بیست و پنجمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و یازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شیراز،
شیراز، ایران.
۹-۱۱ بهمن ۱۳۹۷

لیزر تصادفی از محلول رنگینه رودامین 6G آلاییده به میکروساختارهای ZnO

ماندانا سادات حسینی[۱]، الناز یزدانی[*۱]، الناز ایرانی[۱]، امیر بیات[۱]، سیروس بازیره[۱]، فریبا مهرادنیا[۲] ، 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 میکروساختارهایی با تخلخل و نسبت سطح به حجم بالا از اکسید روی به منظور جایگزیده کردن نور، انتخاب و سنتز شده است. تست های مشخصه یابی از جمله SEM، XRD و EDAX بر روی نمونه‌های سنتز شده انجام گرفت. سپس تابش لیزر تصادفی با فیدبک همدوس در محلول حاوی رودامین 6G آلاییده به میکروساختارهای ZnO و نیز تاثیر انرژی فوتون فرودی بر تغییرات طیف گسیلی مورد بررسی قرار گرفته است.

کلید واژه- لیزر تصادفی، میکرو ساختارهای ZnO ، جایگزیدگی نور، رودامین 6G.

Random laser of rhodamine 6G dye solution embedded with ZnO microstructures

Mandana sadat Hosseini[1], Elnaz yazdani[1], Elnaz irani[1], Amir bayat[1], Sirous bazire[1], Fariba mehradnia[2] and Batool Sajad[2] ([*] Corresponding author: Elnaz.yazdani@gmail.com)

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

[2]Department of physics, Alzahra University of Tehran

Abstract- In this study, Zinc oxide microstructures with high porosity and surface area to volume ratio in order to the light localization has been selected and synthesized. Characterization measurements; such as SEM, XRD and EDAX has been carried out on the structures. Random laser emission with coherence feedback from rhodamine6G solution embedded ZnO microstructures and effect of the pump energy on spectrum emission variation have been investigated.

Keywords: Light localization, Microstructures, Random Laser, Rhodamine 6G.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]

مقدمه

در سال‌های اخیر لیزرهای تصادفی به دلیل خواص منحصر به فردشان توجه محققان و پژوهشگران زیادی را به خود جلب کرده اند. در لیزرهای تصادفی با افزایش تعداد پراکننده‌ها در محیط‌های تقویت کننده ، نقش کاواک (فیدبک) توسط پراکندگی چندگانه ایفا می‌گردد[1] .

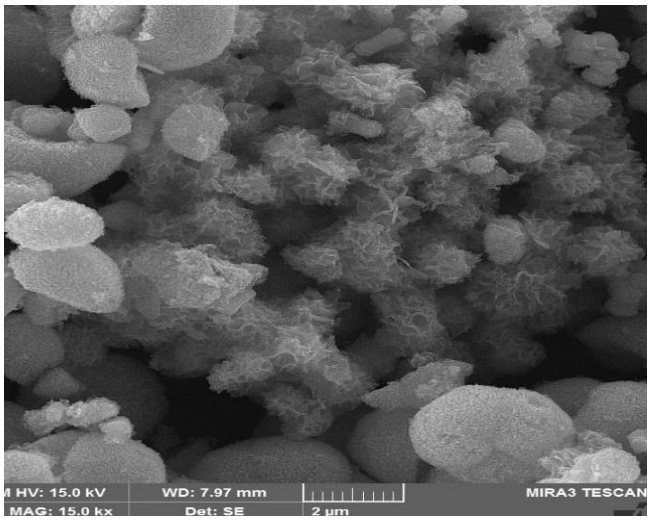
از دیدگاه تجربی لیزرهای تصادفی به دلیل دارا بودن گستره وسیع طیفی ، عدم نیاز به تشدیدگر خارجی ، تهیه سریع و کم هزینه مورد توجه قرار گرفته اند. ویژگی‌های تجربی بدست آمده از این محیط‌ها مانند پهنای طیف گسیلی کم و وجود آستانه انرژی برای شروع تقویت نور ، سبب شده که بتوان اینگونه محیط‌ها را نوعی لیزر نامید[2,3].

مبانی نظری

یک محیط تصادفی دارای توزیع تصادفی از ذرات پراکنده کننده است. اگر در این محیط، پراکندگی به اندازه کافی قوی باشد نور می تواند در فضا تمرکز پیدا کند. پراکندگی چندگانه طول مسیر یا زمانی را که نور در محیط می ماند را افزایش داده، بنابراین باعث افزایش تقویت نور با نشر تحریک شده می شود. پراکندگی دوباره نور، فیدبک همدوس برای نوسان لازم برای تشعشع را فراهم می کند بنابراین تحت شرایط مناسبی، ترکیب تقویت نور اپتیکی و پراکندگی نور چندگانه در محیط تصادفی، منجر به ایجاد لیزر تصادفی می شود. لیزرهای تصادفی از لحاظ نوع فیدبک با لیزرهای معمول تفاوت دارند در این لیزرها، فیدبک به وسیله پراکندگی چندگانه در محیط بهره فراهم می شود[4].

تهیه میکرو ساختار اکسید روی و مشخصه‌یابی

ابتدا ماده اکسید روی به دلیل نداشتن جذب در ناحیه مرئی، ضریب شکست بالا، داشتن قابلیت سنتز در مورفولوژی‌های متنوع و قیمت مناسب جهت استفاده به عنوان ذرات پراکننده در لیزر تصادفی، انتخاب و ساختار مشخصی از آن با میزان تخلخل بالا جهت گیر انداختن نور سنتز شده است. سنتز این ساختار به روش هیدروترمال انجام گرفت. شکل(۱)، تصویربرداری میکروسکوپ الکترونی گسیل میدانی ساختار حاصل از سنتز را نشان می‌دهد که این ساختار دارای میزان تخلخل و نسبت سطح به حجم بالایی است واندازه آن حدود یک میکرومتر تخمین زده شده است.

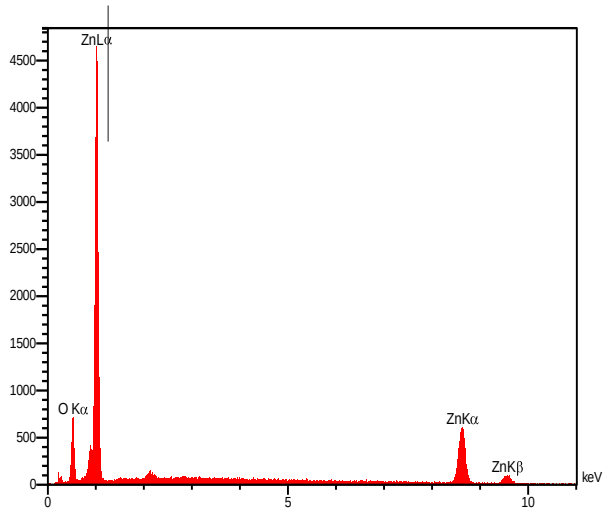


شکل ۱: تصویر میکروسکوپ الکترونی گسیل میدانی (FE-SEM)

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

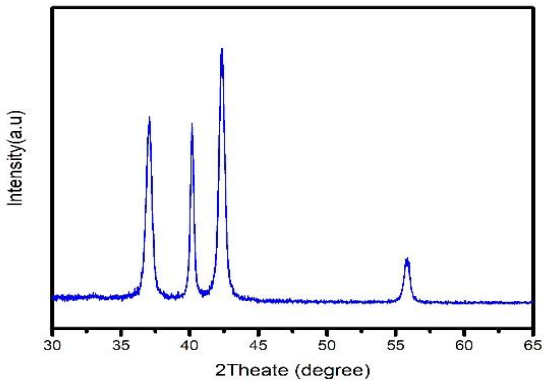
[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]

شکل۲: تست تشخیص عناصر از نمونه نشان می‌دهد که ۸۴/۴۹ درصد از ساختار به دست آمده روی و ۱۵/۵۱ درصد آن اکسیژن می‌باشد. بنابراین ساختار حاصل اکسید روی بدون ناخالصی می‌باشد.



شکل۲: نمودار EDAX (تست تشخیص عناصر موجود در نمونه)

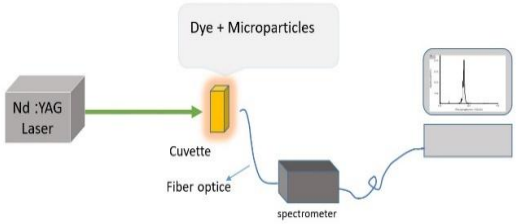
شکل۳: طیف پراش اشعه ایکس از نمونه نشان می‌دهد کریستال‌های اکسید روی به خوبی تشکیل شده است و پیک‌های به دست آمده به خوبی با پیک‌های مورد انتظار برای اکسید روی مطابقت دارد.



شکل۳: طیف سنجی پراش اشعه ایکس نمونه

چیدمان آزمایشگاهی

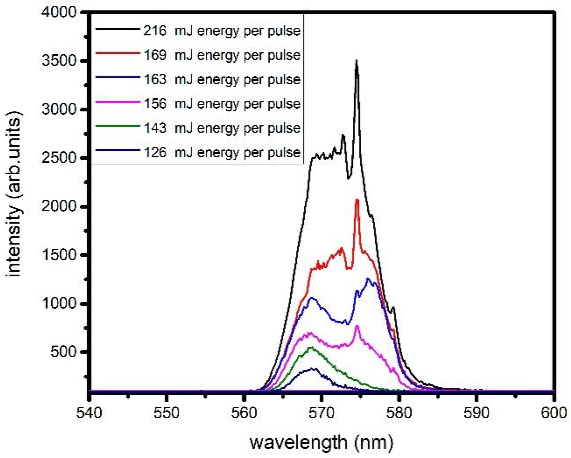
طرحواره چیدمان آزمایشگاهی این پژوهش در شکل (۴) نشان داده شده است. محلول حاوی رودامین 6G و میکروذرات ZnO توسط هارمونیک دوم (طول موج ۵۳۲ نانومتر) لیزر پالسی Q سوئیچ Nd:YAG با عرض پالس ۱۰ ns و قطر لکه ۳ میلی متر پرتودهی شده است. تابش حاصل از محلول توسط یک فیبر نوری جمع آوری و سپس با انتقال به اسپکترومتر با قدرت تفکیک ۰/۵ نانومتر آشکارسازی می‌گردد.



شکل ۴: چیدمان آزمایشگاهی لیزر تصادفی

نتایج تجربی

در این پژوهش محلول رودامین 6G آلاییده به میکرو ساختارهای اکسید روی با غلظت‌های ، ۵ و ۰/۰۷ میلی مولار به ترتیب برای رودامین 6G و میکرو ساختارهای اکسید روی تهیه شده است. شکل۵، تغییرات طیف گسیل لیزر تصادفی با تغییر انرژی پمپ را نشان می‌دهد.

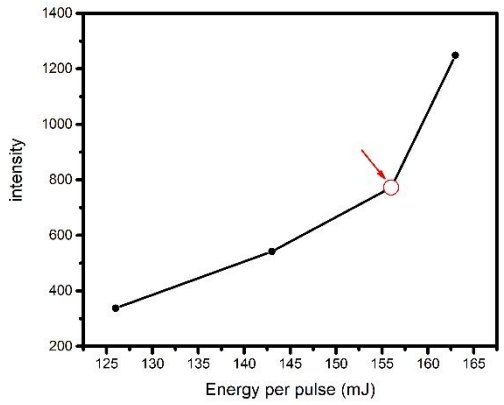


شکل۵: طیف تابشی محلول رودامین 6G حاوی ساختارهای اکسید روی

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]

همانگونه که در طیف‌ها مشاهده می‌شود، در شدت پایین انرژی پمپ، طیف تابشی به صورت طیف فلورسانس می‌باشد. با افزایش شدت پمپ به تدریج قله‌های گسسته‌ی ناشی از نوسان لیزری بر روی طیف پدیدار می‌گردند. به عبارت دیگر، با افزایش شدت پمپ، تقویت در محیط تصادفی افزایش یافته و منجر به تشکیل کاواک‌های محلی و رخ دادن نوسان لیزری برای مدهای مختلف می‌شود. بلندترین قله گسسته که در سمت راست نمودار مشاهده می‌شود دارای طول موج ۵۷۴ نانومتر با نیم پهنا بیشینه تقریبا ۰/۷ نانومتر می‌باشد. شکل۶، تغییرات شدت طیف گسیلی با شدت پمپاژ برای محلول حاوی رودامین 6G با غلظت ۵ میلی مولار و میکرو ساختارهای اکسید روی با غلظت ۰/۰۷ میلی مولار بررسی شده است. همانطور که در نمودار مشاهده می‌شود، با افزایش شدت پمپ شدت طیف تابشی افزایش می‌یابد و در شدت ۱۵۶ میلی ژول نمودار یک جهش دارد که نقطه نشان داده شده روی نمودار مربوط به این آستانه برای لیزر تصادفی می باشد.



شکل۶: نمودار تغییرات شدت طیف تابشی بر حسب انرژی فرودی

نتیجه گیری

در این پژوهش با انتخاب و سنتز میکرو ساختاری با تخلخل و نسبت سطح به حجم بالا از اکسید روی با هدف گیرانداختن نور، به بررسی تابش لیزر تصادفی از محلول رنگینه رودامین 6G آلاییده به میکروساختارهای ZnO و اثر شدت انرژی فرودی بر تغییرات طیف گسیلی پرداختیم. نتایج تجربی نشان می‌دهند با افزایش شدت نور فرودی، شدت طیف گسیلی افزایش می‌یابد به طوریکه با افزایش انرژی از یک مقدار آستانه، مدهای مربوط به لیزر تصادفی با غلبه بر اتلاف بر روی طیف نمایان می‌گردند. همچنین تخلخل بالای ذرات پراکننده، غلظت بسیار کم آن‌ها را برای رسیدن به گسیل تصادفی با فیدبک همدوس توجیه می‌کند.

مرجع‌ها

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

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

[3] Lawandy, N. M, Balachandran, R, M , Gomes, A, S , L. &Sauvain, E. Nature 368, 436 (1994).

[4] Hui Cao; "Lasing in random media"; Waves Random Media (2003) R1-R39.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]