بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و هفتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۲۳ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۹۳، دانشگاه شهید بهشتی

Downloaded from www.opsi.ir at 0:49 IRDT on Sunday September 20th 2015

بررسی کوک پذیری لیزرهای نیمرسانا ۷۸۰ و ۶۵۵ نانومتر در آرایش لیترو

حامد عباسی [۱]، مجید ناظری [۱]، محمد امین بانی [۱]، ابوذر قرجه [۲]، احمد خادمی [۱]

[۱] دانشکده فیزیک، دانشگاه کاشان

[۲] پژوهشکده لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید بهشتی

چکیده - لیزرهای نیمرسانا کوک پذیر با کاواک بیرونی توسعه فراوانی یافته و کاربردهای متنوعی در علوم مختلف پیدا کرده‌اند. در این مقاله کوک پذیری لیزرهای نیمرسانای ۷۸۰ و ۶۵۵ نانومتر بررسی می‌شوند. لیزر ۷۸۰ نانومتر به میزان ۱۴۹ آنگستروم و لیزر ۶۵۵ نانومتر به میزان ۲۶ آنگستروم کوک شدند. از آرایش لیترو در این آزمایش استفاده شده است. بدین منظور از یک توری پراش، سامانه خنک کننده، منبع تغذیه و قطعات اپتو-مکانیک استفاده شده است. طیف باریکه خروجی لیزر توسط طیف سنج و توان خروجی آن توسط توان سنج‌اندازه گیری و گزارش شده‌اند.

کلید واژه-آرایش لیترو، کوک پذیری، لیزر نیمرسانا.

Studying Tunability of 780 and 655 nm Semiconductor Lasers in Littrow Configuration

Hamed Abbasi [1], Majid Nazeri [1], Mohammad Amin Bani [1], Abouzar Gharajeh [2], Ahmad Khademi [1]

[1] Faculty of Physics, University of Kashan, Kashan

[2] Laser and Plasma Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran

Abstract- Tunable external cavity diode lasers (ECDLs) have been broadly developed. They have different applications in various fields of science. In this paper tunability of semiconductor lasers (780 nm and 655 nm) are studied. Tuning ranges of 149 and 26 angstrom were demonstrated for 780 and 655 nm lasers, respectively. The Littrow configuration has been used in this experiment. A diffraction grating, a cooling system, a power supply and opto-mechanical components have been used to do so. The spectrum of the output beam of the laser and the power of the output beam of the laser have been measured and reported by means of the spectrometer and the power meter, respectively.

Keywords: Littrow configuration, Semiconductor laser, Tunability.

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

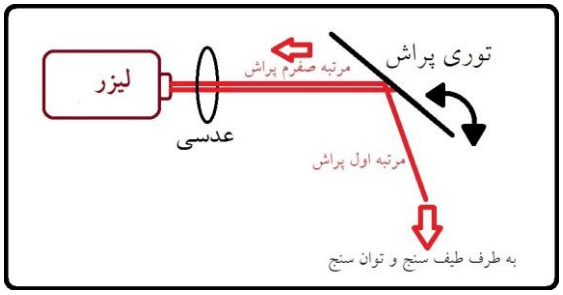
Downloaded from www.opsi.ir at 0:49 IRDT on Sunday September 20th 2015

۱- مقدمه

در اواسط قرن بیستم میلادی پی بردن دانشمندان به این نکته که از یک پیوند p-n می‌توان به عنوان منبعی برای تابش همدوس استفاده کرد باعث شد تا انقلابی عظیم در صنعت لیزر و در نتیجه صنایع وابسته آن به وجود آید [۱]. چرا که این نوع لیزرها دارای ابعاد بسیار کوچک تر و وزن بسیار کمتر نسبت به سایر لیزرها بودند. توان مصرفی پایین، بازدهی مطلوب، قیمت مناسب و قابلیت کوک پذیری وسیع از دیگر دلایل مورد توجه قرار گرفتن لیزرهای نیمرسانا بودند. همراه با توسعه علوم فیزیک، شیمی و الکترونیک این نوع لیزرها نیز روز به روز پیشرفت کردند. پیشرفت‌هایی در زمینه‌های مرتبط از قبیل لایه نشانی، منابع تغذیه و طراحی اپتیکی باعث شدند تا این نوع لیزرها به سمت لیزرهایی تک مد و کارآمد سوق پیدا کنند، تا جایی که این نوع لیزرها از کاربرد در وسایل روزمره مانند پخش کننده‌های موسیقی تا حساس ترین آزمایش‌های تحقیقاتی به کار گرفته شوند. از کاربردهای متنوع این نوع لیزرها می‌توان به استفاده در آزمایش‌های طیف سنجی لیزری، صنایع مخابراتی و استفاده به عنوان منبع دمش در دیگر لیزرها اشاره کرد. می‌توان کاربردهای این نوع لیزرها را در مراجع [۵-۲] یافت. کارایی این نوع لیزرها زمانی بیشتر می‌شود که بتوان طول موج آنها را تنظیم کرد. هدف این مقاله بررسی کوک پذیری لیزرهای نیمرسانا ۷۸۰ و ۶۵۵ نانومتر با یک آرایش اپتیکی ساده و کارا است.

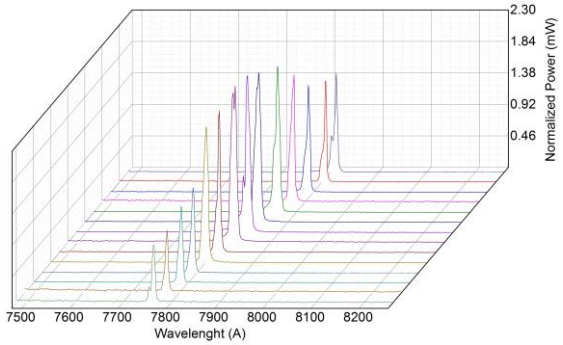
۲- مواد و روش‌ها

به علت پهن بودن بازه فرکانسی در ناحیه بهره در لیزرهای نیمرسانا، این نوع از لیزرها دارای قابلیت کوک پذیری بالایی هستند. چیدمان‌های مختلفی برای کوک کردن این نوع لیزرها توسعه یافته‌اند. در این میان می‌توان به چیدمان‌های لیترو [۶] و لیتمن [۷] اشاره کرد که ضمن سادگی کارایی مناسبی را نیز دارند. در این مقاله از چیدمان لیترو استفاده شده است. شمایی از این چیدمان در شکل ۱ آورده شده است. همان گونه که در شکل مشخص است مرتبه صفرم پراش توری به عنوان خروجی لیزر و مرتبه اول پراش توری به عنوان پرتو بازگشتی به درون لیزر برای تقویت به کار رفته است. با این عمل با توجه به زاویه توری پراش با لیزر طول موج خاصی در محدودی فرکانسی بهره لیزر تقویت می‌شود و مد خاصی به عنوان مد غالب از لیزر خارج می‌شود.



شکل۱ : آرایش اپتیکی استفاده شده

در این پژوهش از توری پراش ۱۲۰۰ خط در میلیمتر استفاده شده است. آزمایش یک بار با لیزر نیمرسانا با طول موج اولیه ۷۸۲ nm و یک بار نیز با لیزر نیمرسانا با طول موج اولیه ۶۵۵ nm انجام گرفت. در آزمایش اول لیزر به میزان ۱۴۹ آنگستروم و در آزمایش دوم لیزر به میزان ۲۶ آنگستروم کوک شد. میزان کوک پذیری لیزر با افزایش طول موج افزایش پیدا کرد. طول موج لیزر توسط طیف سنج با توان تفکیک بالا [۸] و توان خروجی در هر طول موج کوک شده توسط توان سنج شرکت Thorlabs اندازه گیری شد. شکل زیر نمایان گر تغییر طول موج خروجی لیزر ۷۸۰ نانومتر است.

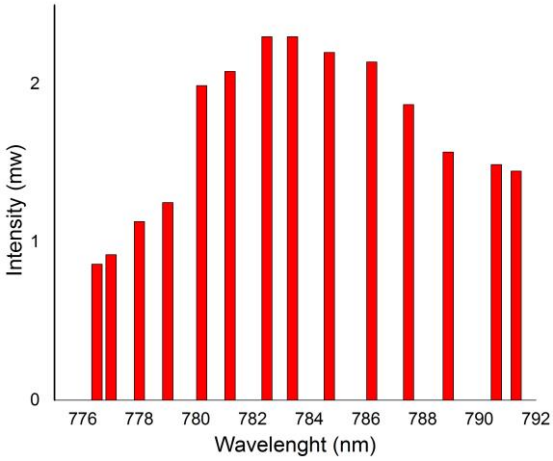


شکل۲ : طول موج‌های‌اندازه گیری شده برای لیزر ۷۸۰ نانومتر

در شکل فوق محور افقی نشان دهنده طول موج بر حسب آنگستروم و محور عمودی نشان دهنده توان بهنجار شده بر حسب میلی وات است. لیزر با طول موج اولیه ۷۸۰ نانومتر از ۷۷۶۴ آنگستروم تا ۷۹۱۳ آنگستروم کوک شد. همان گونه که در شکل ۲ مشخص است طول موج‌های کناری شدت کمتری داشته‌اند چرا که میزان بهره مدهای مرکزی بیشتر است. شکل ۳ نشان دهنده محل قله شدت

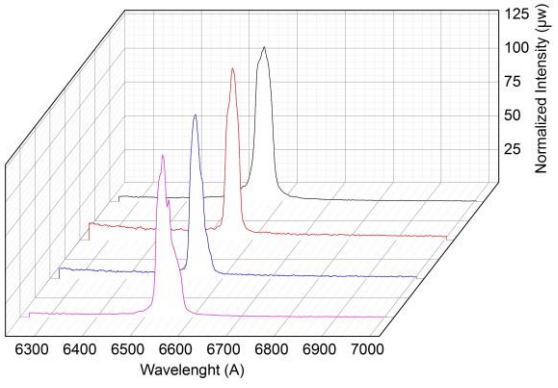
Downloaded from www.opsi.ir at 0:49 IRDT on Sunday September 20th 2015

لیزر بر حسب توان اندازه گیری شده برای لیزر ۷۸۰ نانومتر است.



شکل۳ : تفاوت در میزان تقویت مدهای مرکزی و کناری بهره فرکانسی لیزر برای لیزر ۷۸۰ نانومتر

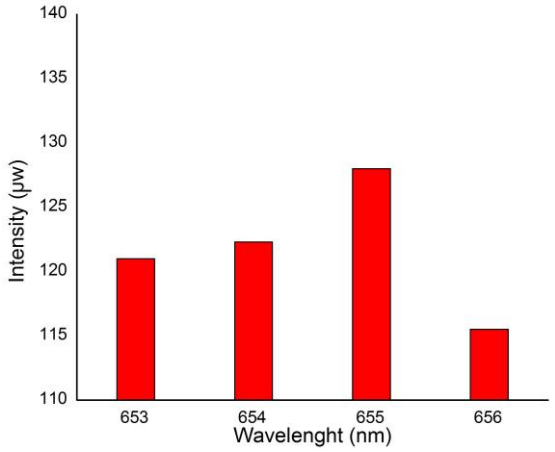
این شکل به خوبی نشان دهنده این مسئله است که مدهای مرکزی زیر بهره فرکانسی لیزر بیشتر تقویت شده‌اند. مد مرکزی توان ۲/۳ mW در ۷۸۲/۵ nm و آخرین مد توان ۰/۶۸ mW در ۷۷۶/۵ nm را داشته‌اند. توان اولیه این لیزر پیش از برخورد به توری برابر با ۲۳ mW بود. تمامی‌شدت‌ها و طول موج‌ها برای لیزر ۷۸۰ نانومتر در حالتی اندازه گیری شدند که لیزر با جریان ۶۰ میلی آمپر و ولتاژ ۳/۳ ولت در حال کار بود. شکل ۴ نشان دهنده تغییر طول موج خروجی لیزر ۶۵۵ نانومتر است.



شکل۴ : طول موج‌های‌اندازه گیری شده برای لیزر ۶۵۵ نانومتر

در شکل فوق محور افقی نشان دهنده طول موج بر حسب آنگستروم و محور عمودی نشان دهنده توان بهنجار شده بر حسب میلی وات است. لیزر با طول موج اولیه ۶۵۵ نانومتر از ۶۵۳۶ آنگستروم تا ۶۵۶۲ آنگستروم کوک شد.

شکل ۵ نشان دهنده محل قله شدت لیزر بر حسب توان اندازه گیری شده برای لیزر ۶۵۵ نانومتر است. همان طور که در این شکل نیز مشخص است، مانند شکل ۳، توان خروجی لیزر در مدهای مرکزی بیش از مدهای کناری است. توان اولیه این لیزر پیش از برخورد به توری برابر با ۸۷۳ μW بود. تمامی‌شدت‌ها و طول موج‌ها برای لیزر ۶۵۵ نانومتر در حالتی اندازه گیری شدند که لیزر با جریان ۲۰ میلی آمپر و ولتاژ ۲/۲ ولت در حال کار بود. از مهمترین علل کاهش توان لیزر پس از کوک شدن هدر رفت انرژی باریکه در بازتاب و عبور از توری و عدسی است.



شکل۵ : تفاوت در میزان تقویت مدهای مرکزی و کناری بهره فرکانسی لیزر برای لیزر ۶۵۵ نانومتر

لیزرهای نیمرسانا با طول موج بالاتر دارای قابلیت کوک پذیری بیشتری هستند [۹ و ۱۰]. لیزر با طول موج بیشتر (۷۸۰ نانومتر) به میزان ۱۴۹ آنگستروم و لیزر با طول موج کمتر (۶۵۵ نانومتر) به میزان ۲۶ آنگستروم کوک شدند. 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 می‌توان به دقت بهتری در تعیین طول موج دست یافت. هدف نهایی استفاده از این نوع لیزرها برای تولید پرتو تراهرتز با روش فوتومیکسینگ است. در روش فوتومیکسینگ نیاز است تا از دو باریکه لیزر با طول موج‌های نزدیک به هم استفاده شود [۱۱].

Downloaded from www.opsi.ir at 0:49 IRDT on Sunday September 20th 2015

۳- نتیجه‌گیری

در این مقاله استفاده از یک آرایش اپتیکی ساده و کارا برای کوک کردن طول موج لیزرهای نیمرسانا با طول موج‌های اولیه ۷۸۰ nm و ۶۵۵ nm گزارش شد. 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. لیزر با طول موج بیشتر (۷۸۰ نانومتر) به میزان ۱۴۹ آنگستروم و لیزر با طول موج کمتر (۶۵۵ نانومتر) به میزان ۲۶ آنگستروم کوک شدند. همچنین تفاوت در میزان تقویت مدهای مرکزی و کناری مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که مدهای مرکزی بیشتر تقویت شده‌اند. از این لیزر می‌توان برای تولید پرتو تراهرتز کم توان با روش فوتومیکسینگ استفاده کرد. در روش فوتومیکسینگ نیاز است تا از دو باریکه لیزر با طول موج‌های نزدیک به هم استفاده شود.

مراجع

[۱] پیغمبریان، ناصر، کوچ، استفان، میسیروویچ، آندره، *مقدمه ای بر نورشناخت نمیرسانا*، انتشارات آستان قدس رضوی، ۱۳۸۰.

[2] Durate, F. J., *Tunable Laser Handbook*, Academic Press, 1995.

[3] Durate, F. J., *Tunable Laser Optics*, Elsevier, 2003.

[4] Durate, F. J., *Tunable Laser Applications*, CRC Press, 2009.

[5] Ye, C., *Tunable External Cavity Diode Lasers*, World Scientific Publishing, 2004.

[6] Hänsch, T. W., *Repetitively pulsed tunable dye laser for high resolution spectroscopy*, **App. Opt**. 11 (1972), 895-898.

[7] Littman, M. G., Metcalf, H. J., *Spectrally narrow pulsed dye laser without beam expander*, **App. Opt.** 17, (1978) 2224-2227.

[۸] عباسی، حامد، بانی، محمد امین، ناظری، مجید، *تفکیک خطوط طیفی با استفاده از یک طیف سنج ساده با دقت زیر آنگستروم*، **دومین همایش ملی الکترونیکی کاربردهای فیزیک**، دانشگاه جهرم، ۱۳۹۲.

[9] Bennetts, S., McDonald, G. D., Hardman, K. S., Debs, J. E., Kuhn, C. C., Close, J. D., Robins, N. P., *External cavity diode lasers with 5kHz linewidth and 200nm tuning range at 1.55 μm and methods for linewidth measurement*, **Opt. Exp.** 22, (2014) 10642-10654.

[10] Hardman, K. S., Bennetts, S., Debs, J. E., Kuhn, C. C., McDonald, G. D., Robins, N., *Construction and Characterization of External Cavity Diode Lasers for Atomic Physics*, **J. Vis. Exp.** 86 (2014) e51184.

[11] Tani, M., Morikawa, O., Matsuura, S., Hangyo, M., *Generation of terahertz radiation by photomixing with dual- and multiple-mode lasers*, **Semicond. Sci. Tech.** 20 (2005) 151–163.