بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک
ایران و سیزدهمین کنفرانس مهندسی و فناوری
فوتونیک ایران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان،
زاهدان، ایران.
۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹

کد مقاله:۱-۵ ۲۶۰-۱۰-A

طراحی و ساخت لیزر حالت جامد موج پیوسته دمیده شده با نور خورشید

جواد حمودی[۱] و محمد صبائیان[۱و۲]

[۱]گروه فیزیک، دانشکدهٔ علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

[۲]مرکز تحقیقات لیزر و پلاسما، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

(J-hamoudi@stu.scu.ac.ir,Sabaeian@gmail.com)

چکیده - در این مقاله طراحی و ساخت لیزرحالت جامد با دمش خورشیدی گزارش داده شده است. برای جمع‌آوری تابش خورشیدی، بشقاب جمع‌کنندهٔ خورشیدی سهموی به قطر ۲٫۴ m و عمق ۰٫۴ m ساخته شده است. سطح این بشقاب، با بیش از ده هزار آینهٔ تخت با ابعاد $2\times2\ cm^2$ و بازتابندگی ٪۷۰ پوشانده شده است. به‌منظور استفادهٔ بهینه از تابش خورشیدی، کاواک لیزر را به‌صورت مخروطی و در کانون بشقاب قرار دادیم. در این مقاله از بلور لیزری Nd:YAG با طول ۶۶ mm و قطر ۶٫۵mm استفاده شده است. از آب به‌عنوان خنک‌کننده کاواک استفاده شده است.

کلید واژه- «بشقاب جمع‌کنندهٔ خورشیدی»، «لیزر حالت جامد» و «لیزر خورشیدی»

Design and Construction of a continues-wave solar pumped solid-state laser

JavadHamoudi[1], Mohammad.sabaeian[1,2]
[1]Physics Department, Faculty of Science, ShahidChamran University ofAhvaz, Iran,
[2]Centre for Research on Laser and Plasma (CRLP),ShahidChamranUniversity of Ahvaz, Ahvaz, Iran

We report on the design and construction of a solar-pumped solid-state laser.To collect solar radiation, a parabolic solar collector plate with a diameter of 2.4 m and a depth of 0.4 m has been made. The surface of this dishwas covered with more than ten thousands of flat mirrors with dimensions of $2\times2\ cm^2$ and 70% reflectivity. In order to make the best use of solar radiation, we placed the laser cavity in a cone and put this cavity in the focal zone of the plate. In this paper, Nd: YAG laser crystal with a length of 66 mm and a diameter of 6.5 mm has been used. Cooled water was used to cool the cavity.
Keywords: Parabolic dish, solid state laser, solar laser.

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

۱ـ مقدمه

یک لیزر با دمش خورشیدی، در مقایسه با لیزری که به‌صورت الکتریکی کار می‌کند، به‌دلیل حذف کامل منبع دمش که به‌صورت الکتریکی تغذیه می‌شود، ساده‌تر است. این به ویژه در کاربردهایی که زمان اجرا طولانی است و جایی که فشردگی، قابلیت اطمینان و راندمان بسیار مهم هستند، نمود ویژه‌ای می‌یابد. برای ایجاد یک شدت دمش بزرگ‌تر از حد آستانهٔ مورد نیاز برای تولید لیزر، می‌توان با استفاده از ابزارهای جمع کنندهٔ نوری، میزان تمرکز نور را برای رسیدن به میزان انرژی تقریباً بالاتر، افزایش داد [۱]. با توجه به این که انرژی خورشیدی منبع انرژی پیوسته‌ای در فضا است، می‌تواند برای دمش لیزرهای حالت جامد هم به صورت مستقیم و هم غیرمستقیم استفاده شود. در دمش غیرمستقیم، نور خورشید می‌تواند سلول‌های خورشیدی را برای راه‌اندازی لیزرهای دیود، تغذیه کند. نور لیزر دیودی گسیل شده می‌تواند لیزر حالت جامد را بدمد. فناوری سلول‌های خورشیدی، لیزرهای دیودی و لیزرهای حالت جامد با دمش لیزر دیودی، به طور جداگانه در گذشته مورد توجه قرار گرفته‌اند و بازدهٔ صنعتی به‌دست آورده‌اند. دمش خورشیدی مستقیم لیزرهای حالت جامد، باعث صرفه‌جویی در دو مرحلهٔ تبدیل انرژی می‌شود و بنابراین به طور بالقوه‌ای دارای بازدهٔ بیشتری است. با این حال، توجه خیلی کمی به لیزرهای دمش مستقیم خورشیدی شده است و فناوری آن تا اکنون بلوغ چندانی نیافته است. در حال حاضر لیزرهای خورشیدی قابل حصول هستند، اما تا رسیدن به بازده بالا و سادگی در راه‌اندازی، کارهای بسیاری باید انجام شود [۲].

با وجود سابقهٔ زیاد ایدهٔ دمش لیزر با نور خورشید، موضوع لیزرهای خورشیدی از مباحث جدید در ادبیات لیزر و اپتیک در داخل کشور است. در این زمینه، با توجه به جستجوهای انجام شده در منابع علمی، طراحی و ساخت این گونه لیزرها در داخل کشور تاکنون انجام نشده است؛ هرچند به‌صورت نظری و شبیه‌سازی کارهایی صورت گرفته است [۳]. اما در خارج از کشور، کارهای متعدد و متفاوتی انجام شده است. اولین لیزر با دمش خورشیدی در سال ۱۹۶۶ ساخته شد [۴]. ساخت این لیزر، ایران را در لیست کشورهای سازندهٔ لیزر با دمش خورشیدی قرار می‌دهد.

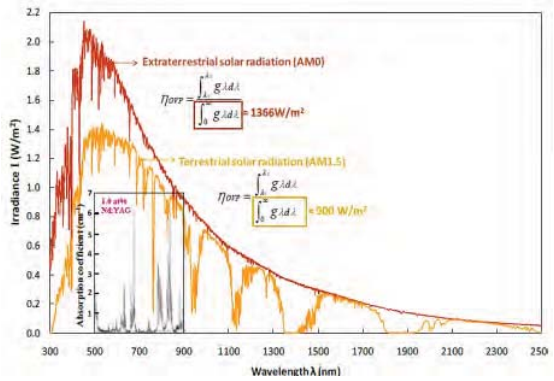
۲ـ لیزر با دمش خورشیدی

با توجه به اینکه نور خورشید، طیف پیوسته از ناحیه فرابنفش تا مادون‌قرمز را در بر می‌گیرد (شکل۱) که بالغ بر ٪۵۰ تابش آن در ناحیه مادون قرمز قرار است، و از طرفی بلور Nd:YAGجذب قابل توجهی در بخش‌های اصلی طیف خورشیدی (به ویژه در طول موج ۸۰۸ nm) دارد، می‌توانیم از این انرژی به‌عنوان منبع دمش این لیزر حالت جامد استفاده کنیم. بلور Nd:YAG قابلیت‌های بالایی برای تبدیل فوتون‌های خورشیدی به لیزری، نظیر آستانهٔ دمشی نسبتاً پایین، چگالی بالای اتم‌های فعال لیزری، قابلیت اطمینان، راندمان بالا و نیز تجربه‌ای طولانی و خوب در بسیاری از کاربردها، دارد. بنابراین، این بلور برای دمش خورشیدی مورد توجه قرار گرفته است. از آن‌جا که منبع دمش لیزرهای با دمش خورشیدی، خورشید است بازده دمش فقط تحت تأثیر بازده هم‌پوشانی است که به صورت رابطهٔ (۱) تعریف می‌شود:

$$\eta_{P_{sl}} = \eta_{OVP} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} g_\lambda d\lambda}{\int_0^{\infty} g_\lambda d\lambda} \qquad (۱)$$

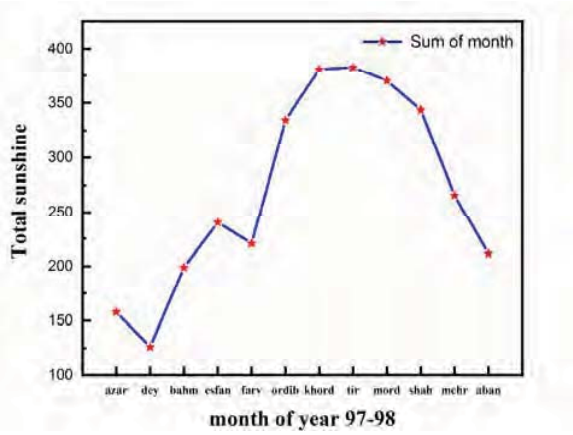
که g_λ، تابش طیفی استاندارد منبع دمش و λ_2 تا λ_1 محدودهٔ طول‌موج باندهای جذب محیط فعال است. برای مثال، هم‌پوشانی محیط فعال لیزر حالت جامد Nd:YAG ، که به‌عنوان رایج‌ترین مادهٔ استفاده شده برای لیزرهای با دمش خورشیدی است، با طیف گسیلی تابش خورشیدی $\eta_{OVP} = ۰/۱۶$است [۲].

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



شکل ۱: طیف گسیلی خورشیدی استاندارد در فضا (AM0)و روی زمین (AM1.5) ، باندهای جذبNd:YAG[۲].

به منظور بررسی تابش آفتاب تعداد ساعات آفتابی در شهر اهواز(محل انجام پروژه) در شکل (۲) به‌صورت نمودار نشان داده شده است



شکل ۲: مجموع تعداد ساعات آفتابی هر ماه شهر اهواز به مدت یک سال (از آذر ماه ۹۷ تا آبان ۹۸).

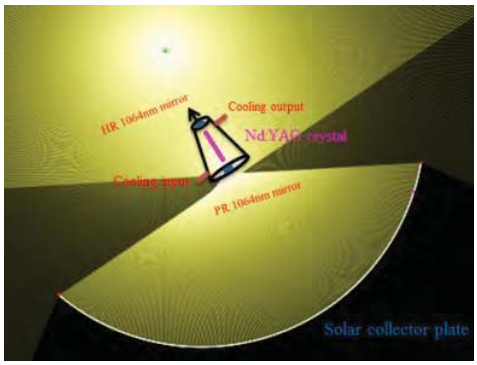
پارامتر دیگری که برای لیزرهای با دمش خورشیدی مهم است بازدهٔ جمع‌آوری CE به صورت نسبت بین توان خروجی لیزر P_{OUT} و مساحت جمع‌کنندهٔ خورشیدی اولیه، $A_{Collection}$ ، تعریف می‌شود (رابطهٔ ۲):

$$CE = \frac{P_{OUT}}{A_{Collection}} \qquad (۲)$$

در لیزرهای با دمش خورشیدی، به‌منظور به‌دست آوردن توان لیزر بیشتر و هم‌چنین صرفه‌جویی در استفاده از آینه‌ها برای جمع‌آوری نور خورشید، افزایش بازدهٔ جمع-آوری هدفی مطلوب است.

۳ـ لیزر ساخته شده

برای جمع‌آوری تابش خورشیدی، از بشقاب جمع‌کنندهٔ مایکروویو سهموی به قطر ۲٫۴ m و عمق ۰٫۴ m استفاده کردیم. سطح این بشقاب جمع‌کنندهٔ را با بیش از ده هزار آینهٔ تخت با ابعاد $2\times2\ cm^2$ و بازتابندگی ٪۷۰ پوشاندیم. در شکل (۳) شماتیکی از لیزر ساخته شده نشان داده شده است. در شکل (۴) بشقاب جمع‌کنندهٔ خورشیدی آن نشان داده شده است.

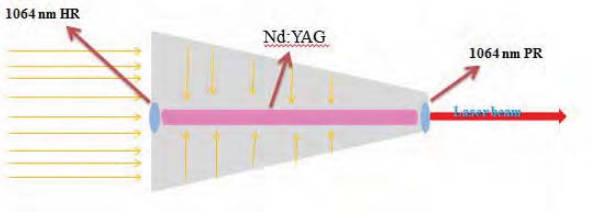


شکل ۳: شماتیکی از لیزر ساخته شده.

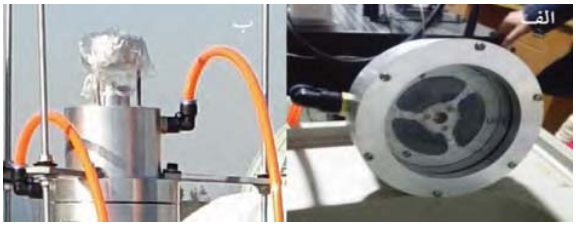
شکل ۴: بشقاب جمع‌کنندهٔ خورشیدی.

با توجه به قابلیت‌های آلومینیوم نظیر: براق بودن، رسانندگی گرمایی و ضدزنگ بودن و به‌منظور تمرکز بیشتر تابش خورشیدی کاواک لیزر به شکل مخروطی طراحی و از جنس آلومینیوم ساخته شد که در شکل(۵)شماتیکی از کاواک سامانهٔ لیزری نشان داده شده است. هم‌چنین کاواک سامانهٔ لیزری ساخته شده در شکل (۶) نشان داده شده است. لازم به‌ذکر است که نحوهٔ دمش تابش خورشیدی به بلور لیزری Nd:YAG با طول ۶۶ mm و قطر ۶٫۵mm ، هم از کناره‌ها و هم از انتها است.

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



شکل ۵: شماتیکی از کاواک سامانهٔ لیزری.



شکل ۶:کاواک لیزر ساخته شده.

به دلیل تولید گرمای بیش از حد ناشی از تابش نور خورشید به داخل کاواک و هم‌چنین تمرکز آن به وسیلهٔ کاواک مخروطی شکل، برای خنک سازی سامانهٔ لیزری لازم است بلور لیزری و آینه پشت خنک شوند. خنک-کننده استفاده شده جهت خنک‌سازی بلور لیزری و آینه پشت لیزر آب است.

شکل۷:بشقاب جمع‌کنندهٔ خورشید و سامانهٔ لیزری از جلو.

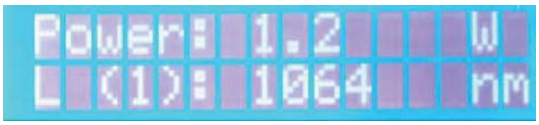
در شکل(۷) بشقاب جمع‌کنندهٔ تابش خورشیدی همراه با سامانهٔ لیزری نشان داده شده است.

در شکل (۸) نیز تابش خورشیدی رسیده به کاواک لیزر نشان داده شده است.

شکل۸:تابش خورشیدی رسیده به کاواک لیزر.

۴- نتایج

تست اولیه، حدود ۱/۲ وات پرتو همدوس با طول‌موج ۱۰۶۴ نانومتربا توان‌سنج اندازه‌گیری شده که در شکل (۹) نشان داده شده است.



شکل۹: توان خروجی لیزر.

با توجه به توان خروجی و سطح مقطع مفید بشقاب جمع-کنندهٔ خورشیدی بازدهٔ جمع‌آوری ۰/۲۴ محاسبه شده است. البته لازم به‌ذکر است که به‌دلیل طوفان شدید بشقاب جمع‌کنندهٔ خورشیدی چند بار آسیب دیده و آبیراهی‌هایی پیدا کرده است که انتظار می‌رود با تنظیمات مجدد و رفع اشکالات، توان و بازدهٔ جمع‌آوریاین لیزر تا چندین برابر افزایش داد.

۵-مرجع‌ها

[1] H. Arashi, Y. Oka, N. Sasahara, A. Kaimai, and M. Ishigame, "*A solar-pumped cw 18 W Nd: YAG laser,*" Japanese Journal of Applied Physics. 23(8R), 1051 (1984).

[2] W. Koechner and M. Bass, *Solid-State Lasers: A Graduate Text*. (Springer Science & Business Media, 2006).

[۳] ح. خاشعی، س. منوچهری و ح. عبادیان، "طراحی سیستم دمش خورشیدی لیزرهای حالت جامد به‌صورت دمش از انتها با جمع کنندهٔ کروی برای کاربردهای فضایی و محاسبهٔ پارامترهای آستانه برای بلور Nd:Cr:GSGG"، مقاله نامه نوزدهمین کنفرانس اپتیک وفوتونیک ایران به همراه پنجمین کنفرانس فوتونیک ایران. (۱۳۹۱).

[4] C. Young, "*A sun-pumped cw one-watt laser,*" Applied optics. **5**(6), 993-997 (1966).

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