

## مقاله‌نامه بیست و سومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۰-۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۵)

### تأثیرات تغییرات مشخصه های دریاچه اکسیدی بر عملکرد لیزر نیمه رسانای کاواک قائم گسیل سطحی با

#### طول موج خروجی ۹۸۰ nm

زهرا دانش کفترودی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> دانشگاه گیلان، دانشکده فنی و مهندسی شرق گیلان

#### چکیده

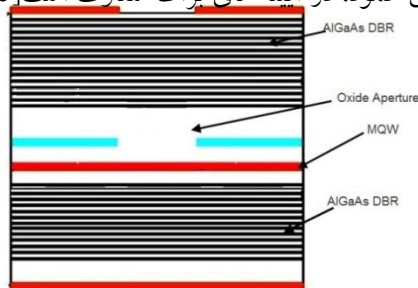
در این مقاله تأثیرات تغییرات مشخصه های دریاچه اکسیدی نظیر قطر و ضخامت دریاچه بر روی عملکرد لیزر نیمه رسانای کاواک قائم گسیل سطحی با طول موج خروجی ۹۸۰ nm، با استفاده از شبیه سازی مورد مطالعه قرار گرفته است. نرم افزار مورد استفاده به صورت خود سازگار رفتار الکتریکی، اپتیکی و حرارتی قطعه را در سه بعد شبیه سازی می کند. جریان آستانه، توان خروجی و نمودار ولتاژ-جریان در هر مرحله به دست آمده و نتایج با هم مقایسه شده اند.

با ورود به قرن ۲۱، ارتباطات فیبر نوری به جزء لاینفک کار، اقتصاد و تحقیقات در زندگی روزمره تبدیل شده است. لیزرهای نیمه رسانای کاواک قائم گسیل سطحی با مشخصه های منحصر به فرد بعنوان منابع نوری در این سیستم ارتباطی بسیار مورد توجه هستند. ایده ابتدایی ساخت این ادوات در سال ۱۹۷۷ میلادی مطرح شد، اما به دلیل مشکلات ساخت، این ادوات از اواخر دهه ۹۰ میلادی وارد بازارهای جهانی شدند. استفاده از شبیه سازی کامپیوتری برای ساخت ادوات اپتوالکترونی از سال ۱۹۷۰ میلادی در صنعت آغاز شد، زمانیکه نخستین شبیه ساز قطعات سیلیکونی وارد بازارهای جهانی شدند. از آن زمان تا کنون شبیه سازی به جزء مهم برای ساخت و بهینه سازی ادوات اپتوالکترونیکی تبدیل شده است. با استفاده از شبیه سازی قادر خواهیم بود که عملکرد یک قطعه را قبل ساخت پیش بینی کنیم. از اینرو به روشهای آزمون و خطای مرسوم آزمایشگاهی برای ساخت نیاز نخواهد بود. که این منجر به کاهش قیمت و صرفه جویی در زمان ساخت خواهد شد. هر دو عامل ذکر شده، از پارامترهای بسیار مهم جهت ماندگاری ادوات اپتوالکترونیکی در بازارهای جهانی هستند. خصوصیات شبیه ساز مورد استفاده در این تحقیق در مرجع [۱] به صورت کامل بیان گردیده است. استفاده از دریاچه اکسیدی، روشی رایج و اقتصادی برای محصور سازی جریان الکتریکی و موج اپتیکی در لیزرهای نیمه رسانای کاواک قائم گسیل سطحی است [۲]. ایده اصلی استفاده از دریاچه های اکسیدی با امکان رشد رونشستی لایه هائی از جنس A و ترکیبات گروه III-V مطرح شد. با اکسید کردن ترکیباتی از جنس فوق، یک لایه اکسیدی موضعی در درون ساختار ایجاد می شود. این لایه اکسیدی دارای مقاومت الکتریکی بالا و ضریب شکست پائین است. بنابراین تقویت باریکه را مختل نمی کند و محصور سازی جریان را به بهترین نحو انجام می دهد. استفاده از این دریاچه منجر به افزایش کارایی قطعه می گردد.

مشخصات قطعه مورد مطالعه در شکل ۱ نمایش داده شده است.

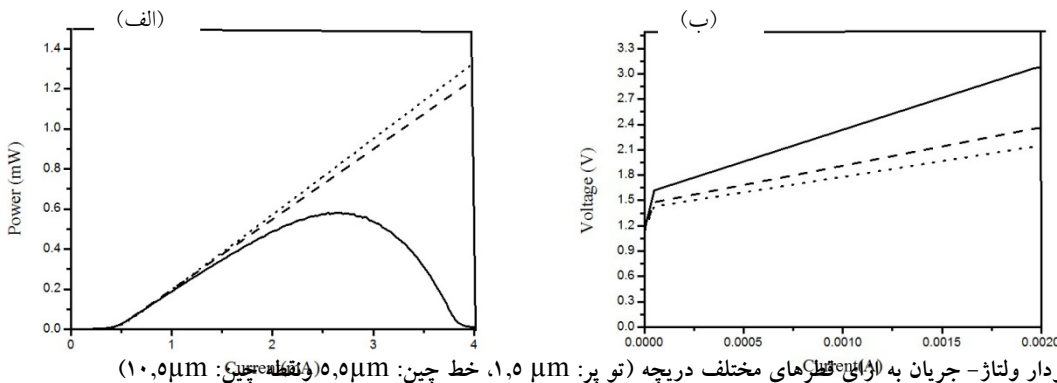
## مقاله‌نامه بیست و سومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۰-۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۵)

به دلیل خصوصیات دریچه اکسیدی، برای شبیه سازی رفتار اپتیکی قطعه روش برداری شاخص مؤثر (EIM) مورد استفاده قرار می گیرد [۳]. برای شبیه سازی حرارتی قطعه، با توجه به حضور دریچه اکسیدی، شارش گرما در آینه های براگ به صورت غیر یکنواخت صورت می گیرد. این بدان معنا است که ضریب رسانندگی حرارتی در جهت شعاعی در مقایسه با راستای عمود، در آینه های براگ متفاوت است [۴].



شکل ۱: قطعه مورد مطالعه

در مرحله اول این مطالعه، به ازای ضخامت ثابت  $73 \text{ nm}$  دریچه اکسیدی و تغییر قطر آن، رفتار قطعه مورد بررسی قرار گرفت. نمودارهای توان خروجی بر حسب جریان عبوری به ازای قطرهای مختلف دریچه اکسیدی در شکل ۲ (الف) رسم شده اند.

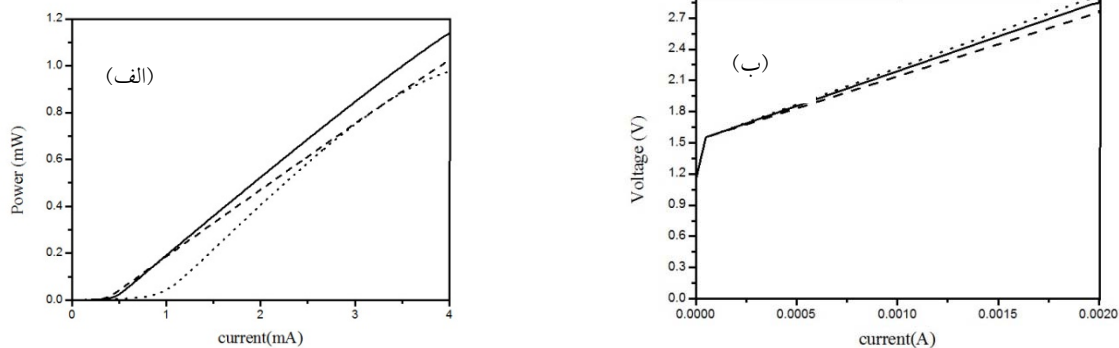


شکل ۲: (الف) نمودار توان-جریان، (ب) نمودار ولتاژ-جریان به ازای قطرهای مختلف دریچه (توپر:  $1.5 \mu\text{m}$ ، خط چین:  $0.5 \mu\text{m}$ ، خط پاره:  $1.0 \mu\text{m}$ )

با توجه به شکل می توان مشاهده نمود که با افزایش قطر دریچه توان خروجی افزایش می یابد. تأثیرات خود گرمایش بر روی عملکرد قطعه به ازای قطر  $1.5 \mu\text{m}$  مشاهده می شود. قطر کوچک دریچه باعث عبور چگالی جریان بیشتر از ناحیه فعال می شود که در نتیجه آن، ناحیه فعال قطعه در مقایسه با ادواتی با قطرهای بزرگتر، سریعتر گرم می شود. با افزایش دمای ناحیه فعال، فرار حاملها از ناحیه فعال افزایش می یابد، در نتیجه آهنگ بازترکیب القایی کاهش یافته که منجر به کاهش توان خروجی در جریانهای پایین می گردد. افزایش قطر باعث می شود که پمپاژ الکتریکی قطعه بهتر صورت گیرد و توان خروجی افزایش یابد. با افزایش بیشتر قطر دریچه چون تأثیرات محصور شدگی جریان کمتر می شود افزایش چشمگیری در توان خروجی قطعه دیده نمی شود. جریان آستانه تغییرات چندانی ندارد. نمودارهای ولتاژ-جریان قطعات با قطرهای مختلف در شکل ۲ (ب) نمایش داده شده اند. با افزایش قطر دریچه اکسیدی به دلیل کاهش طول لایه اکسیدی (عایق)، مقاومت الکتریکی قطعه کاهش می یابد، به همین دلیل کاهش ولتاژ قطعه مشاهده می شود.

## مقاله‌نامه بیست و سومین کنفرانس بهاره فیزیک (۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۵)

در مرحله بعدی، به ازای قطر ثابت دریچه، با تغییر ضخامت لایه اکسیدی تغییرات مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج در شکل‌های ۳ (الف) و (ب) نمایش داده شده‌اند. با افزایش ضخامت دریچه اکسیدی، جریان آستانه افزایش می‌یابد. با توجه به شکل ۳ (الف) تغییرات توان خروجی اندکی پیچیده به نظر می‌رسد. ضخامت ۷۳ nm بیشترین توان خروجی را ایجاد می‌کند. این بدان معناست با ضخامت ۷۳ nm دریچه اکسیدی، کاواک لیزر طول موجی نزدیک به طول موج پیک بهره را تقویت می‌کند. در نتیجه افزایش بهره اپتیکی، توان خروجی نیز افزایش می‌یابد. هر گونه افزایش یا کاهش ضخامت دریچه، باعث افزایش آفست بین این دو طول موج می‌گردد که باعث کاهش توان خروجی می‌شود [۵].



شکل ۳: (الف) نمودار توان-جریان، (ب) نمودار ولتاژ-جریان به ازای ضخامتهای مختلف دریچه (نو پر: ۷۳ nm، خط چین: ۹۳ nm و نقطه چین: ۵۳ nm)

با افزایش ضخامت دریچه اکسیدی، در ولتاژ قطعه تغییرات چشمگیری دیده نمی‌شود. فقط کاهش اندک ولتاژ به ازای افزایش ضخامت دریچه مشاهده می‌شود.

### نتیجه گیری

با استفاده از شبیه سازی، رفتار لیزر نیمه رسانای کاواک قائم گسیل سطحی با طول موج خروجی ۹۸۰ نانومتر تحت شرایط متفاوت عملکرد، بررسی شد. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که با افزایش قطر دریچه و به ازای ضخامت ثابت جریان آستانه تغییر چندانی نمی‌کند و توان خروجی افزایش می‌یابد. نمودارهای ولتاژ جریان نشان دهنده کاهش مقاومت الکتریکی قطعه با افزایش قطر دریچه هستند. نتایج حاصل از شبیه سازی به ازای قطر ثابت و ضخامتهای متفاوت نشان دهنده افزایش جریان آستانه و کاهش مقاومت الکتریکی قطعه با افزایش ضخامت دریچه اکسیدی است. توان خروجی به ازای ضخامت ۷۳ nm دریچه اکسیدی بیشینه است.

از شرکت crosslight که امکان استفاده آنلاین این نرم افزار PICS3D-2008-12 را برای دانشگاه گیلان فراهم آوردند، بسیار سپاسگزارم.

## مقاله‌نامه بیست و سومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۰-۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۵)

## مرجع‌ها

1. Zahra Danesh Kaftroudi, Esfandiar Rajaei, and Abolfazl Mazandarani, SIMULATION OF A SINGLE-MODE TUNNEL-JUNCTION-BASED LONG-WAVELENGTH VCSEL, *Journal of Russian Laser Research*, Volume **35**, Number **2**, March 2014.
2. K. D. Choquette, K. M. Geib, C. I. H. Ashby, R. D. Twesten, O. Blum, H. Q. Hou, D. M. Follstaedt, B. E. Hammons, D. Mathes, and R. Hull, Advances In Selective Wet Oxidation of AlGaAs alloys, *IEEE J. Select. Topics Quantum Electron.*, vol. **3**, 1997
3. D. K. Serkland, G. R. Hadley, K. D. Choquette, K. M. Geib, and A. A. Allerman, Modal frequencies of vertical-cavity lasers determined by an effective-index model, *Appl. Phys. Lett.*, vol. **77**, no. **1**, 2000.
4. J. Piprek, *Semiconductor optoelectronic Devices: Introduction to physics and simulation* (Academic Press, San Diego 2003)
5. X. Li, *Optoelectronic Devices: Design, Modeling and simulation*, Cambridge University Press, (2009)