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

بررسی تجربی تاثیر دما بر مشخصه‌های فیزیکی لیزرهای دیودی پیوسته

علی‌رضا لنجانی[۱]، امیرحسین شهبازی[۲]، خسرو معدنی‌پور[۳و۴]

۱-دانشکده‌ی فیزیک و مهندسی انرژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر – alirezalanjani@aut.ac.ir

۲- دانشکده فیزیک، دانشگاه تهران – amir.shahbazi@ut.ac.ir

۳-دانشکده‌ی فیزیک و مهندسی انرژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر – madanipour@aut.ac.ir

۴-آزمایشگاه اندازه گیری اپتیکی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده – در مقاله‌ی پیش‌رو، بطور تجربی تاثیر دما بر کمیت‌های فیزیکی لیزرهای دیودی مانند جریان آستانه (I_{th})، ولتاژ آستانه (V_{th}) و توان اپتیکی را برر سی خواهیم کرد. سپس با محا سبه‌ی جریان آ ستانه، تاثیر دما را بطور دقیق ن شان خواهیم داد. بدین منظور ابتدا با استفاده از منبع جریان پایدار و پایدارساز دمایی، اقدام به راه‌اندازی لیزر دیودی با پکیج استاندارد TO56 و طول موج مرکزی نامی 658nm و توان نوری بی شینه‌ی 150 mW خواهیم کرد. سپس بو سیله‌ی سی ستم کنترل دما، دمای لیزر دیودی را در بازه‌ی مورد نظر تغییر داده و با ا ستفاده از راه‌انداز لیزر و توان سنج، اقدام به ثبت جریان، ولتاژ و توان می‌نماییم تا وا بستگی دمایی این کمیت‌ها بررسی گردد. نتایج نشان می‌دهد با کاهش دما، توان نوری افزایش و جریان آستانه‌ی لیزر دیودی کاهش می‌یابد.

کلید واژه- لیزر دیودی، جریان آستانه، پایدارسازی دما، ولتاژ آستانه، توان‌سنج.

Experimental Investigation of Temperature Effects on CW Laser Diode Parameters

Alireza Lanjani[1], Amir Hossein Shahbazi[2], Khosrow Madani Pour[3,4]

1- Faculty of Physics and Energy Engineering, Amirkabir University of Technology - alirezalanjani@aut.ac.ir

2- Faculty of Physics, University of Tehran - amir.shahbazi@ut.ac.ir

3- Faculty of Physics and Energy Engineering, Amirkabir University of Technology - madanipour@aut.ac.ir

4- Optical Measurement Laboratory, Amirkabir University of Technology

Abstract- In this paper, we investigate the effects of temperature on experimental parameters of laser diodes such as threshold voltage (V_{th}), current (I_{th}) and optical power. In our setup, we drive a 658nm laser diode with a typical power of 150mW by a stable current source and temperature stabilizer. We plot the P-I and V-I curves and calculate the threshold current by fitting a linear trendline. Based on the results, optical power decreases, and threshold current increases with the increase of temperature.

Keywords: Diode Laser, Threshold Current, Temperature Stabilization, Threshold Voltage, Power Meter.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-18]

۱- مقدمه

لیزرهای دیودی به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود مانند ابعاد کوچک، دسترس‌پذیری، بازدهی بالا و کوک‌پذیری (Tunability) همواره مورد توجه قرار گرفته‌اند اما در عین حال نیز کارکردن با آن‌ها بدلیل حساسیت بالا و نیاز به راه‌انداز مناسب، مشکل بوده و نیازمند دقت فراوان می‌باشد[1]. این دسته از لیزرها بدلیل ساختار ذاتی نیمه‌هادی خود، برای راه‌اندازی نیاز به یک منبع جریان با ولتاژ محدود شده و پایدارساز دمایی دارند. تمامی ویژگی‌های اپتیکی و الکتریکی لیزر مانند توان نوری(P)، ولتاژ آستانه ($V_{\rm th}$)، جریان آستانه ($I_{\rm th}$)، بازده‌ی تبدیل (Conversion Efficiency) و طول عمر به دما وابسته می‌باشند. تغییرات دما منجر به تغییر در توزیع الکترون‌ها و حفره‌ها شده که منجر به پدیده‌هایی همچون بازترکیب‌های غیرتابشی (Nonradioactive Recombination) می‌شود که خود یکی از دلایل کاهش توان نوری (Optical Power) با افزایش دما می‌باشد. در این مقاله، با رسم نمودارهای جریان-توان، جریان-ولتاژ و ثبت توان‌نوری، بطور تجربی اثر دما را بررسی کرده و برخی از این ویژگی‌ها را استخراج خواهیم کرد.

۲- مبانی نظری

یکی از مهم‌ترین کمیت‌های لیزرهای دیودی که به منظور مشخصه‌یابی و کیفیت‌سنجی این ابزارها توسط تولیدکنندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد، جریان آستانه یا Threshold Current ($I_{\rm th}$) می‌باشد که کاهش آن، بدلیل افزایش بازده‌ی دیود، همواره مطلوب و مورد نظر است. وابستگی دمایی این کمیت، به کمک رابطه‌ی زیر توصیف می‌شود[2]:

$$I_{\rm th}(T) = I_{\rm th}(T_1)\exp\left(\frac{T-T_1}{T_0}\right) \qquad (۱)$$

که در اینجا، $I_{\rm th}(T)$ جریان آستانه‌ی لیزر در دمای T، $I_{\rm th}(T_1)$ جریان آستانه در دمای T_1 و T_0 دمای مشخصه‌ی لیزر می‌باشد که معمولا بین بازه‌ی تقریبی ۵۰ تا ۱۵۰ درجه‌ی کلوین می‌باشد[3] که به عنوان یک مثال خاص، می‌توان به دمای مشخصه‌ی لیزرهای دیودی برپایه‌ی GaAs با طول موج ۸۰۸ nm اشاره کرد که برابر با ۱۵۵ K می‌باشد[4]. با توجه به این رابطه، مشخص است که جریان آستانه‌ی لیزرهای دیودی به شکل نمایی با افزایش دما، افزایش پیدا می‌کند. با افزایش دما، توابع شبه فرمی (Quasi-Fermi) برای الکترون‌ها و حفره‌های بیشتری برقرار خواهد بود. در نتیجه، نیاز به چگالی حامل‌های بار ورودی بیشتری برای ایجاد پدیده‌ی لیزر (Laser) خواهد بود که منجر به افزایش جریان آستانه به منظور دستیابی به بهره (Gain) در کاواک فعال لیزر می‌گردد[5].

حداقل ولتاژ اعمالی به لیزر دیودی به منظور ایجاد پدیده‌ی لیزر درون کاواک آن، اصطلاحاً ولتاژ آستانه یا Threshold Voltage (V_{th}) نامیده می‌شود که به دلیل ذات نیمه‌هادی بودن لیزرهای دیودی، به دما وابسته می‌باشد[6]. رابطه‌ی بین ولتاژ دیود و جریان، مطابق زیر توصیف می‌گردد:

$$I = \frac{V - V_{\rm d}}{R_{\rm s}} \qquad (I > I_{th}) \qquad (۲)$$

$$V_{\rm d} = \frac{E_{\rm g}(T)}{q} \qquad (۳)$$

که در رابطه‌ی (۲)، I جریان، V ولتاژ، $V_{\rm d}$ ولتاژ داخلی و $R_{\rm s}$ مقاومت سری یا (Series Resistance) داخلی دیود می‌باشد که به آن مقاومت دینامیکی نیز می‌گویند. در رابطه‌ی (۳) نیز $E_g(T)$ مقدار گاف انرژی (Band-Gap Energy) بین نوارهای رسانش و هدایت نیمه‌هادی‌های نوع N (N Type) و نوع P (P Type) در دمای T بوده و q بار الکتریکی می‌باشد. زمانیکه دما افزایش می‌یابد، مقدار گاف انرژی، بدلیل توزیع متفاوت حامل‌های بار (Electron-Hole)،

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-18]

کاهش یافته و باریک‌تر می‌شود و طبق رابطه‌ی (۳)، ولتاژ داخلی دیود (V_d) کاهش می‌یابد که با جایگذاری در رابطه‌ی (۲)، منجر به کاهش ولتاژ دوسر دیود می‌شود.

افزایش دما، منجر به کاهش توان نوری می‌گردد. زمانیکه $I > I_{\rm th}$ باشد، تابعیت توان را می‌توان با رابطه‌ی زیر توصیف کرد[7]:

$$P = \eta_{\rm i} * \eta_{\rm ex} \frac{a_{\rm m}}{a_{\rm m} + a_{\rm i}} \frac{h\nu}{q} (I - I_{\rm th}) \qquad (۴)$$

که η_i بازده‌ی کوانتومی (Quantum Efficiency) داخلی، η_{ex} بازده‌ی کوانتومی خارجی، h ثابت پلانک، q بار الکتریکی، ν فرکانس منتشر شده، a_i اتلاف درونی و a_m اتلاف وجه لیزر می‌باشد. با افزایش دما، اتلاف داخل لیزر افزایش پیدا کرده و بازده‌های کوانتومی داخلی و بیرونی کاهش می‌یابند. بعلاوه، همانطور که ذکر شد، جریان آستانه ($I_{\rm th}$) افزایش یافته و نهایتا براساس رابطه‌ی (۴)، توان نوری کاهش پیدا می‌کند.

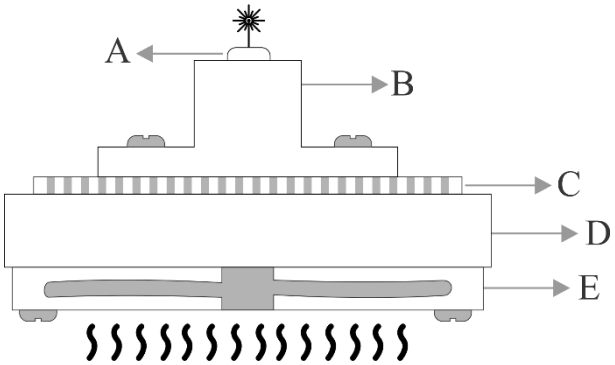
۳- چیدمان تجربی

در این بررسی، از یک لیزر دیودی با طول موج مرکزی نامی 658 nm و توان نامی 150 mW استفاده شده است که مشخصات آن، مطابق جدول زیر می‌باشد:

جدول ۱: مشخصات لیزر دیودی مورد استفاده در چیدمان آزمایشی

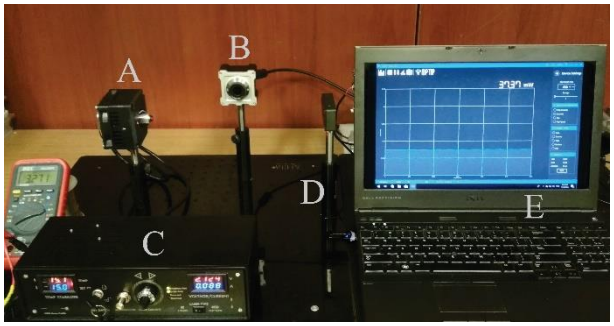
مشخصه	مقدار
جریان کاری بیشینه	235 mA
ولتاژ کاری نامی	2.2 V
جریان آستانه‌ی نامی	60 mA
بازه‌ی دمای کاری	0 ~ +60 °C

لیزر دیودی با ابعاد استاندارد TO56 نیز درون محفظه‌ی خنک‌کننده قرار گرفته است. در این پایدارساز، از یک دماسنج (ترمیستور) با ضریب دمایی منفی (NTC) و ثابت دمایی (β) ۳۹۲۳ کلوین استفاده شده و دیگر اجزای آن در شکل زیر قابل مشاهده می‌باشند:



شکل ۱: (A) نمایی از پایدارساز دمایی مورد استفاده در چیدمان: لیزر دیودی، (B) بلوک نگهدارنده و خنک‌کننده‌ی لیزر، (C) المان سرد کننده و پایدارساز دما، (D) بلوک فلزی به منظور انتقال حرارت به محیط، (E) سیستم هوا خنک

در شکل (۲)، چیدمان آزمایشگاهی مشخص شده است. دمای محیط حین آزمایش ۲۳٫۲ °C و رطوبت محیط، ۳۸٪ می‌باشد.



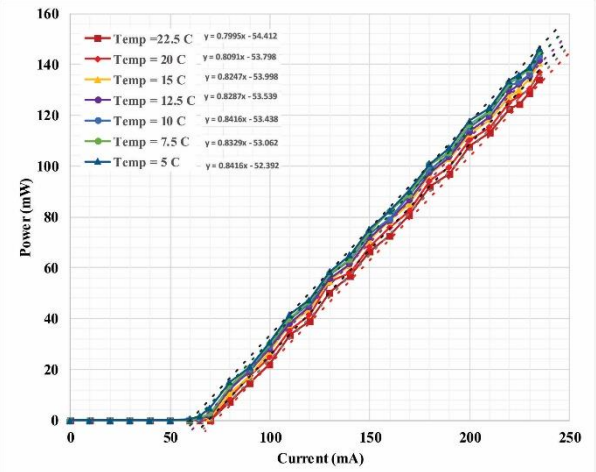
شکل ۲: (A) نمایی از چیدمان تجربی: لیزر به همراه پایدارساز دمایی، (B) نمایه‌سنج CCD، (C) راه‌انداز جریان و کنترل‌کننده‌ی دما، (D) توان‌سنج اپتیکی، (E) رایانه متصل به توان‌سنج و نمایه‌سنج.

ابتدا با استفاده از پایدارساز دما، اقدام به انتخاب دمای مورد نظر کرده و مدتی منتظر می‌مانیم تا دمای لیزر به مقدار تعیین شده برسد. سپس جریان لیزر را به تدریج تا بیشینه مقدار مجاز افزایش داده و بطور همزمان، جریان، ولتاژ، دما و توان لحظه‌ای را ثبت کرده و سپس نمودار جریان-توان را رسم می‌کنیم (شکل (۳)). با توجه به این نمودار، مشخص است که با افزایش دما در یک جریان ثابت، توان نوری لیزر کاهش پیدا می‌کند. با کاهش دما از ۲۲٫۵ به ۵

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-18]

درجه‌ی‌سانتیگراد، توان نوری بیشینه نیز به میزان ۸٫۹٪ افزایش یافته است.



شکل ۳: نمودار جریان-توان لیزر دیودی در دماهای متفاوت

یکی از روش‌های محاسبه‌ی جریان آستانه (I_{th})، برازش تابع خطی در نمودار جریان-توان، بر قسمت غیر صفر توانی می‌باشد تا تابع $P(I)$ بدست آید. سپس با حل این معادله ($P(I)=0$)، جریان آستانه بدست می‌آید. بر اساس این نمودار، جریان آستانه در دمای‌های ذکر شده و با روش توضیح داده شده، مطابق جدول زیر خواهد بود:

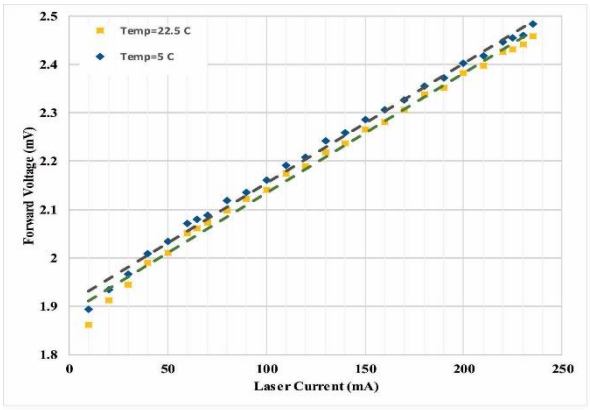
جدول ۲: وابستگی جریان آستانه به دما

دما (°C)	جریان آستانه (mA)
۲۲٫۵	۶۸٫۰۵
۲۰	۶۶٫۴۹
۱۵	۶۵٫۴۷
۱۲٫۵	۶۴٫۶
۱۰	۶۳٫۷
۷٫۵	۶۳٫۴۹
۵	۶۲٫۲۵

با توجه به این جدول، با افزایش دما از ۵ به ۲۲٫۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، جریان آستانه ۹٫۳٪ افزایش می‌یابد که این امر با توجه به رابطه‌ی (۱) که نشان‌دهنده‌ی افزایش جریان آستانه با افزایش دما (T) است، در تطابق می‌باشد. با توجه به شکل (۴) نیز می‌توان تاثیر دما بر ولتاژ کاری لیزر را مشاهده کرد که هرچه دما افزایش یابد، ولتاژ دوسر لیزر کاهش پیدا می‌کند. با افزایش دما از ۵ به ۲۲٫۵ درجه‌ی سانتیگراد، ولتاژ کاری بیشینه، به میزان ۱٫۰۲٪ کاهش می‌یابد.

۳- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با توجه به نمودارهای جریان-توان، جریان-ولتاژ و محاسبه



شکل ۴: نمودار جریان-ولتاژ کاری لیزر دیودی در دو دمای متفاوت

جریان آستانه در دماهای مختلف، واضح است که دما تاثیر مستقیمی بر این کمیت‌ها دارد. به منظور افزایش طول عمر لیزرهای دیودی و همچنین افزایش نرخ تبدیل، نیاز است تا دما همواره پایش و کنترل گردد. این امر بخصوص در زمینه‌های حساسی که نیازمند پایداری توانی و بازده‌ی بالای دیود هستند، بسیار ضروری است.

سپاسگزاری

از تمامی اعضای شرکت دانش‌بنیان نمایه پرتو آشا که نهایت همکاری را با این گروه تحقیقاتی داشتند، خالصانه سپاسگزاریم.

مرجع‌ها

[1] E. Farsad, S. P. Abbasi, A. Goodarzi, M. S. Zabihi, “Experimental Parametric Investigation of Temperature Effects on 60W-QCW Diode Laser”, International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering Vol:5, No:11, 2011

[2] Coldren, L.A. and Corzine, S.W. (Writers), Shi, H.X. (Translator) (2006) “Diode Laser and Integrated Optics”. Beijing University of Posts and Telecommunications Press, Beijing.

[3] Newport Corporation, “An Overview of Laser Diode Characteristics”, Application Note Number 5.

[4] G. Erbert, A. Bärwolff, J. Sebastian, J. Tomm, “High power broad area diode lasers and laser bars”, Springer, Applied Physics, Vol. 78, 2000, p.173- 223.

[5] D.S. Patil, D.K. Gautam, “Analysis of effect of temperature on ZnSSe based blue laser diode characteristics at 507nm wavelength”, Physica B, Vol. 344, 2004, p. 140–146.

[6] M. Vanzi, G. Martines, A. Bonfiglio, M. Licheri, R. D. Arco, G. Salmini, R.D. Palo, “A simpler method for life testing laser diodes, Microelectronics Reliability”, Vol.39, 1999, p.1067-1071.

[7] Yiru Liao, Jianjun Li, Guoxin Mi, Haikuo Wang, Yuancheng Wang, Jun Deng, Jun Hana, “An Experimental Study on the Temperature Characteristic of a 940 nm Semiconductor Laser Diode”, Optics and Photonics Journal, 2016, 6, 75-8.

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-18]