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

ساخت و مشخصه یابی میکرولیزر های بطری شکل

محمد طالبی خوشمهر[۱]، غلام محمد پارسانسب [۲*]، رضا غلامزاده[۲و۳] ، حمیدرضا قمی [۱]

[۱] پژوهشکده لیزر پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی

[۲] دانشکده مهندسی برق، دانشگاه شهید بهشتی

[۳] دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف

[*]gm_parsanasab@sbu.ac.ir

چکیده – در این مقاله ساخت و مشخصه یابی میکرولیزرهای بطری شکل گزارش می شود. ماده فعال این لیزر رنگ دانه ی رودامین حل شده در محلول SU-8 که به شکل یک بطری حول فیبر نوری قرار گرفته اند است. این لیزرها توسط لیزر پالسی همانگ دوم لیزر Nd:YAG به صورت فضای آزاد پمپ میشوند و طیف خروجی لیزر هم به صورت فضای آزاد جمع آوری می شود. این نوع لیزرها دارای دارای چگالی انرژی آستانه پمپ خیلی کمی هستند که در زمینه ی حسگر های نوری کاربرد فراوانی دارند.

کلید واژه– لیزر ، مد نجوایی ، رنگدانه ، میکروکاواک

Fabrication and characterization of bottle-like microcavity laser

Mohammad Talebi Khoshmehr[1], Gholam Mohammad Parsanasab[2*], Reza Gholamzadeh[2,3], Hamid Ghomi [1]

[1] Laser and Plasma Research Institute, Shahid Beheshti University
[2] Department of Electrical Engineering, Shahid Beheshti University
[3] Department of Mechanical Engineering, Sharif University of Technology
[*]gm_parsanasab@sbu.ac.ir

Abstract- In this paper Fabrication and characterization of bottle-like microcavity laser are reported. The active medium of this laser is Rhodamine (R6G) dye solved in Su-8 solvent that put around the optical fiber like a bottle. These lasers free space pumped with second harmonic Nd: YAG pulsed laser and output spectrum of laser collected as free space. These lasers have very low pump energy density threshold that has widely used in optical sensors.

Keywords: laser, whispering gallery mode, dye, microcavity

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

مقدمه

امواج WGM[1] اولین بار توسط لرد بارون ریلی در قرن ۱۹ مطرح شد .در آزمایشی که لردریلی در کلیسای سنت پاول لندن انجام داد مشاهده کرد که زمانی که موج صوتی در یکی از گنبدهاایجاد می‌شود در گنبد مخالف که فاصله زیادی تامنبع موج دارد نیز به خوبی قابل تشخیص است.هنگامی که موج صوتی در فضای آزاد منتشر می‌شود شدت آن با ضریب عکس فاصله کاهش می‌یابد و موج رفته رفته میرا می‌شود اما در محیط انتشار کروی این کاهش شدت بسیار کمتر است و موج صوتی به خوبی در محیط کره منتشر می‌شود .در ابتدای قرن بیستم مشاهده شد که در صورت انتشار موج الکترومغناطیس روی کره دی‌الکتریک نیز امواج WGM تشکیل می‌شوند و بعدها از آن به عنوان رزوناتور در لیزرهای میکرو کره استفاده شد .برهمکنش بسیار قوی نور و ماده در کاربرد های فوتوالکتریکی یافت شده است. امروزه میکرو کاواک هایی با بیشترین ضریب کیفیت و حجم مدی کوچک با استفاده از میکرو کاواک های WGM ساخته شده است. علاوه بر این به دلیل تقویت میدان قوی در میکرورزناتور ها ، آن ها توجه زیادی و کاربرد های فراوانی در میکرو لیزر های در الکترودینامیک های کوانتومی ، اپتیک غیرخطی و ... بدست آورده اند. بازتاب کلی داخلی در سطح نور را در سطح میکرو کاواک انتشار می دهد و WGM گزینشی تقویت میشود. میکرو کاواک ها با محیط فعال توجه زیادی را به دلیل کاربرد های مهم در ابزار های الکترواپتیکی بدست آورده اند. هندسه میکروکاواک‌ها شامل میکرو دیسک، میکروکره، میکروچنبره می شوند.میکرو کاواک های قطره شکل به صورت نظری مطالعه شده اند[۱].

میکرو کاواک های بطری شکل ساختارهای خاص زیادی در مقایسه با میکروکاواک های دومحوره مثل میکرو کره و مکروچنبره دارند. این میکروکاواک ها شامل WGM هایی با دو منطقه کاملا جدا و میدان تقویت شده دارند. محدوده طیفی آزاد هر میکرو کاواک تقریبا یک مرتبه کمتر از میکروکاواک های دو محوره با قطر یکسان است.که این مسئله کاربردهای خاص مهمی در تطبیق خطوط گذار اتمی در الکترودینامیک کوانتومی کاواک دارند. میکروکاواک های قطره شکل تو خالی ابزار های عالی برای حسگر های زیستی-شیمیایی است[۲-۳].

روش ساخت و طیف گیری

در این پژوهش ما فیبر با قطر ۸۵ میکرومتر درداخل محلول ماده Su-8 2002 با افزونه ماده رودامین[2] با غلظت 1 mg/ml به عنوان ماده فعال لیزر غوطه ور کردیم. با بیرون آوردن فیبر از داخل محلول به علت کشش سطحی، ماده آغشته شده به فیبر در محل هایی از فیبر به صورت بطری جمع می شوند (شکل۱). جداره بیرونی این بطری ها به عنوان میکروکاواک لیزر با ماده فعال رنگدانه رودامین است. با مطالعه اثر WGM میکرو لیزر ها، وابستگی سطح آستانه لیزر و ضریب کیفیت بر شعاع میکروکاواک بررسی شد.



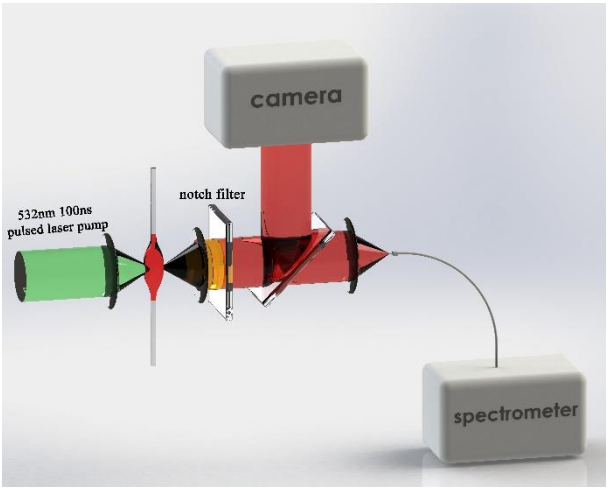
شکل۱ : طرح واره میکرو لیزر های بطری شکل که در دیواره فیبر نوری تشکیل شده اند

[1] Whispering gallery mode
[2] Rhodamine

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

در این تحقیق برای مشخصه یابی طیف میکرولیزر ما با استفاده از یک سیستم پمپ و طیف گیری موضعی موثر از یک لیزر هارمونیک دوم Nd-YAG پالسی ۱۰۰نانوثانیه با طول موج 532nm با نرخ تکرار ۱ پالس بر ثانیه برای پمپ میکرولیزر ها استفاده شد. پرتوی پمپ لیزری با استفاده از لنز با شعاع با فاصله کانونی ۵۰ میلی متر در سطح مقطع دایروی به قطر ۳۰۰ میکرومتر روی میکروکاواک ها با قطر مختلف و قطر داخلی ۸۵ میکرومتر متمرکز شد. تابش میکرو لیزرها توسط لنز شیئی بینهایت 20X جمع شد. برای جلوگیری از ورود نور پراکنده شده پمپ سبز به داخل اسپکترومتر از یک فیلتر شکافی[3] برای طول موج لیزر پمپ استفاده شد. به علت کوچک بودن حجم ماده فعال لیزر، توان خروجی لیزرهای بسیار ضعیف است. پس ما نیازمند تنظیم دقیق محل فرود نور همچین جمع آوری بهینه نور تابشی لیزر و استفاده از اسپکترومتر با نسبت سیگنال به نویز بالا بودیم. در همین راستا در مسیر با استفاده از یک لام شیشه ای با درصد بازتاب ۴ درصد یک دوربین قرار دادیم.



شکل۲ : طرح واره سیستم پمپ و طیف گیری از میکرولیزرهای بطری شکل

در نهایت طیف نور موازی شده لیزر با استفاده از یک شیئی x۱۰ به داخل فیبر نوری متصل شده به اسپکترومتر تزویج شد. طیف تابش میکرو لیزر ها توسط طیف سنج دریافت شد.در (شکل۲) چیدمان اپتیکی پمپ لیزری و طیف گیری از میکرولیزر های بطری شکل نشان داده شده است.

نتایج طیف گیری

طیف میکرولیزرهای بطری شکل در قطرهای ۱۱۰،۱۰۰، ۱۵۰ و ۱۷۰ میکرومتر، طول های به ترتیب ۲۷۰، ۳۰۰، ۲۸۰، ۲۹۰ میکرومتر و در توان پمپ های مختلف مورد تحلیل قرار گرفت. با توجه به طیف خروجی میکرولیزر ها چگالی انرژی پمپ آستانه برای این لیزر ها در طول موج سبز حدود که $2.86 \times 10^{-10}\ {}^{J}/_{mm^2}$ است. یکی از خاصیت های میکرولیزرهای مد نجوایی این است نسبت به انواع لیزرهای موجود دیگر چگالی انرژی آستانه پمپ پایینی دارند.

در نمودار۱ طیف خروجی میکرولیزرهای بطری شکل با قطر و طول های مختلف همراه با عکس هرکدام به نمایش گذاشته شده است. بر اساس این نمودار ها می توان گفت هر چه قدر ضخامت لایه ماده فعال حول فیبرکمتر باشد نسبت حجم موثر ماده فعال به کل حجم ماده فعال افزایش می یابد.

در نمودار۲ با توجه به طیف خروجی میکرولیزرها با قطر مختلف انرژی خروجی میکرولیزر ها برحسب انرژی پمپ ورودی رسم شده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از میکروکاواک یک لیزر با ضریب کیفیت بالا و حد آستانه پمپ کم بسازیم. حد

[3] Notch filter

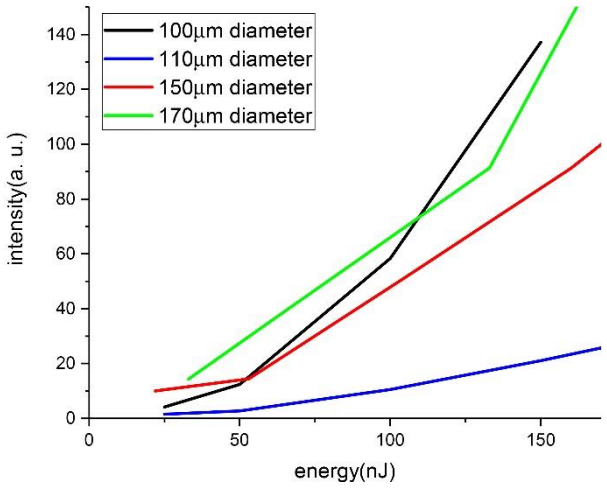
این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]

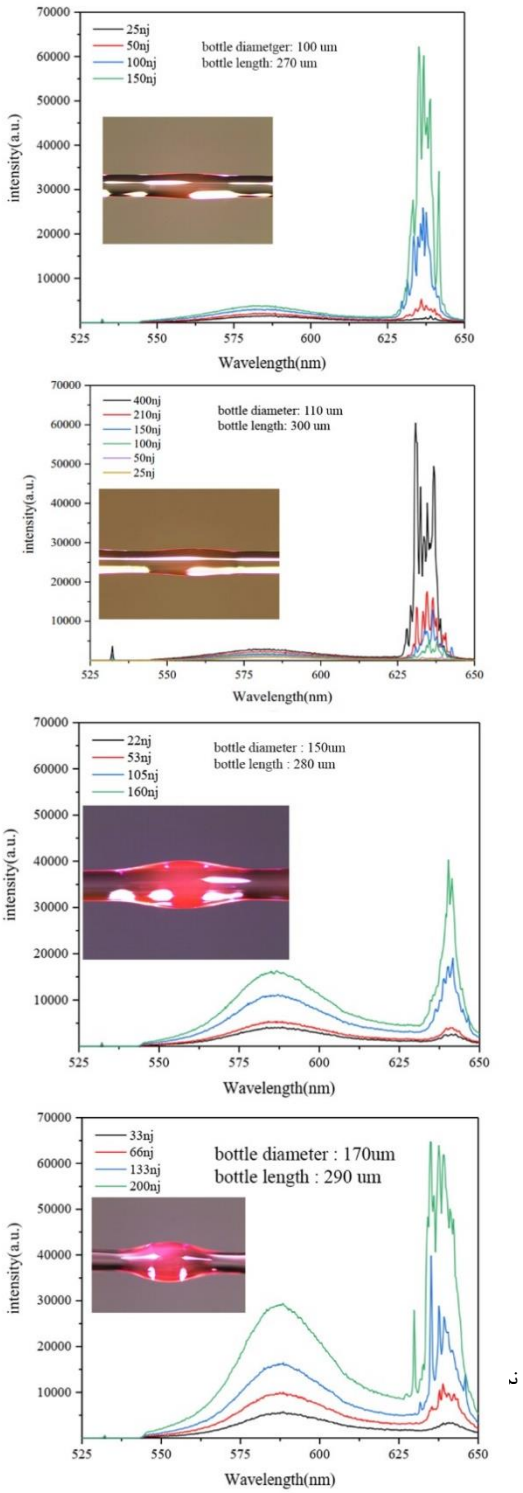
چگالی انرژی آستانه پمپ میکرولیزرها در طول موج 532nm برابر با $2.86 \times 10^{-10}\ {}^{J}/_{mm^2}$ شد. به علت اینکه مد نجوای میکرولیزر در حول دیواره میکروکاواک تشکیل می‌شود، ضخامت بدنه نباید بیشتر از حجم موثر به مدی میکروکاواک باشد تا تمام ماده فعال آغشته شده فیبر نوری تحت تاثیر میدار مد نجوا قرار بگیرد. در غیر این صورت مواد میانی ماده فعال لیزر تحت تاثیر تابش پمپ فقط از خود فلورسانس تابش می‌کند که همان طور نمودار ۱ می بینیم با افزایش شعاع میکروکاواک میزان شدت تابشی فلورسانس میکرولیزر افزایش پیدا می‌کند.

مرجع‌ها

[1] Slavcheva G, Koleva M and Pimenov A 2017 J. Opt. 19 065404
[2] Liu P, Singh S, Guo Y, Wang J-J, Xu H, Silien C, Liu N and Ryan K M 2017 Sci. Rep. 7 43884
[3] Kippenberg T J, Spillane S M and Vahala K J 2004 Appl.Phys. Lett. 85 6113–5



نمودار۲ : انرژی خروجی میکرولیزرها با قطر های مختلف برحسب انرژی ورودی



و ۱۷۰

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-19]