بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز

طراحی و ساخت لیزر حالت جامد Nd:YAG دمش جانبی دیودی و شبیه سازی آن با نرم افزار LASCAD

سید احمد پورهاشمی، جواد خلیل زاده و ماریا بذرافشان
مرکز تحقیقات لیزر دانشگاه جامع امام حسین(ع)، اتوبان شهید بابائی، تهران

چکیده - در این مقاله طراحی و ساخت لیزر Nd:YAG دمش دیودی گزارش می‌شود. لیزر دیودهای مناسب تهیه و مدار راه انداز برای کار در مد شبه پیوسته (QCW) ساخته شد که بسامد تکرار و ولتاژ قابل تنظیم است. از چیدمان دمش از پهلو استفاده کردیم زیرا در سیستم دمش از انتها گرمای زیاد تولید شده در محیط فعال استفاده از آن‌ها را برای لیزرهای پرتوان محدود می‌کند. توزیع گرما در ماده فعال و پروفایل پرتو خروجی توسط نرم افزار LASCAD شبیه سازی شد. پرتو خروجی ۵ میلی ژول با عرض پالس ۲۰۰ میکروثانیه و نرخ تکرار پالس ۱ هرتز به دست آمد.

کلید واژه- دمش جانبی،دمش دیودی، نئودیمیوم یاگ

Design and fabrication of side diode pump Nd:YAG solid state laser and simulation by LASCAD software

Seyed Ahmad Pourhashemi, Javad Khalilzade and Maria Bazrafshan

Laser Research Group, Immam Hossein University, Tehran

Abstract - In this paper, design and fabrication of a diode pumped Nd:Glass laser is reported. Appropriate diode lasers were prepared and driver circuit, working at quasi continues wave(QCW) mode, was fabricated which had tunable pulse repetition rate and input voltage. We used side pump configuration because of overcoming to limitation due to generated heat storage in end pumped configuration high power lasers. Heat distribution in the active material and output beam profile was simulated by LASCAD software. 5 mJ output pulses with 200 microseconds time duration, and 1 Hz pulse repetition rate were achieved.

Keywords: side pumping, diode pumping, Nd:YAG

[Downloaded from opsi.ir on 2024-04-25]

۱- مقدمه

نیاز به سیستم‌های لیزری با بازدهی و توان بالا منجر به توسعه‌ی لیزرهای حالت جامد شد که توسط لیزرهای دیودی تحریک می‌شوند. کارایی بالا و کوچک بودن سیستم در مقایسه با نمونه‌های لیزرهای حالت جامد با دمش توسط لامپ درخش امکان استفاده‌ی روز افزون آن‌ها را در زمینه‌های مختلف به وجود آورده است[۱]. لیزرهای جامدی که توسط لیزر دیود از پهلو دمیده می‌شوند دارای توان و بازده بالاتر، کیفیت پرتو بهتر و زمان کارکرد طولانی‌تری نسبت به لیزرهایی هستند که توسط لامپ درخش دمیده می‌شوند[۲-۴].

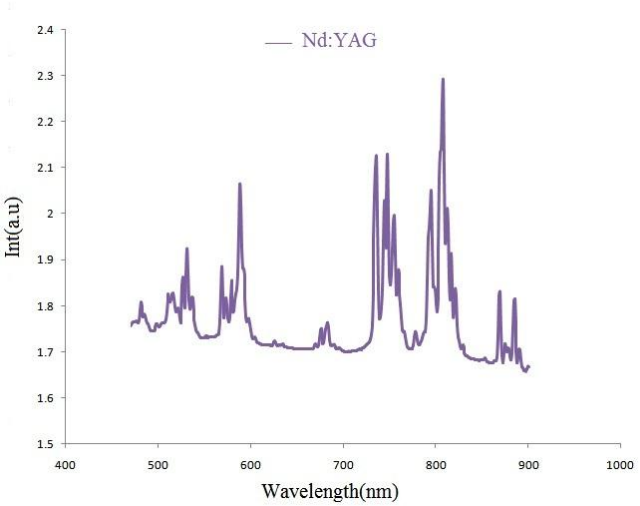
لیزرهای دیودی گسیل کننده‌های بسیار کوچکی هستند که به صورت خطی در کنار هم قرار می‌گیرند. طول موج ۸۰۸ نانومتر لیزر دیودی در قله‌ی جذب اتم‌های Nd قرار می‌گیرد و منبع مناسبی برای برانگیختن Nd:YAG می‌باشد و با حذف طول موج‌های زائد در مقایسه با نمونه‌ی لامپی باعث کاهش اثرات حرارتی می‌گردد.

نور لیزر دیود دارای واگرایی زیاد و همدوسی پایین می‌باشد که امکان متمرکز کردن آن‌ها در داخل محیط فعال را کاهش می‌دهد و همچنین تهیه‌ی عناصر اپتیکی برای این منظور گران‌قیمت می‌باشد.

در جفت شدگی نزدیک تا حد امکان لیزر دیود را به ماده فعال نزدیک می‌کنیم. این روش طراحی ساده و ارزان است اما در طراحی سیستم‌های توان بالا به دلیل وجود خنک کننده در اطراف ماده فعال نمی‌توان لیزرهای دیودی را به محیط فعال نزدیک کرد که در این حالت از اپتیک مداخله کننده استفاده می‌شود[۵].

۲- بخش تجربی

به منظور استفاده از لیزر دیود مناسب جهت دمش Nd:YAG طیف جذبی آن را توسط دستگاه UV-VIS (طیف سنج ماورای بنفش) بدست آوردیم که در شکل۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در طیف جذبی Nd:YAG دیده می‌شود در طول موج ۸۰۸ نانومتر دارای قله جذب می‌باشد.

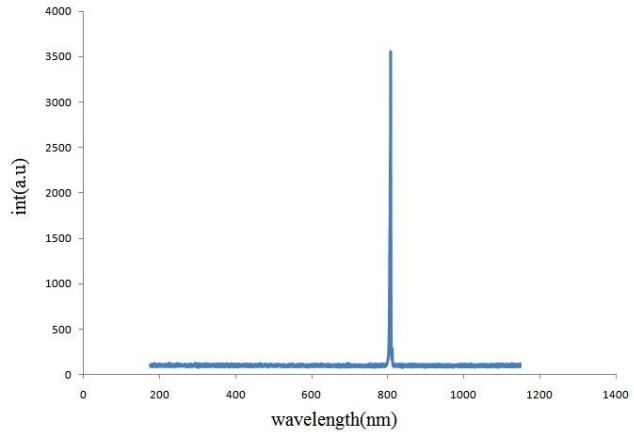


شکل۱ : طیف جذبی Nd:YAG که توسط دستگاه UV-VIS بدست آمده است

سیستم دمش مورد استفاده دو عدد لیزر دیود GaAlAs می‌باشد که دارای طول موج تابشی ۸۰۸ نانومتر هستند. این طول موج تابشی توسط طیف نگار Spectra Star S100 اندازه گیری شد که در شکل ۲ نشان داده شده است.

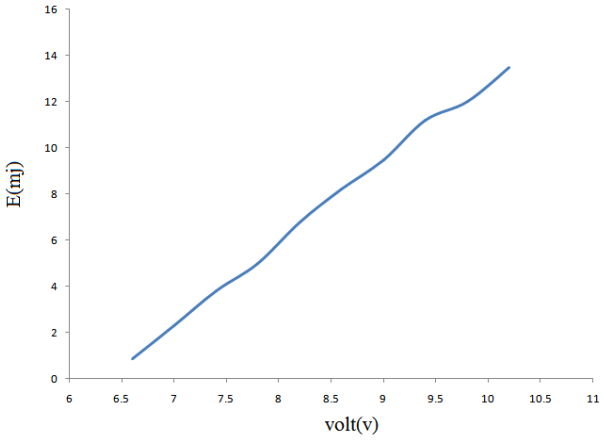
لیزر دیود دارای توان خروجی ۱۸۰ وات در زمان پالس ۲۳۰ میکروثانیه، خط تابشی به عرض ۸۰ میکرومتر و طول ۳/۵ سانتی متر، واگرایی عمودی ۴۵ درجه و واگرایی افقی ۱۱ درجه می‌باشد.

نمودار تغییرات انرژی خروجی لیزر دیود بر حسب ولتاژ ورودی در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود بین ولتاژ ورودی و انرژی خروجی از لیزر دیود رابطه‌ای خطی وجود دارد.



شکل۲ : طیف خروجی لیزر دیود که توسط طیف سنج Spectra Star S100 بدست آمده است.

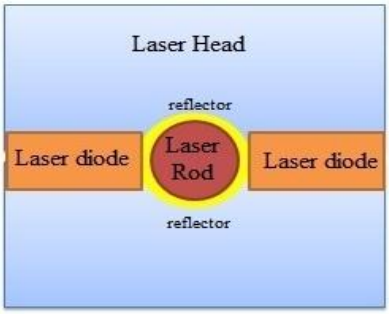
[Downloaded from opsi.ir on 2024-04-25]



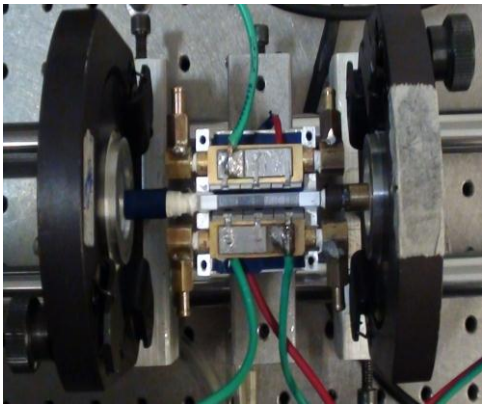
شکل۳ : نمودار انرژی خروجی از لیزر دیود بر حسب ولتاژ ورودی.

از آنجا که افزایش دما موجب تغییر طول موج لیزر دیود می‌شود، برای جلوگیری از این مشکل لیزر دیود توسط گردش آب خنک می‌گردد.

محیط فعال Nd:YAG مورد استفاده دارای قطر ۵ میلی‌متر و طول ۴ سانتی‌متر می‌باشد. در این طراحی ماده‌ی فعال در تماس با کاواک لیزر قرار می‌گیرد که علاوه بر انعکاس نور توسط هد لیزری گرما نیز به هد لیزر منتقل شده و نقش گرمابر[۱] را نیز دارد. نمای جانبی هد لیزر در شکل ۴ نشان داده شده است.



(الف)



(ب)

شکل۴ : الف) نمای جانبی هد لیزر طراحی شده که علاوه بر انعکاس نور نقش گرمابری از ماده‌ی فعال را نیز دارد.ب) هد لیزر ساخته شده در آزمایشگاه بدون درپوش فوقانی

تشدیدگر دارای دو آینه کروی می‌باشد. آینه عقب به شعاع ۱۰ متر و ضریب بازتاب ۱۰۰ درصد و آینه جلو به شعاع ۱۰ متر و ضریب بازتاب ۸۰ درصد و طول تشدیدگر ۱۲ سانتی متر می‌باشد.

نتایج نشان دهنده‌ی انرژی خروجی ۵ میلی ژول متناظر با بازده اپتیکی ۷ درصد می‌باشد.

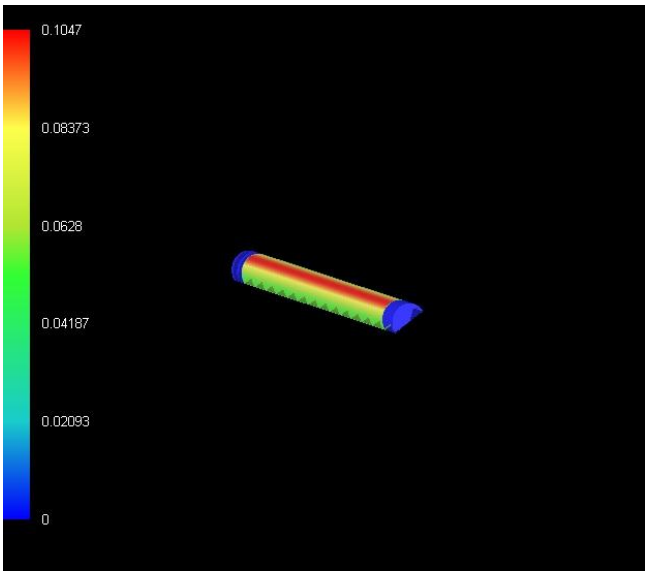
چیدمان آزمایشگاهی طراحی و ساخته شده در شکل ۵ نشان داده شده است.

شکل۵ : چیدمان آزمایشگاهی طراحی و ساخته شده

توزیع گرما در میله لیزری و پروفایل پرتو خروجی از لیزر با استفاده از نرم افزار LASCAD شبیه سازی شده است. توزیع گرما در شکل ۶ نشان داده شده است.

[۱] Heatsink

[Downloaded from opsi.ir on 2024-04-25]

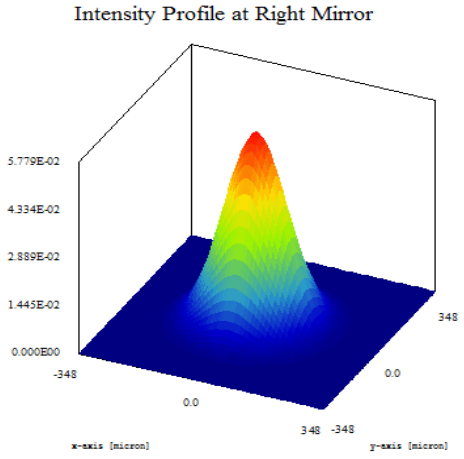


شکل۶ : توزیع گرما در میله لیزری Nd:YAG نمای بیرونی سطح میله که در تماس با لیزر دیود قرار دارد.

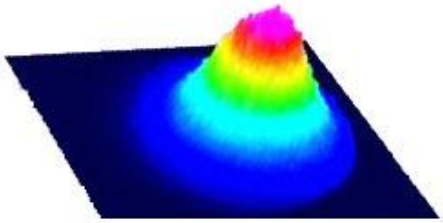
نرخ تکرار پالس انتخاب شده موجب می‌شود که گرمای تولید شده در میله لیزر از طریق گرمابر به بیرون منتقل شده و اثرات لنز شدگی گرمایی به شدت کاهش یافته و تاثیری در خروجی لیزر مشاهده نمی‌شود.

شکل ۷ پروفایل پرتو خروجی از لیزر را نشان می‌دهد که توسط نرم افزار LASCAD شبیه سازی شده است.

پروفایل پرتو خروجی به وسیله‌ی یک بیم پروفایلر بدست آمد که در شکل ۸ نشان داده شده است، نتایج تجربی با نمونه شبیه سازی شده مطابقت دارد.



شکل ۷ : پروفایل پرتو خروجی از لیزر(LASCAD)



شکل ۸ : پروفایل پرتو خروجی از لیزر (beam profiler)

۳- نتیجه گیری

طراحی لیزرهای حالت جامد دمش دیودی به دلیل انطباق خوب بین خروجی لیزر دیود و طیف جذبی ماده فعال اثرات مخرب حرارتی که توسط لامپ‌های درخش ایجاد می‌شود را به شدت کاهش داده و همچنین دارای بازدهی اپتیکی بیشتری نسبت به دمش لامپی می‌باشند.

مراجع

[۱] W. Koechner; " *Solid-State Laser Engineering*"; Springer Series in Optical Science. (1999).

[۲] J. R. Leger and W. C. Goltsos; *" Geometrical transformation of linear diode laser arrays for longitudinal pumping of solid-state lasers*"; IEEE, J Quantum Electron. (1992) 28.

[۳] B. J. le Garrec, G. J. Raze, P. Y. Thro and M. Gilbert; "*High average-power diode-pumped frequency-doubled YAG laser*"; Opt Lett. (1996) 21.

[۴] S. Konno and K. Yasui; " *Efficient high-power green beam generation byuse of an intracavity frequency-doubled laser-diode-pumped Q-switched Nd:YAG laser* "; Appl Opt. (1998) 37.

[۵] E. Eryilmaz; *"Design and Construction of CW Mode Nd:YAG Laser Prototype*"; Middle East Technical Uni. (2004).

[Downloaded from opsi.ir on 2024-04-25]