

## بررسی کوک پذیری لیزر نیمه رسانا با استفاده از چیدمان لیتمان

مجید ناظری<sup>۱\*</sup>, محمد امین بانی<sup>۱</sup>, حامد عباسی<sup>۱</sup> و ابوذر قرجه<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده فیزیک، دانشگاه کاشان، کاشان

<sup>۲</sup>پژوهشکده لیزر و پلاسماء، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

### چکیده

در این مقاله طراحی و ساخت یک لیزر نیمرسانا کوک پذیر پایدار  $780\text{ nm}$  گزارش می‌شود. از چیدمان لیتمان برای این کار استفاده شده است. هدف این تحقیق بررسی یک آرایش اپتیکی مطلوب برای کوک کردن لیزر های نیمرسانا بدون جایگزینی خروجی است. برای این منظور از یک توری پراش، یک آینه، سامانه خنک کننده، منبع تغذیه و قطعات اپتو-mekanیک استفاده شده است. طول موج برای خروجی لیزر توسط طیف سنج و توان خروجی آن توسط توان سنج اندازه گیری و گزارش شده اند. میزان کوک پذیری با آرایش اپتیکی نوعی استفاده شده تا  $52\text{ Ångstrom}$  است.

## Study of Tunable Semiconductor Laser Using Littman Configuration

M.Nazeri<sup>1\*</sup>, M.A.Bani<sup>1</sup>, H.Abbasi<sup>1</sup> and A.Gharajeh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Physics, University of Kashan, Kashan

<sup>2</sup> Laser and Plasma Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran

(\*Corresponding author)

### Abstract

In this paper design and development of  $780\text{ nm}$  stable tunable semiconductor laser is reported. Littman configuration has been used in this work. The aim of this research is to find a suitable optical set-up for tuning semiconductor lasers without moving the output laser beam. To do so, a diffractive grating, a mirror, a cooling system, a power supply and opto-mechanical components have been used. The wavelength of the laser beam and the power of that have been measured using a spectrometer and a power meter respectively. Using the typical setup the laser was tuned  $52\text{ angstrom}$ .

### مقدمه

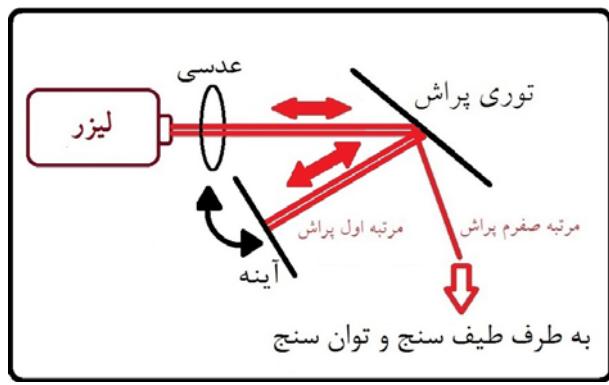
بسیار کمتر نسبت به سایر لیزر ها بودند. توان مصرفی پایین، بازدهی مطلوب، قیمت مناسب و قابلیت کوک پذیری وسیع از دیگر دلایل مورد توجه قرار گرفتن لیزر های نیمرسانا بودند. همراه با توسعه علوم فیزیک، شیمی و الکترونیک این نوع لیزر ها نیز روز به روز پیشرفت کردند. پیشرفت هایی در زمینه های مرتبط از قبیل

پی بردن دانشمندان به این نکته که یک پیوند p-n می تواند به عنوان منبعی برای تابش همدوس باشد، باعث شد تا انقلابی عظیم در صنعت لیزر و در نتیجه صنایع وابسته آن به وجود آید [۱]. چرا که این نوع لیزر ها دارای ابعاد بسیار کوچک تر و وزن

نقش خروجی را دارد. همان گونه که در شکل مشخص است مرتبه صفر پراش توری به عنوان خروجی سامانه و مرتبه اول پراش توری به عنوان پرتو بازگشته به درون لیزر (پس از برخورد و بازتاب از آینه) برای تقویت به کار رفته است. در چیدمان یافم می توان برای قرارگیری محل توری پراش و آینه ( $L$ ) از رابطه زیر بهره برد :

$$L = qd/2p \quad (2)$$

که در این رابطه  $q$  عدد مد ،  $d$  دوره تناوب توری پراش و  $p$  مرتبه پراش می باشد [۳]. در این عمل با توجه به زاویه آینه با باریکه لیزر طول موج خاصی در محدودی فرکانسی بهره لیزر تقویت می شود و مد خاصی به عنوان مد غالب از لیزر خارج می شود. از توری  $1200$  خط در میلیمتر (توری بلیز شده برای طول موج  $780$  نانومتر) در این پژوهش استفاده شد. لیزر مورد استفاده، یک لیزر نیمه رسانا با طول موج مرکزی  $782$  نانومتر بود که نیم پهنهای طیفی آن  $0.06$  نانومتر اندازه گیری شد. در آزمایش انجام شده لیزر به میزان  $5.2$  نانومتر کوک شد. لیزر فرق از  $779.2$  تا  $784.4$  نانومتر کوک شد.



شکل ۱ : آرایش اپتیکی آزمایش

طول موج لیزر توسط طیف سنج با دقت  $0.06$  نانومتر [۸] و توان خروجی در هر طول موج کوک شده توان سنج اندازه گیری شد. تمامی شدت ها و طول موج ها در حالتی اندازه گیری

لایه نشانی، منابع تغذیه و طراحی اپتیکی باعث شدن تا این نوع لیزر ها به سمت لیزرهایی تک مد و کارآمد سوق پیدا کنند، تا جایی که این نوع لیزرهای از کاربرد در وسائل روزمره مانند پخشش کننده های موسیقی تا حساس ترین آزمایش های تحقیقاتی به کار گرفته شوند. از کاربرد های متنوع این نوع لیزر ها می توان به استفاده در آزمایش های طیف سنجی لیزری، صنایع مخابراتی و استفاده به عنوان منبع دمچ در دیگر لیزر ها اشاره کرد [۲-۵]. لیزرهای تنظیم پذیر دیودی لیزرهای جدیدی هستند که کاربردهای گوناگونی در علوم و تحقیقات دارند. هدف این مقاله بررسی کوک پذیری یک لیزر نیمرسانا تک طول موج با باریکه خروجی پایدار است که به علت داشتن خروجی ثابت دارای اهمیت فروانی است.

### روشهای آزمایشی

لیزرهایی که بازه فرکانسی پهنی در ناحیه بهره دارند، قابلیت تنظیم پذیری بالایی دارند. در بازه فرکانسی بهره که مد های لیزر در آن قرار دارند می توان لیزرهای را کوک کرد. چیدمان های مختلفی برای کوک کردن این نوع لیزر ها توسعه یافته اند. در این میان می توان به چیدمان های لیترو [۶] و لیتمن [۷] اشاره کرد که ضمن سادگی کارایی مناسبی را نیز دارند. در این مقاله از چیدمان لیتمن استفاده شده است. شما باید این چیدمان در شکل ۱ آورده شده است. مزیت این چیدمان نسبت به چیدمان لیترو این است که باریکه خروجی هنگام کوک شدن تغییر موقعیت نمی دهد، چرا که برخلاف چیدمان لیترو توری پراش حرکت داده نمی شود. پرتو خروجی از لیزر به توری پراش می رسد و پراش طبق رابطه :

$$d(\sin \alpha + \sin \beta) = m\lambda \quad (1)$$

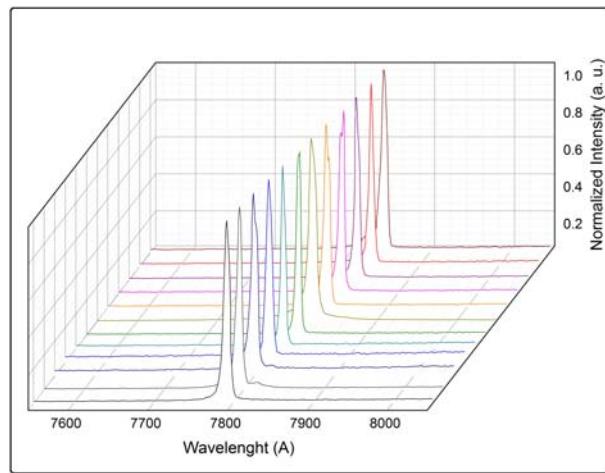
صورت میگیرد که  $\alpha$  زاویه تابش،  $\beta$  زاویه بازتاب،  $d$  تعداد خطوط توری و  $m$  مرتبه پراش است. زاویه تابش در حدود  $40$  درجه نسبت به خط عمود بر توری و زاویه مرتبه اول آن صفر درجه چیدمان، مرتبه اول توری پراش به آینه می رسد و مرتبه صفر

برای طول موجهای مرکزی توان ۴.۲ میلی وات و برای طول موجهای کناری ۳.۹ میلی وات می باشد. توان اولیه لیزر پیش از برخورد به توری برابر با ۲۳ میلی وات بود. این افت توان به علت چند بار بازتاب و پراش از سطح آینه و توری پراش است. در این آزمایش سعی شد تا توری پراش به گونه ای قرار گیرد که بیشترین توان به مرتبه اول پراش برسد و فوتون های کمتری به مرتبه های بالاتر پراش بروند. برای ثبات باریکه خروجی لیزر باید از سامانه کنترل کننده دما و منبع تغذیه با جریان ثابت استفاده کرد. با کنترل میزان چرخش توری پراش با استپ یا سرو موتور می توان به دقت بهتری در تعیین طول موج دست یافت. در صورت نیاز به دقت های بالاتر می توان سیستم را با پیزوالکترونیک کوبل نمود. هدف نهایی استفاده از این نوع لیزر ها تولید پرتو تراهertz با استفاده از روش فوتومیکسینگ است. در روش فوتومیکسینگ نیاز است تا از دو باریکه لیزر با طول موج های نزدیک به هم استفاده شود [۹].

### نتیجه گیری

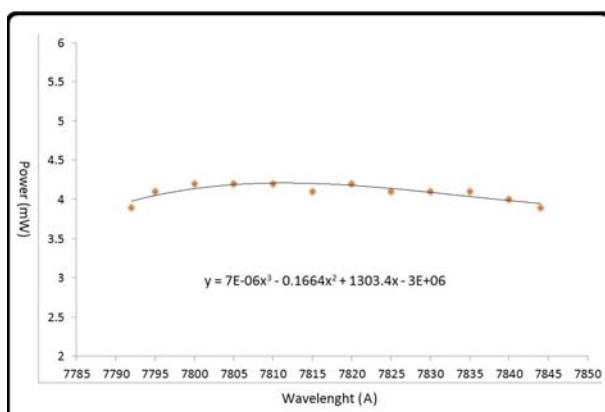
در این مقاله طراحی و ساخت یک آرایش اپتیکی ساده و پایدار برای کوک کردن طول موج لیزر نیمرسانا با طول موج مرکزی ۷۸۲ نانومتر بررسی شد. لذا از چیدمان لیتمان استفاده شد تا محل باریکه خروجی هنگام کوک کردن لیزر ثابت بماند. در این چیدمان مرتبه صفر پراش توری به عنوان خروجی سامانه و مرتبه اول پراش توری به عنوان پرتو بازگشته به درون لیزر برای تقویت به کار رفته است. طول موج خروجی لیزر توسط طیف سنج ساخته شده و توان خروجی در هر طول موج کوک شده توسط توان سنج اندازه گیری و گزارش شد. چیدمان نوعی استفاده شده با توری بلیز شده برای ۷۸۰ نانومتر کوک پذیری ۵۲ آنگستروم را نتیجه داد. همچنین تفاوت در میزان تقویت طول موجهای مرکزی و کناری مورد بررسی قرار گرفت. مشخص شد که طول موجهای مرکزی نسبت به طول موجهای کناری به میزان بیشتری تقویت شده اند. طول موجهای مرکزی توان ۴.۲ میلی وات و طول موجهای کناری توان ۳.۹ میلی وات را داشته اند. همچنین مشخص

شدند که لیزر با جریان ۶۰ میلی آمپر و ولتاژ ۳.۳ ولت در حال کار بود. شکل زیر نمایان گر تغییر طول موج خروجی لیزر است.



شکل ۲: طول موج های اندازه گیری شده در شکل ۲ محور افقی نشان دهنده طول موج بر حسب آنگستروم و محور عمودی نشان دهنده شدت است. شدت ها به یک بهنچار شده اند.

شکل زیر نشان دهنده محل قله شدت لیزر بر حسب توان اندازه گیری شده است. محور افقی نشان دهنده طول موج بر حسب آنگستروم و محور عمودی نشان دهنده توان اندازه گیری شده در هر طول موج بر حسب میلی وات است. همان گونه که در شکل مشخص است طول موج های کناری شدت نسبتاً کمتری را داشته اند چرا که میزان بهره طول موج های مرکزی نمودار بهره بیشتر است شکل ۳.



شکل ۳: توان های اندازه گیری شده در طول موج های مختلف

شد که تغییر در فاصله بین لیزر نیمه رسانا تا توری پراش و تآینه، که اصطلاح کاوک خارجی به آن اطلاق می شود، در میزان کوک پذیری تاثیری نداشته و فقط اثر خود را بر روی پهنهای طیفی طول موج های کوک شده می گذارد. از این نوع لیزرها می توان برای تولید پرتو تراهertz در روش فوتومیکسینگ استفاده نمود.

## مرجع‌ها

- [۱] ناصر پیغمبریان، استفان کوچ و آندره میسیروویچ، مقدمه ای بر نورشناسی نمیرسان، ترجمه حمید رضامه‌اجری مقدم و حبیب تجلی، انتشارات آستان قدس رضوی، ۱۳۸۰.
- [۲] F. J. Durate, *Tunable Laser Applications*, CRC Press, 2009.
- [۳] Cunyun Ye, *Tunable External Cavity Diode Lasers*, World Scientific Publishing, 2004.
- [۴] F. J. Durate, *Tunable Laser Handbook*, Academic Press, 1995.
- [۵] F. J. Durate, *Tunable Laser Optics*, Elsevier, 2003.
- [۶] Hänsch, T. W. (1972). Repetitively pulsed tunable dye laser for high resolution spectroscopy. *Applied optics*, 11(4), 895-898
- [۷] Littman, M. G., & Metcalf, H. J. (1978). Spectrally narrow pulsed dye laser without beam expander. *Applied optics*, 17(14), 2224-2227.
- [۸] حامد عباسی، محمد امین بانی و مجید ناظری، تکنیک خطوط طیفی با استفاده از یک طیف سنج ساده با دقت زیر آنگستروم، دومنین همایش ملی الکترونیکی کاربردهای فیزیک، دانشگاه چهرم - ۱۳۹۲ و ۱۹ اسفند ماه ۱۳۹۲.
- [۹] Masahiko Tani, Osamu Morikawa. (2005). Generation of terahertz radiation by photomixing with dual- and multiple-mode lasers . *Institute of Applied Physics*, 20 (2005) S151-S163