودامین 6G با غلظت ۵mM به عنوان محیط فعال و میکروساختارهای ZnO@C-N با غلظت ۲ mg/ml به عنوان مراکز پراکننده انتخاب شده‌اند. برای بررسی میزان تاثیر حلال در طیف خروجی لیزر، در یک نمونه فقط از حلال متانول و در نمونه دیگر از ترکیب دو حلال متانول و دی اتیلن گلیکول با نسبت یک به یک استفاده شده است. دلیل استفاده از حلال متانول، فراهم کردن بیشترین شدت فلورسانس برای رودامین 6G می‌باشد [5]. انتخاب حلال دی اتیلن گلیکول به دلیل بالاتر بودن میزان قطبیت آن نسبت به متانول صورت گرفته است. محلول حاوی رودامین 6G و میکروساختارها توسط هارمونیک دوم (طول موج ۵۳۲ نانومتر) لیزر پالسی Q سوئیچ Nd:YAG با عرض پالس ns ۱۰ و قطر لکه ۳ میلی متر پرتودهی شده است. تابش حاصل از محلول توسط یک فیبر نوری جمع آوری و سپس با انتقال به طیف سنج با قدرت تفکیک ۰/۵ نانومتر آشکارسازی می‌گردد.

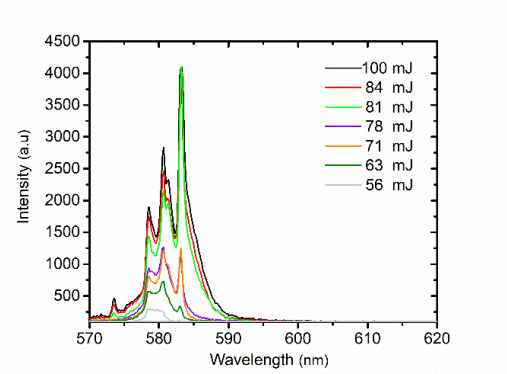
نتایج تجربی

شکل (۵) طیف لیزر تصادفی محلول رودامین 6G با حلال متانول و شکل (۶) با ترکیب حلال‌های متانول و دی اتیلن گلیکول به همراه میکروساختارها را نشان می‌دهد.در هر دو

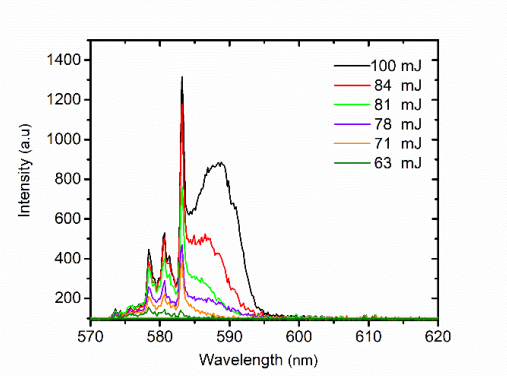
این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-05]

نمونه مدهای جایگزیده در طیف خروجی دیده می‌شود که به دلیل تکرارپذیری این مدها، احتمال گیراندازی نور درون تخلخل‌های نانومتری ساختار قوت می‌یابد. در هر دو طیف آستانه ظهور مدهای جایگزیده در انرژی ۶۳ میلی ژول در هر پالس می‌باشد و به تدریج با افزایش انرژی پمپ لیزر بر شدت مدهای جایگزیده افزوده و مدهای جدیدی بر طیف خروجی نمایان می‌شود. طول موج مدهای جایگزیده در هر دو نمونه یکسان و برابر است با ۵۷۳، ۵۷۸، ۵۸۰ و ۵۸۳ نانومتر می‌باشد. فاکتور کیفیت مدها در بالاترین انرژی لیزر پمپ (۱۰۰ میلی ژول در هر پالس) در هر دو نمونه یکسان و تنها در طول موج ۵۸۳ نانومتر در نمونه حلال ترکیبی نیم پهنای طیفی به اندازه ۰/۱ نانومتر کمتر از نمونه با یک حلال است. تفاوت عمده در دو نمونه، شدت فلورسانس و جابه جایی به قرمز بیشتر در نمونه حلال ترکیبی است.



شکل ۵: طیف لیزر تصادفی از محلول رودامین 6G با حلال متانول به همراه میکروساختارهای ZnO@C-N.



شکل ۶: طیف لیزر تصادفی از محلول رودامین 6G با حلال متانول و دی اتیلن گلیکول به همراه میکروساختارهای ZnO@C-N.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با انتخاب و سنتز میکروساختارهای ZnO@C-N به بررسی لیزر تصادفی همدوس این ساختارها درون محیط فعال رودامین6G در دو نمونه با شرایط یکسان و تنها تغییر حلال پرداختیم. نتایج نشان می‌دهند در شرایطی که از ترکیب دو حلال استفاده کرده‌ایم، آستانه جایگزیدگی نور و مدهای خروجی لیزر تصادفی تغییری نکرده است اما شدت فلورسانس طیف خروجی کاهش یافته است از طرفی طیف خروجی به سمت طول موجهای بلندتر نیز متمایل شده است که دلیل این تغییرات به قطبیت بیشتر حلال دی اتیلن گلیکول نسبت به متانول مرتبط می‌شود. مولکولهای رنگینه، با جذب نور و به دنبال آن گسیل فلورسانس، شروع به تنظیم کردن جهت دوقطبی‌های خود با دوقطبی‌های حلال می‌کنند، هر چه میزان این قطبیت بیشتر باشد سهم بیشتری از انرژی فلورسانس صرف تنظیم دوقطبی‌ها شده و در نتیجه شدت فلورسانس بیشتر کاهش می‌یابد. قطبیت بیشتر حلال جابجایی قرمز قوی‌تری را نیز به دنبال دارد.

مرجع‌ها

[1] Wiersma , D. S., “The Physics and Applications of Random Lasers” , Nature Physics, 4(2008) 3-9

[2] Hui Cao.; “ Review on latest developments in random lasers with coherent feedback”; J. Phys. A . 38 (2005) 10497- 10535.

[3] Hui Cao; “Lasing in random media”;

Waves Random Media (2003) R1-R39

[4] Luan, F., Gu, B., Gomes, A. S., Yong, K. T., Wen, S., & Prasad, P. N. (2015). Lasing in nanocomposite ran dom media. *Nano Today*, *10*(2), 168-192.

[5] Zehentbauer, F. M., Moretto, C., Stephen, R., Thevar, T., Gilchrist, J. R., Pokrajac, D., ... & Kiefer, J. (2014).*Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *121*, 147-151.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-05]