



## ایجاد پالسهای نانوثانیه توسط بلور جذب کننده ی اشباع پذیر Cr<sup>4+</sup>:YAG برای لیزر های حالت جامد با پمپاژ دیودی

عباس مجدآبادی<sup>۱</sup>، شیمیا محسنی<sup>۲</sup> و حمید رضا دشتی زاده<sup>۱</sup>

۱- پژوهشکده لیزر و اپتیک پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

۲- دانشگاه امام خمینی قزوین

چکیده: در این مقاله، فرایند ایجاد پالسهای کوتاه (در حدود ns) توسط سوئیچ-Q انفعالی، با بکارگیری بلور جذب کننده اشباع پذیر Cr<sup>4+</sup>:YAG صورت گرفته است. ماده فعال بکار گرفته شده در این لیزر، بلور Nd:YAG می باشد که به صورت طولی توسط یک دیود لیزر با قدرت ۳ وات پمپ می شود. چیدمان ایجاد شده در این پروژه برای اولین بار در ایران صورت گرفته است. هدف از این پروژه، بررسی روش مورد اشاره شده و نیز پارامترهای اثرگذار بر روی پهنای پالس خروجی لیزر می باشد. کلید واژه- بلور Cr<sup>4+</sup>:YAG، سوئیچ-Q انفعالی، دیود لیزر، کاواک.

کد PACS -

### ۱- مقدمه:

آسیب پذیری بالا سبب دستیابی به لیزرهای پالسی پر قدرت می شود.

### ۲- چیدمان لیزر:

با توجه به تجربه گذشته‌ی این آزمایشگاه در خصوص طراحی و ساخت انواع لیزر حالت جامد با پمپاژ دیودی [۴]، مبنای این پروژه را بر روی بلور Nd:YAG با توجه به ویژگیهای منحصر بفرد آن، بنا نهاده ایم. محیط فعال دارای طول و قطری به ترتیب به اندازه ی ۹ mm و ۹ mm است. دیگر اینکه جهت افزایش توان خروجی لیزر و نیز مقابله با تلفات احتمالی ناشی از قرار گرفتن بلور Cr<sup>4+</sup>:YAG در کاواک به عنوان جذب کننده، استفاده از یک دیود لیزری با توان ۳W، ضروری به نظر رسید. دیود لیزر قابلیت نشر در طول موج ۸۰۸ nm را دارد که منطبق بر طول موج جذبی بلور Nd:YAG است.

اساساً لیزرهای حالت جامد با رفتار زمانی پالس، در حوزه های مختلف پزشکی، صنعتی، نظامی و ... کاربرد های وسیعی دارد. از آنجا که در بسیاری از کاربردها، ویژگیهایی از قبیل حجم کم، سبک، ارزان و قابل حمل بودن، اهمیت بسیاری دارند، در نتیجه توجه به لیزرهای حالت جامد با پمپاژ دیودی و سوئیچ-Q، به طور قابل توجهی افزایش یافته است [۱].

فرایند سوئیچ-Q به روشهای مختلفی صورت می پذیرد که در یک تقسیم بندی کلی به دو روش فعال و انفعالی صورت می گیرد [۲]. در این پروژه استفاده از بلور Cr<sup>4+</sup>:YAG که مورد توجه بسیاری از محققان قرار دارد، بکار گرفته شده است [۱]. یکی از دلایل استفاده از بلور Cr<sup>4+</sup>:YAG، ضعفهایی است که در مواد رنگی آلی به عنوان جذب کننده، گزارش شده است که مهمترین آن شکسته شدن ملکول های این مواد در برابر شدت پرتو فرودی می باشد [۳]. استفاده از بلور Cr<sup>4+</sup>:YAG تنها مشکل ذکر شده را برطرف، بلکه با توجه به خواصی همچون پایداری حرارتی بالا، حجم کم و سطح

### ۳- نتایج آزمایش:

در این طرح، ابتدا با تشکیل کاواک لیزر مطابق با آنچه در قسمت قبل ذکر شد؛ بلور  $\text{Cr}^{+4}:\text{YAG}$  نزدیک به آینه خروجی قرار داده شد. اندازه پرتو لیزر محاسبه شده در این نقطه برابر است با  $285 \times 320 \mu\text{m}$ . نتایج بدست آمده با این چیدمان، در جدول (۱) نشان داده شده است.

توان ورودی (mW)	توان خروجی بدون $\text{Cr}^{+4}:\text{YAG}$ (mW)	توان خروجی به همراه $\text{Cr}^{+4}:\text{YAG}$ (mW)	پهنای پالس (μs)	آهنگ تکرار (KHz)
۸۰۰	۲۴۰	۱۰	۲/۵	۱۱/۲
۹۴۸	۲۸۰	۲۰	۱/۴	۱۳/۱
۱۰۶۴	۳۲۰	۳۰	۱/۲	۱۵/۲
۱۲۳۵	۴۰۰	۴۰	۱	۲۰

جدول (۱)

جهت مشاهده اثر اندازه‌ی پرتو لیزر بر روی پهنای پالس، در چیدمان دیگری، بلور  $\text{Cr}^{+4}:\text{YAG}$  را در فاصله‌ی ۱۶ mm از محیط فعال قرار گرفت. در این ناحیه اندازه‌ی پرتو لیزر برابر است با  $160 \times 181 \mu\text{m}$ . نتایج بدست آمده با این چیدمان نیز در جدول (۲) مشخص شده است.

توان ورودی (mW)	توان خروجی بدون $\text{Cr}^{+4}:\text{YAG}$ (mW)	توان خروجی به همراه $\text{Cr}^{+4}:\text{YAG}$ (mW)	پهنای پالس (μs)	آهنگ تکرار (KHz)
۸۰۰	۲۴۰	۲۰	۰/۵	۳/۸
۹۴۸	۲۸۰	۴۰	۰/۴۵	۵/۹
۱۰۶۴	۳۲۰	۵۰	۰/۴۱	۷/۱
۱۲۳۵	۴۰۰	۶۰	۰/۴	۹/۲

جدول (۲)

با مقایسه جداول ۱ و ۲ نتیجه می شود که اندازه‌ی پهنای پالس لیزر نسبت مستقیم با اندازه پرتو لیزر در داخل کاواک دارد. در نتیجه جهت کاهش پهنای پالس، بلور  $\text{Cr}^{+4}:\text{YAG}$  را

از آنجایی که کیفیت پرتو لیزر در داخل کاواک، نقش بسزایی در پهنای پالس خروجی دارد، در این آزمایش چیدمان ۳ آینه ای (۷ شکل) مورد استفاده قرار گرفته است [۵].

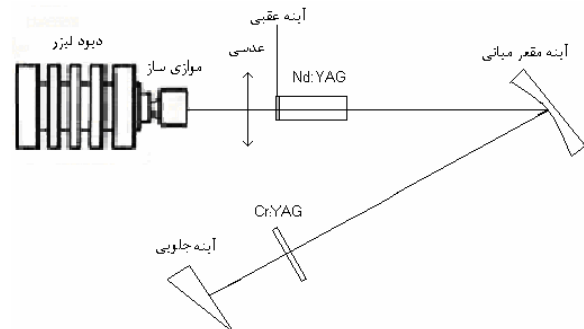
جهت تنظیم کردن طول موج دیود لیزر، یک سرد کننده الکتریکی (peltier) که همزمان با جریان الکتریکی و آب خنک می شود، مورد استفاده قرار گرفت [۶].

به منظور ایجاد یک پرتو گؤسین در خروجی لیزر، لازم است که عمل تطبیق مد بین پرتو پمپاژ و لیزر، به نحو مطلوبی صورت گیرد، به همین خاطر، پرتو خروجی دیود لیزر، توسط یک سیستم اپتیکی، ابتدا موازی و سپس در انتها با کمک یک عدسی با فاصله کانونی ۲cm، بر روی بلور  $\text{Nd}:\text{YAG}$  فرود می آید.

سطح اول بلور  $\text{Nd}:\text{YAG}$ ، دارای یک لایه اپتیکی است؛ به طوری که نسبت به طول موج  $808\text{nm}$  دارای ضریب عبور ۹۵٪ و نسبت به طول موج  $1060\text{nm}$  دارای ضریب بازتاب ۹۹/۹٪ می باشد. این سطح به عنوان آینه عقب لیزر در کاواک عمل می کند. سطح دوم بلور  $\text{Nd}:\text{YAG}$ ، به منظور کاهش تلفات در کاواک، نسبت به طول موج  $1060\text{nm}$ ، دارای لایه نشانی ضد انعکاسی است.

آینه میانی، دارای تقعر با شعاع  $R=40\text{cm}$  و نیز ضریب بازتاب ۹۹/۹٪ نسبت به طول موج  $1060\text{nm}$  می باشد که در فاصله ۲۵cm از محیط فعال قرار دارد. آینه‌ی تخت جلویی نیز با ضریب عبور  $T=5\%$  در فاصله ۵۳cm از آینه‌ی میانی قرار دارد.

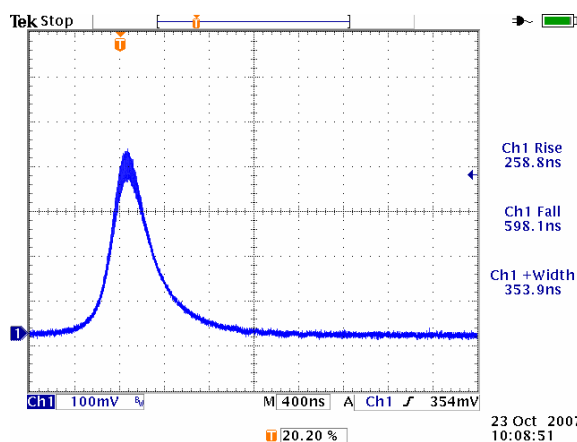
به منظور کاهش ابیراهی در کاواک، زاویه‌ی آینه‌ی میانی نسبت به پرتو فوردی، در حداقل ممکن ( $8^\circ$ ) قرار گرفته است. به دنبال آن، بلور  $\text{Cr}^{+4}:\text{YAG}$  به عنوان جذب کننده‌ی اشباع پذیر با ابعاد  $3\text{mm} \times 3\text{mm} \times 1\text{mm}$  و ضریب عبور  $T=90\%$ ، در کاواک قرار می گیرد. شکل (۱)



شکل (۱) چیدمان کاواک لیزر

در اینجا محاسبات نشان می‌دهد هنگامی که توان پمپاژ  $mW$  و  $1200$  است پهنای پالس و آهنگ تکرار به ترتیب  $353$  ns و  $6/3$  KHz می‌باشد. رفتار زمانی این پالس در شکل (۲) نشان داده شده است.

با توجه به اینکه پهنای زمانی پالس با ضریب اینه خروجی رابطه ی عکس دارد، این اثر در آزمایشات بعدی با تغییر ضریب اینه خروجی به  $T=4\%$  مورد بررسی واقع شده که نتایج بدست آمده در آزمایش با تئوری هم خوانی دارد.



شکل (۲) پهنای پالس لیزر در حالت سوئیچ-Q با  $Cr^{+4}:YAG$

#### ۴- نتیجه گیری:

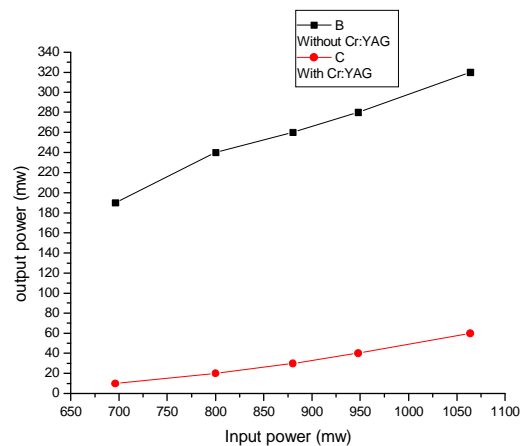
در این طرح پارامترهای اثر گزار بر روی پهنای پالس مورد بررسی واقع شد. یکی از نتایج بدست آمده ، رابطه مستقیم پهنای پالس با اندازه پرتو لیزر در نقاط مختلف کاواک می باشد. نتایج حاصله بر گرفته از معادله زیر میباشد [۳]

$$t_p = \frac{\gamma / \lambda \phi t}{\gamma} \left[ \frac{\delta(1+\delta)\phi}{\delta - \ln(1+\delta)} \right]$$

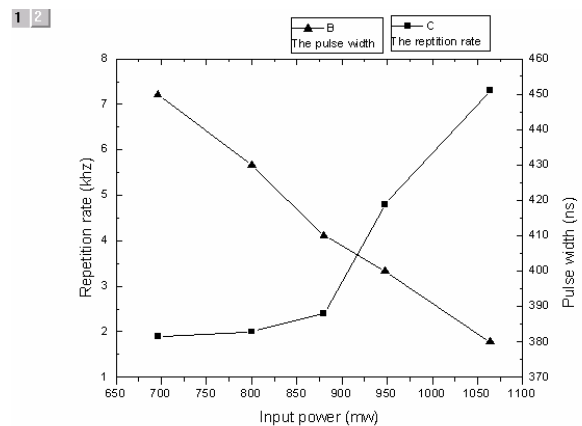
پالس نور خروجی لیزر  $t$  زمان رفت و برگشت پرتو لیزر درون کاواک،  $\gamma$  ثابت تلفات اشباع شده رفت و برگشت،  $\phi$  بازدهی جذب انرژی پالس لیزر و  $\delta$  نسبت تلفات های کاواک اشباع شده به اشباع نشده می باشد. از دیگر نتایج مشاهده شده در این طرح رابطه معکوس پهنای پالس لیزر با ضریب عبور آینه خروجی می باشد.

در نزدیکترین فاصله از محیط فعال که شرایط فنی اجازه می داد قرار گرفت (  $7$  mm از محیط فعال). در این ناحیه اندازه ی پرتو لیزر  $170 \times 190 \mu m$  اندازه گیری شد.

در این حالت نمودار تغییرات توان خروجی بر حسب توان ورودی در دو حالت با  $Cr^{+4}:YAG$  و بدون  $Cr^{+4}:YAG$  در کاواک ، در نمودار ( ۱ ) نشان داده شده است .



نمودار(۱)- توان خروجی لیزر بر حسب توان ورودی آن برای دو حالت با  $Cr^{+4}:YAG$  و بدون آن. همچنین نمودار تغییرات پهنای پالس و آهنگ تکرار بر حسب توان ورودی در نمودار ( ۲ ) نشان داده شده است .



نمودار(۲)- آهنگ تکرار و پهنای پالس خروجی لیزر بر حسب توان ورودی پمپاژ.

همانطور که از روی نمودار مشاهده میشود، با افزایش توان ورودی پمپاژ، پهنای پالس کاهش و آهنگ تکرار افزایش می یابد.



۵- مراجع

- [1] S. Forget, F. Druon, F. Balembois, P. Georges, N. Landru, J. Fe`ve, J. Lin, Z. Weng. Optics communications Vol. 259, pp816, 2006.
- [2]
- [3] T. Dascalu, G. Philipps, H. Weber. Optics & Laser Technology. Vol. 29, No. 3, pp 145, 1997.
- [4]
- [5] J. Dong, P. Deng, Y. Liu, Y. Zhang, J. Xu, W. Chen, X. Xie. Applied Optics. Vol. 40, No. 24, 2001.
- [۶] ایجاد تیپ ۱۰۰ نانومتر ثانیه سوئیچ-Q با استفاده از بلور آکوستو-اپتیکی. مجدآبادی، عباس و همکاران- سیزدهمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک تهران، ۱۳۸۵.
- [7] L. Zhang, D. Li, Q. Zhang, C. Li, Z. Wei, B. Feng, P. Fu, Z. Hang. Optics communications Vol. 250, pp 174, 2005.
- [8] B. Zhou, T. J. Kane, G. J. Dixon, R. Dyer. Optics letter Vol. 10, No. 2, 1985.