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

برپایی لیزر میکروچیپ توان متوسط کلید زنی Q به روش نا کنا

احمد مزنگی علی آباد، محمد رضا ملکی اردستانی و مسعود کاوش تهرانی

گروه الکترواپتیک، دانشگاه صنعتی مالک اشتر

چکیده – در این مقاله برپایی یک نمونه لیزر میکروچیپ توان متوسط کلید زنی Q به روش نا کنا انجام شده و تأثیر دو پارامتر ورودی شعاع پرتو دمش و توان دمش بر روی خروجی لیزر بررسی شده و انطباق آن با شبیه سازی به دست آمده است.

کلید واژه- برپایی، لیزر میکروچیپ، کلید زنی Q، روش نا کنا

Set up of passively Q-switched mid-power microchip laser

A. Mazangi Aliabad, M. maleki ardestani and M. Kavosh Tehrani

Department of electro-optics, Malek-ashtar University of Technology

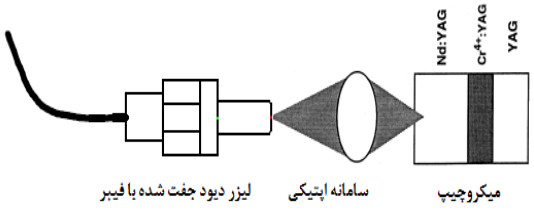
Abstract- In this paper, Set up of passively Q-switched mid-power microchip laser is obtained and effect of two input parameters of pump beam radius and pump power on the output laser is investigated and it's coincidence with simulation is obtioned.

Keywords: Set up, microchip laser, Q-switching, passive

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]

۱- مقدمه

لیزرهای میکروچیپ کلید زنی Q ، لیزرهای حالت جامد ساده و جمع و جوری هستند که پالس‌های نانو ثانیه و زیر نانو ثانیه را با انرژی پالس و توان قله‌ی بالا در یک پرتوی محدود شده‌ی پراش تولید می‌کنند. در ساختار توان متوسط این لیزرها، همان طور که در شکل۱ برای نمونه‌ی برپا شده در این مقاله، مشاهده می کنید؛ بعد از محیط بهره و جاذب اشباع پذیر یک بلور بدون آلایش به عنوان پوشش انتهایی قرار داده می شود. پوشش انتهایی گرمای ایجاده شده و استرس ناشی از آن که بر اثر دمش لیزر ایجاد شده را از روی محیط بهره بر می دارد و به این ترتیب مقاومت صفحه‌ی خروجی را در برابر آسیب نوری افزایش می دهد[۱].



شکل ۱: لیزر میکروچیپ توان متوسط کلید زنی Q با روش ناکنا

محیط بهره Nd:YAG رایج ترین محیط بهره برای لیزرهای حالت جامد است که ویژگی های مطلوبی همچون سختی میزبان YAG، کیفیت نوری خوب و رسانش‌گرمایی بالا را دارا می‌باشد[۲].

در سال های اخیر به بلور Cr^{+4}:YAG به عنوان جاذب اشباع پذیر برای کلید زنیQ ناکنا لیزرهایی با طول موج خروجی در ناحیه ۹۰۰ تا ۱۲۰۰ نانومتر توجه خاصی شده است. این بلور به دلیل سطح مقطع جذب بالا، طول عمر مناسب تراز بالایی، ضریب هدایت گرمایی مناسب و آستانه آسیب پذیری بالا به عنوان جاذب اشباع پذیر به کار می رود [۳].

۲- مبانی نظری لیزر میکروچیپ

مطابق با تئوری لیزر کلید زنی Q به روش ناکنا، پس از حل معادلات نرخ جفت شده چگالی فوتون، چگالی وارونی جمعیت محیط بهره و جاذب اشباع پذیر ، چگالی وارونی جمعیت اولیه، چگالی وارونی جمعیت آستانه و چگالی وارونی جمعیت نهایی به صورت روابط زیر به دست می آیند[۴]:

$$N_i = \frac{2\sigma_g N_{s0} l_s + \ln(1/R) + L + 2\alpha_L l}{2\sigma l} \quad (۱)$$

$$N_{th} \cong \frac{2\sigma_e N_{s0} l_s + \ln(1/R) + L + 2\alpha_L l}{2\sigma l} \quad (۲)$$

$$N_i - N_f - N_{th}\ln(\frac{N_i}{N_f}) = 0 \quad (۳)$$

N_i، N_{th} و N_f، به ترتیب چگالی وارونی جمعیت اولیه، چگالی وارونی جمعیت آستانه و چگالی وارونی جمعیت نهایی است. σ، سطح مقطع گسیل برانگیخته محیط بهره، l ، طول محیط بهره کاواک، σ_g و σ_e به ترتیب سطح مقطع جذب حالت پایه و حالت برانگیخته جاذب اشباع پذیر، l_s طول جاذب اشباع پذیر، N_{s0}، چگالی جمعیت کل جاذب اشباع پذیر، α_L، ضریب جذب محیط بهره در طول موج لیزر ، R، بازتاب پذیری آینه‌ی خروجی و L، اتلاف نوری بر اثر پراکندگی و جذب درون کاواک است.

با مشخص شدن N_i، N_{th} و N_f ، انرژی پالس خروجیE، توان قلهP، پهنای پالس t_i و نرخ تکرارF ، لیزر میکروچیپ کلید زنی Q شده ناکنا می تواند به صورت زیر نوشته شود:

$$E = \frac{h\nu A}{2\sigma\gamma}\ln(1/R)\ln(\frac{N_i}{N_f}) \quad (۴)$$

$$P = \frac{h\nu Al}{\gamma t_r}\ln(1/R)[N_i - N_{th} - N_{th}\ln(\frac{N_i}{N_{th}}) \quad (۵)$$

$$t_i \cong \frac{E}{P} \quad (۶)$$

$$F = (\tau\ln[\frac{1-\beta\frac{n_i}{B\tau}}{1-\frac{n_i}{B\tau}}])^{-1} \quad (۷)$$

که در اینجا داریم[۵]:

$$\beta = 1 - \frac{f_a}{\gamma}(1-\frac{n_f}{n_i}) \quad (۸)$$

$$B = \frac{\eta p_p}{Alh\nu_p} \quad (۱۳)$$

که در آن Aمساحت پرتو در محیط لیزر، ، γ، فاکتور کاهش وارونی که برای لیزر ۴ ترازی Nd:YAG $\gamma = 1$ است. t_r ، زمان رفت و برگشت نور در کاواک لیزر، B، نرخ دمش حجمی به تراز بالایی لیزر، τ، طول عمر سطح بالایی محیط بهره است. f_a فاکتور اشغال بولتزمن در سطح بالایی لیزر، $\eta = 1-\exp(-\alpha l)$ بازده دمش، α ضریب جذب محیط بهره برای ۱٪ آلایش Nd ، P_P توان

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]

دمش، w اندازه لکه دمش، λ طول موج خروجی لیزر و λ_p طول موج دمش لیزر می باشد.

۳- نتایج شبیه سازی

پارامترهای لیزر دیود و میکروچیپ استفاده شده در برپایی به ترتیب در جدول ۱و۲ آورده شده است.

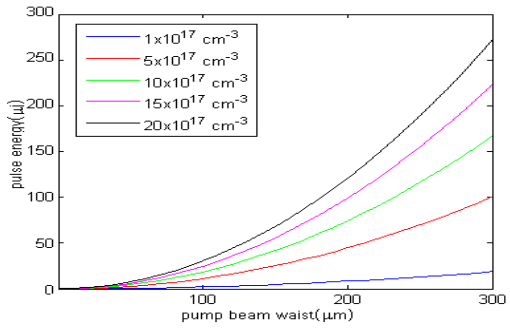
جدول۱:مشخصات لیزر میکروچیپ

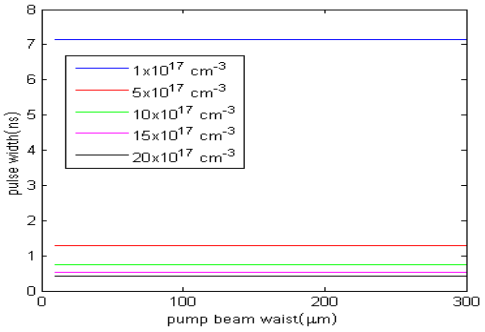
ضخامت Nd:YAG	۴ mm
ضخامت Cr^{+4}:YAG	۲mm
ضخامت YAG	۱.۵mm
قطر میکروچیپ	۳mm
درصدآلایش Nd:YAG	٪۱.۱
عبور اولیه جاذب اشباع پذیر	٪۷۱
بازتاب پذیری آینه خروجی	٪۶۰

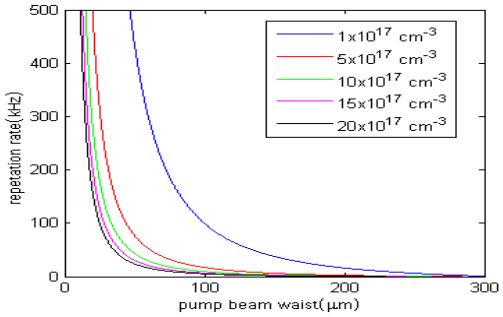
جدول۲: مشخصات لیزر دیود استفاده شده در برپایی

Spectra Width(nm)	Maximum Voltage (V)	Maximum Current(A)	Threshold Current (A)
۳.۹	۱.۹۶	۹.۶	۰.۹۷

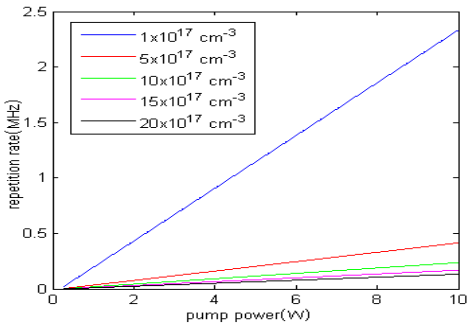
شبیه سازی لیزر میکروچیپ با استفاده از روابط کلید زنی Q به روش ناکنا انجام شده و تغییرات انرژی تپ، پهنای تپ و نرخ تکرار بر حسب شعاع پرتو و تغییرات نرخ تکرار خروجی لیزر بر حسب توان دمش به ازای غلظت های مختلف آلایش جاذب اشباع پذیر، به ترتیب در شکل های ۲ و۳ بررسی شده است.از آن جایی که پارامتر توان دمش فقط در رابطه‌ی نرخ تکرار، وجود دارد؛ تنها تغییرات نرخ تکرار بر حسب توان دمش بررسی شده است.







شکل ۲: تغییرات انرژی تپ، پهنای تپ و نرخ تکرار بر حسب شعاع پرتو دمش به ازای غلظت های مختلف آلایش جاذب اشباع پذیر



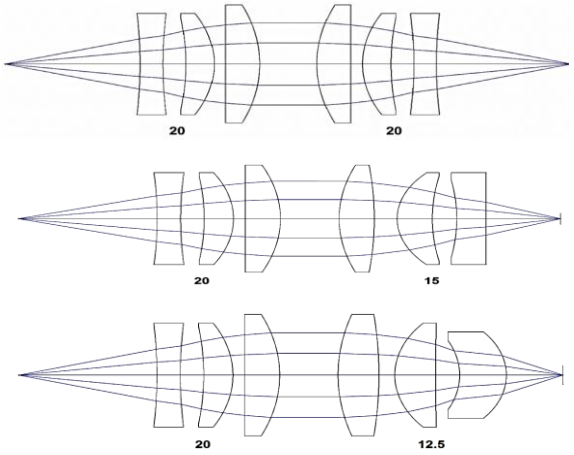
شکل ۳: تغییرات نرخ تکرار بر حسب توان دمش به ازای غلظت های مختلف آلایش جاذب اشباع پذیر

۴- نتایج برپایی

از آن جایی که برای دمش لیزر میکروچیپ به طول موج جذب ۸۰۸ nm نیاز داریم؛ پس از طیف سنجی لیزر دیود استفاده شده در برپایی، این طول موج در دمای ۴۵.۵ °C به دست آمده است. از این رو تمام اندازه گیری‌ها در این دما انجام شده است. در این برپایی خروجی لیزر دیود با استفاده از یک درایور جریان، تپی شده است. امکان تغییر دادن شدت جریان و پهنای تپ جریان وجود دارد که بیانگر آن است که این جریان ثابت در چه مدت زمانی از لیزر دیود خارج می‌شود. برای تغییر دادن شعاع پرتوی دمش از سه سامانه نوری کانونی کننده با شعاع‌های کانونی ۲۰ mm، ۱۵ mm و ۱۲.۵ mm بعد از سامانه‌ی

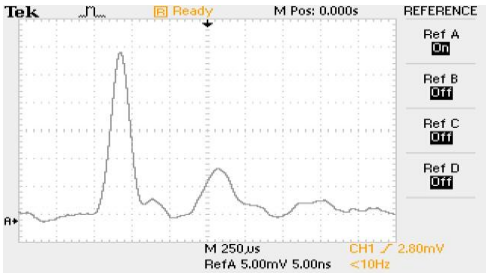
[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]

موازی کننده با شعاع‌کانونی ۲۰mm استفاده شده است که در شکل۴ مشاهده می کنید.



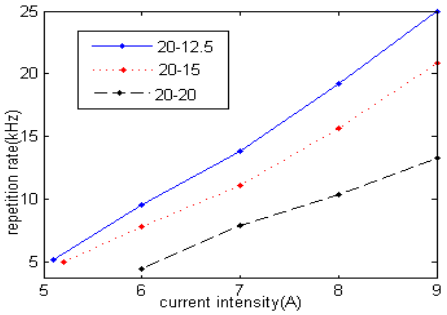
شکل۴: سامانه های نوری موازی کننده و کانونی کننده

پهنای تپ حاصل از برپایی لیزر با هر سه سامانه‌ی اپتیکی، مقدار ثابت تقریباً ۲.۵ ns را می دهد که بیانگر این است که شعاع پرتوی دمش بر روی پهنای زمانی تپ خروجی لیزر، تأثیری ندارد. در شکل۵ تپ خروجی لیزر را برای سامانه‌ی اپتیکی۲۰-۲۰ مشاهده می‌کنید. بعد از تپ اصلی یک برآمدگی (پس تپ) مشاهده می شود. پس‌تپ ایجاد شده در واقع یک مد طولی به جز مد اصلی است که بهره‌ی کمتری نسبت به آن، شامل شده است.



شکل ۵: تپ خروجی لیزر برای سامانه‌ی اپتیکی۲۰-۲۰

انرژی تپ خروجی لیزر میکروچیپ برای سه سامانه اپتیکی با کاهش شعاع کانونی سامانه‌ی کانونی کننده، به ترتیب ۴۸، ۳۷و ۲۸ میکرو ژول به دست می‌آید که به معنای کاهش انرژی تپ به ازای کاهش شعاع پرتو دمش می باشد. با افزایش شدت جریان لیزر دیود، انرژی تپ و پهنای تپ تغییری نمی کند. تغییرات نرخ تکرار بر حسب شدت جریان لیزر دیود به ازای پهنای تپ جریان ثابت ۶۰۰µs برای هر سه سامانه اپتیکی در شکل۸ آورده شده است. برای هر سه سامانه، اولین جریان بیانگر آستانه‌ی عمل لیزر برای خارج کردن۲ تپ لیزر میکروچیپ به ازای هر تپ جریان است. با توجه به رابطه $E=VI\Delta t$ که در آن E انرژی لیزر دیود، V ولتاژ ، I شدت جریان و Δt پهنای تپ جریان است؛ با افزایش شدت جریان، انرژی لیزر دیود و به دنبال آن توان دمش افزایش می‌یابد.



شکل ۶: تغییرات نرخ تکرار بر حسب شدت جریان لیزر دیود به ازای پهنای تپ جریان ثابت ۶۰۰µs برای هر سه سامانه اپتیکی در دمای ۴۵.۵ °C لیزر دیود

با توجه به شکل۶، با افزایش شدت جریان و به دنبل آن توان دمش، نرخ تکرار خروجی لیزر میکروچیپ افزایش می یابد. همچنین با افزایش فاصله کانونی سامانه اپتیکی و به دنبال آن افزایش شعاع پرتو دمش، نرخ تکرار کاهش می یابد.

۵- نتیجه‌گیری

همان طوری که از شبیه سازی و نتایج برپایی به دست آمده است؛ با افزایش شعاع پرتوی دمش، انرژی تپ افزایش، پهنای تپ بدون تغییر و نرخ تکرار کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش توان دمش نرخ تکرار خروجی لیزر افزایش و انرژی تپ و پهنای تپ تغییر نمی کند.

مراجع

[1] Alphan Sennaroglu, *Solid-state lasers and applications*, New York, 2007

[2] Koechner W., *Solid state laser engineering*, Fifth Edition, New York, Springer, Verlag, 2006.

[3] Kalisky Y., Levy S., Kravchik L.,"*Passive Q-switched, CW Diode pumped Nd-doped YAG and YVO4 Lasers* ",**SPIE Conference on Laser Material Crystal Growth and nonlinear Materials and devices**, Vol. 36**,** 1999.

[4] Ma J.· DongJ.· UedaK.-i.· Kaminskii A.A.;"*Optimization of Yb:YAG/Cr^{4+}:YAG composite ceramics passively Q-switched microchip lasers*"; **Appl Phys B** Vol**.** 105**,** pp. 749–760, 2011.

[5] Zhang X., Zhao S., Wang Q., Zhang Q., Sun L., and Zhang S.;"*Optimization of Cr–Doped Saturable-Absorber Q-Switched Lasers*"; **IEEE**, Vol. 33, NO. 12, 1997, Jeong Y., Sahu J., Payne D., et al., "*Ytterbium-doped large-core fiber laser with 1.36 KW contiuous-wave output power*", Opt. Commun. Vol.12, pp. 6088-6092, 2004

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-03]