

تولید بایوکاواک‌های کروی برای میکروبايولیزرها

شیما وحیدی، مریم علیان‌نژادی^{*}، زهرا قلی‌زاده

Shimavahidi78@semnan.ac.ir, m_aliannezhadi@semnan.ac.ir, Z_gholizadeh@semnan.ac.ir

چکیده - در این مقاله، ایجاد کاواک‌های فعال لیزری مبتنی بر رودامین B با استفاده از سرم آلبومین گاوی با موفقیت گزارش می‌شود. برای ایجاد میکروکاواک‌های فعال لیزری از روش جدیدی با بهره‌گیری از دستاوردهای متون علمی استفاده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که میانگین و پراکندگی قطر بایوکاواک‌های کروی به ترتیب $29.56/56$ میکرومتر و $2.58/58$ نانومتر است. بررسی طیف تابش میکروکاواک‌ها تحت 532 نانومتر نشان می‌دهد که مدهای مختلف در خروجی کاواک فعال لیزری وجود دارد. با این وجود، کمترین پهنای خط در نصف بیشینه ($4.9/9$ نانومتر) و بیشترین ضریب کیفیت ($158.7/7$) در طول موج خروجی $793.5/5$ نانومتر به دست می‌آید.

کلید واژه- بایولیزر، پروتئین، تابش فلورسانس، مد گالری نجواگر، میکروکاواک.

Producing Spherical Bio-Cavities for Micron-Scale Bio-Lasers

Shima Vahidi¹, Maryam Aliannezhadi^{*1}, Zahra Gholizadeh¹

¹Faculty of Physics, Semnan University, PO Box: 35195-363, Semnan, Iran

Shimavahidi78@semnan.ac.ir, m_aliannezhadi@semnan.ac.ir, Z_gholizadeh@semnan.ac.ir

Abstract- This paper reports the successful production of laser-active cavities based on rhodamine B using bovine serum albumin. A new method is developed to create active laser microcavities by taking advantage of scientific literature. The results show that the average and dispersion of the diameters of spherical bio cavities are 29.56 and 2.58 microns, respectively. The emission spectrum of the microcavity under pumping at 532 nm shows that different modes are observed in the output of the active cavities. However, the lowest linewidth at half maximum (4.9 nm) and the highest quality factor (158.7) are observed at an output wavelength of 793.5 nm.

Keywords: Bio laser, Fluorescence emission, Protein, Whispering gallery mode, Microcavity

مقدمه

امروزه، لیزر به عنوان ابزاری ضروری در صنایع مدرن، تحقیقات علوم پایه و پزشکی مدرن شناخته شده است. استفاده گسترده‌ی لیزر در حوزه‌های مختلف از جمله بررسی و شناسایی ماده، تشخیص بیماری‌های مختلف، ترمیم پوست آسیب‌دیده، نظارت بر واکنش‌های شیمیایی، الگوبرداری و غیره موجب توجه دو چندان به این فناوری جدید شده است [۱].

لیزرهای زیستی یا بایولیزرها نوع جدیدی از لیزرها هستند که تعریف آنها در چند سال گذشته در حال تحول بوده است و به دلیل ماهیت خاص خود دارای کاربردهای متعددی می‌باشند. این لیزرها در حال حاضر به این صورت توصیف می‌شوند که بایولیزرها نوع جدیدی از لیزر هستند که از مواد زیستی به عنوان قسمتی از محیط فعال و/یا کاواک خود بهره می‌برند و یا درون مواد زیستی تعبیه می‌شوند [۲]. بایولیزرها در واقع از گسیل القایی به جای گسیل خودبخودی ناشی از فلورسانس استفاده می‌کنند [۳].

اولین بایولیزرها از منابع بایولوژیکی مانند سلول‌ها و تغییرات داخل سلولی را با قرار دادن آنها در داخل ماده فعال لیزر تشخیص و تصویربرداری می‌کردند [۳]. امروزه از موادی همچون DNA، پکتین^۱، سلولز، سرم آلبومین گاوی (BSA)^۲، پروتئین سفیده تخم اردک، پروتئین مرغ، نشاسته و... همراه با رنگدانه‌های مختلف خانواده‌ی آلبومین، ایندوسیانین سبز^۳ و ... برای ساخت این بایولیزرها استفاده می‌شود [۴-۷]. از انواع کاواک‌های قابل استفاده برای این لیزرها می‌توان به میکرو حباب‌های نوری مبتنی بر حالت مدهای گالری نجواگر^۴، کاواک‌های مبتنی بر بازخورد توزیع شده^۵، بلور فوتونیک و کاواک‌های تصادفی اشاره کرد [۳].

میکرو حباب‌های کروی اغلب برای ایجاد بایولیزرها مناسب‌تر هستند زیرا آستانه کم، پهنای خط باریک و ضریب کیفیت بالا را فراهم می‌کنند.

ساخت بایولیزرها در ابعاد میکرومتر و نانومتر می‌تواند منجر به بهره‌وری بیشتر آنها در بدن به ویژه در بافت‌ها و سلول‌ها شود. بنابراین، ایجاد کاواک فعال این بایولیزرها در این مقاله مورد بررسی قرار می‌گیرد. رنگ رودامین B (RhB) در ۵۳۲ نانومتر جذب قابل توجهی دارد که دمشی در این طول موج به راحتی با استفاده از لیزرهایی مثل ND: YAG یا سایر منابع نوری می‌تواند تامین شود. هر چه تولید بایولیزر ارزان‌تر، قابل دسترس‌تر و زیست‌سازگارتر باشد و همچنین فرآیند تولید و استخراج آن ماده زیستی پیچیدگی‌های کمتری داشته باشد، مناسب‌تر است. بنابراین، در این مقاله سرم آلبومین گاوی و رنگدانه RhB برای ایجاد میکرو کاواک‌های کروی با قابلیت ایجاد بایولیزر مورد بهره‌برداری و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد..

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، سرم آلبومین گاوی، رودامین B و دکانول از شرکت مرک^۶ خریداری و از زیرلایه شیشه به عنوان سطح زیرلایه مناسب برای ایجاد بایوکاواک‌ها استفاده می‌شود.

برای ایجاد بایوکاواک‌ها در ابتدا مقدار ۰/۴ گرم BSA با آب دیونیزه ترکیب و در دمای محیط هم زده شد تا یکنواخت شود. مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر محلول ۱ درصد وزنی RhB به صورت جداگانه تهیه و دو محلول ترکیب شدند. با اضافه کردن دکانول روی شیشه و اضافه کردن ترکیب تهیه شده به آن قطرات کوچک ایجاد شدند. قطرات به دلیل آب‌گریزی دکانول حالت کروی شکل خود را حفظ کردند. زیر لایه را به مدت ۵۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد داخل

⁴ Whispering gallery mode

⁵ Distributed feedback

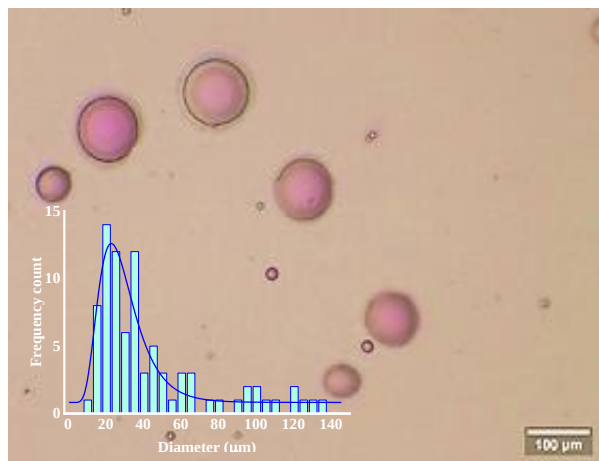
⁶ Merck

¹ Pectin

² Bovin serum albumin

³ Indocyanine green (ICG)

۱۳/۴۲ و ۱۲۹/۳۱ میکرون می‌باشند. همچنین، میانگین قطر بایوکاواک‌های کروی برابر با 29.56 ± 2.58 میکرون و درصد پراکندگی قطر میکروکره‌ها ۹٪ است.



شکل ۱: تصویر میکروسکوپ نوری بایوکاواک‌های کروی ایجاد شده با سرم آلبومین گاوی و رودامین B. نمودار ستونی توزیع اندازه میکروکاواک‌های فعال لیزری در قسمت داخلی شکل دیده می‌شود.

طیف نشری میکروکاواک فعال لیزری

طیف‌های تهییج و نشر میکروکاواک‌های فعال لیزری تولید شده با سوزن در شکل ۲ ارائه شده‌است. ناحیه تهییج با رنگ زرد در شکل نشان داده شده و با خط چین سبز رنگ از ناحیه انتشار جدا شده‌است. طیف نشان می‌دهد که میکروکاواک‌هایی که در طول موج تهییج $532 \pm 7/96$ نانومتر با استفاده از لامپ برانگیخته شده‌اند، دارای تابش نشری در طول موج‌های خاص می‌باشند که شدت و پهنای تابش در ناحیه IR به ترتیب بسیار بیشتر و کمتر از دو قله دیگر است. به منظور مشخص کردن محل دقیق قله‌ها، طیف PL در ناحیه نشر به توابع گاوسی سازنده خود تجزیه (نمودارهای گاوسی سبز رنگ) شدند و نتیجه در داخل شکل ۲ ارائه شده و مشخصات توابع برازش‌شده در جدول (۱) گردآوری شده‌است. نتایج موید کیفیت تابش خروجی در طول موج $793/5$ نانومتر است. همچنین، ایجاد سه قله در نمودار به علت دم‌همزمان میکروکاواک‌هایی با قطرهای متفاوت

آون قرار داده تا دکانول و آب حذف شود و میکروکره‌های جامد روی سطح زیرلایه ایجاد شوند. لایه تهیه شده از میکروکاواک‌ها روی زیرلایه در یک محل خشک و در دمای محیط نگهداری شد تا مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

نتایج و بحث

در این قسمت در ابتدا ایجاد میکروکاواک‌های لیزری با استفاده از بررسی با میکروسکوپ نوری مدل صایران مدل 500t به اثبات می‌رسد و سپس پاسخ نوری میکروکاواک ساخته شده به نور دستگاه فوتولومینسانس (PL) برند shimadzu مدل RF6000 در طول موج مرکزی جذب RhB ارائه تا طول موج پاسخ میکروکره‌ها مشخص شوند.

بررسی شکل و ابعاد میکروکاواک‌ها

به منظور بررسی شکل و ابعاد بایوکاواک‌های تولید شده از میکروسکوپ نوری استفاده شد و نتیجه در شکل ۱ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌کنید، ناحیه سیاه‌رنگ در اطراف بایوکاواک‌ها موید ایجاد ساختار سه بعدی و داشتن ضخامت در صفحه عمود بر تابش نور است که توسط میکروسکوپ نوری به اثبات می‌رسد. بنابراین، کاواک ایجاد شده دارای انحنا می‌باشد.

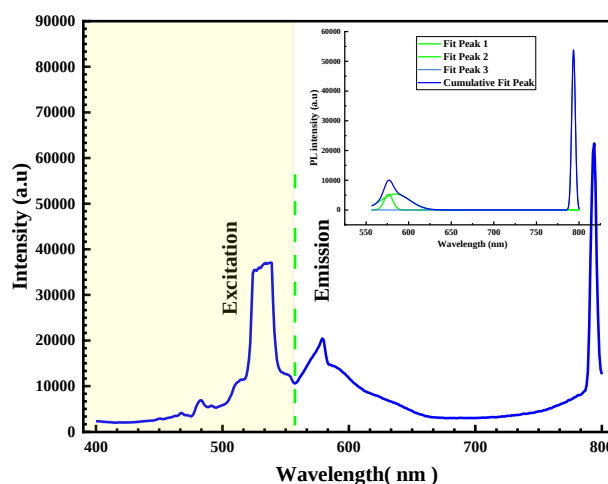
در ادامه، تصاویر میکروسکوپ نوری نمونه‌های متعدد ساخته شده استفاده شد و قطر بایوکاواک‌ها با نرم‌افزار Digimizer اندازه‌گیری شد. سپس، مقدار میانگین قطر بایوکاواک‌ها با استفاده از نرم‌افزار Origin pro و برازش تابع log-normal مورد ارزیابی قرار گرفت. نمودار ستونی توزیع قطر بایوکاواک‌ها و تابع log-normal برازش شده به نمودار ستونی (خط پیوسته آبی رنگ) در قسمت داخلی شکل ۱ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که کمترین و بیشترین قطر بایوکاواک کروی ایجاد شده روی کل زیرلایه به ترتیب

میکروکره‌های تولید شده و ناحیه عملکردی کاواک فعال
لیزری برای ایجاد بایولیزر با بررسی پاسخ نوری میکروکره‌ها
تحت تهییج نوری مورد بررسی قرار گرفت.

مرجع‌ها

- [1] Y. Sun and X. Fan, "Distinguishing DNA by analog-to-digital-like conversion by using optofluidic lasers," 2012.
- [2] X. Fan and S.-H. Yun, "The potential of optofluidic biolasers," *Nature methods*, vol. 11, no. 2, pp. 141-147, 2014.
- [3] Y. C. Chen and X. Fan, "Biological lasers for biomedical applications," *Advanced Optical Materials*, vol. 7, no. 17, p. 1900377, 2019.
- [4] T. Van Nguyen, Q. Van Pham, and T. Van Nguyen, "Biocompatible microlasers based on polyvinyl alcohol microspheres," *Optics Communications*, vol. 459, p. 124925, 2020.
- [5] T. Van Nguyen, H. H. Mai, T. Van Nguyen, and D. C. Duong, "Egg white based biological microlasers," *Journal of Physics D: Applied Physics*, vol. 53, no. 44, p. 445104, 2020.
- [6] H. H. Mai, T. T. Nguyen, K. M. Giang, X. T. Do, T. T. Nguyen, and H. C. Hoang, "Chicken albumen-based whispering gallery mode microlasers," *Soft Matter*, vol. 16, no. 39, pp. 9069-9073, 2020.
- [7] V. T. Nguyen, X. T. Nguyen, N. N. Phan, and H. H. Le, "STARCH BASED MICROSPHERE BIOLASERS," *Journal of Science and Technique-Section on Physics and Chemical Engineering*, vol. 1, no. 01, 2023.
- [8] T. Ioppolo and M. Manzo, "Dome-shaped whispering gallery mode laser for remote wall temperature sensing," *Applied Optics*, vol. 53, no. 22, pp. 5065-5069, 2014.

می‌باشد که با نتایج تصویر میکروسکوپ نوری میکروکاواک‌ها
توجیه می‌شود. وابستگی طول موج تشدید به قطر کاواک-
های کروی در مرجع [۸] نیز گزارش شده است.



شکل ۲: طیف‌های تهییج و نشر میکروکاواک‌های فعال ایجاد شده با
روش سوزن بر روی زیرلایه شیشه. نمودار تجزیه طیف PL به توابع
گاوسی سازنده آن در قسمت داخلی شکل دیده می‌شود.

جدول ۱: مشخصات توابع گاوسی سازنده طیف منتشرشده از
میکروکاواک‌های لیزری تحت تهییج توسط لامپ در طول موج ۵۳۲
نانومتر و ضریب Q مربوط به هر مد.

نوع قله	بیشترین طول موج (nm)	بیشترین ارتفاع	FWHM (nm)	ضریب Q
گاوسی	۵۷۶/۳	۵۲۱۹/۹	۱۲/۱	۴۷/۵
گاوسی	۵۸۴/۵	۵۳۶۹/۳	۳۹/۸	۱۴/۷
گاوسی	۷۹۳/۵	۵۳۸۰/۱	۴/۹	۱۵۸/۷

نتیجه‌گیری

لیزرهای زیستی دارای توانایی خاص برای مهار منحصر به
فرد نور هستند و در زمینه‌های بیولوژیکی، پیشرفت در
مراقبت‌های بهداشتی، فناوری و درک ما از سیستم‌های
بیولوژیکی را تسهیل می‌کنند و کاربردهای متعددی در
پزشکی، تشخیص، علوم محیطی و تحقیقات مهم دارند.
بنابراین، در این مقاله ایجاد کاواک‌های فعال بایولیزرهای
سه بعدی و منحنی شکل با موفقیت گزارش شد و ابعاد



انجمن اپتیک و فوتونیک ایران

مقاله نامه سی و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران و
هفدهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
مقالات شفاهی



انجمن اپتیک و فوتونیک ایران

سی و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران

هفدهمین کنفرانس مهندسی
و فناوری فوتونیک ایران

نشانی کمیته علمی

تهران، بزرگراه جلال آل احمد
خیابان جانبازان، خیابان تئات
کوچه عشقی پور، کوچه آریا، دفتر انجمن
اپتیک و فوتونیک ایران

تلفن: +۹۱ ۴۴ ۲۵ ۵۹ ۳۷

رایانامه: info@icop.ir

تلفن همراه: +۹۱ ۳۲۱۹۶۲۳۴

نشانی کمیته اجرایی

تهران، نارمک؛ دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده فیزیک

تلفن: +۹۱ ۷۷۲۴۰۲۶۶

نمابر: +۹۱ ۷۷۲۴۰۴۷۷

تاریخ برگزاری کنفرانس
۱۷ و ۱۸ بهمن ماه سال ۱۴۰۳
دانشگاه علم و صنعت ایران

ارسال مقالات از تاریخ ۱۷ شهریور لغایت ۱۸ آبان

وبگاه کنفرانس برای ثبت نام و ارسال مقاله <http://icop.ir>

