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 : ۱-۲۴۶۸-۱۰-A

طراحی و شبیه سازی نوسانگر لیزر پالسی الکساندرایت

یاسر نجفی ودود[۱]، عباس ملکی[۲]،حسن عبادیان[۳]،جواد صالحی نظام آبادی[۴]

[۱،۲،۳]شاهین شهر، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، پژوهشکده علوم و فناوری اپتیک و لیزر

Yasern253@gmail.com[۱]

Abbas Maleki56@gmail.com[۲]

mmorebady@gmail.com[۳]

چکیده – در این مقاله به طراحی و شبیه سازی نوسانگر لیزر پالسی الکساندرایت با نرم افزار ZEMAX و LASCAD پرداخته شده است. محفظه ، منبع دمش و میله الکساندرایت به طول ۱۱۵ میلی متر و قطر ۷ میلی متر در نرم افزار ZEMAX شبیه سازی و پس از ردیابی پرتو در ZEMAX با کمک نرم افزار LASCAD به تحلیل حرارتی،بررسی عدسی گرمایی،شبیه سازی مشدد نوری و در نهایت استخراج انرژی خروجی ۳۰ ژول به ازای انرژی دمشی۱۱۰ ژول که معادل بازده الکتریکی به نوری ۲۸ درصد است پرداخته شده است.

کلید واژه-انرژی دمشی،لیزر پالسی الکساندرایت ،LASCAD،ZEMAX

Design and simulation of Alexandrite pulsed laser oscillator

Yaser Najafi Vadod,Abbas Maleki,Hassan Ebadian,Javad Salehi Nezamabadi

Shahin Shahr Malek Ashtar Univercity of Technology,Optics and Laser Sciencs and Technology Research Center(Yaser Najafi Vadod,Abbas Maleki,Hassan Ebadian,Javad Salehi Nezamabadi)

Yasern253@gmail.com[1]
Abbas Maleki56@gmail.com[2]
mmorebady@gmail.com[3]

Abstract –In the present paper,the Alexandrite pulsed laser oscillator hasbeen designed and simulated with the help of ZEMAX and LASCAD software.The pump chamber,pump source,and the Alexandrite rod whose length anddiameter are 115mm and 7mm,respectively have been simulatedand analyzed using the ray-tracing approach at ZEMAX.As the next step, the optical oscillator has been simulated by using LASCAD software , and then the thermal analysis and thermal lensing effect and optical resonator simulation have been studied.Finally for 110 joules pumped energy,output energy has been obtained to be 30 Joules which is equivalent to optical-electrical efficiency of 28%.

Keywords:Pump energy,Alexandrite pulsed Laser,Zemax,Lascad

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

مقدمه

لیزر حالت‌جامد الکساندرایت به عنوان یکی از لیزرهای پر کاربرد در حوزه‌های پزشکی محسوب می شود. از لیزر الکساندرایت در درمان ضایعات پوستی و نابودی موهای زائد استفاده می شود[۱].

لیزر الکساندرایت از جمله لیزر های حالت جامد شبه چهار ترازی می باشد که دارای فرمول شیمیایی $Cr^{3+}:BeAl_2O_4$

می باشد که بازده الکتریکی به نوری این لیزر در مقایسه با لیزرهای حالت دیگر نسبتاً جامد است. میله الکساندرایت با دو روش فلاش لامپ و لیزر دیود مورد دمش واقع می شود[۲]. در این مقاله با استفاده از فلاش لامپ با انرژی دمشی ۱۱۰ ژول با پهنای زمانی ۶ میلی ثانیه و نرخ تکرار ۱ تا ۸ هرتز میله لیزری مورد دمش قرار گرفته است. برای محاسبه انرژی خروجی لیزر، ابتدا محفظه دمش با نرم افزار زیمکس ZEMAX شبیه سازی شده است و از نتایج این شبیه سازی به عنوان ورودی نرم‌افزار LASCAD استفاده شده است که با استفاده از نرم‌افزار LASCAD تحلیل حرارتی، محاسبه فاصله کانونی عدسی گرمایی و محاسبه انرژی خروجی لیزر انجام شده است. همچنین فاصله کانونی عدسی گرمایی ۱۰/۰۰۶ متر (در نرخ تکرار ۱هرتز) و ۱/۲۶ متر(در نرخ تکرار ۸ هرتز) محاسبه شده است و انرژی خروجی ۳۰ ژول که معادل بازده تبدیل الکتریکی به نوری ۲۸ درصد است محاسبه شده است.

مبانی نظری

یکی از مسایل مهم در لیزرهای حالت‌جامد مسئله گرم شدن میله ناشی از انرژی تابشی منبع دمش است. گرمای تولید شده باعث اثر عدسی‌گرمایی در میله لیزری می شود که گرادیان حرارتی موجب تغییرات ضریب شکست میله شده و در نهایت میله لیزری مشابه عدسی ضخیم عمل می کند. طبق رابطه‌ی (۱) مقدار فاصله کانونی عدسی‌گرمایی محاسبه می شود[۱]:

$$f_R = \frac{KA}{\eta P_{in}} \left(\frac{1}{2}\frac{dn}{dT}\right)^{-1} \qquad (۱)$$

که در آن A سطح مقطع میله، K ضریب انبساط حرارتی میله، P_{in} توان متوسط الکتریکی دمشی، η بازده تبدیل الکتریکی و $\frac{dn}{dt}$ گرادیان حرارتی میله است.

پس از محاسبه f_R، محاسبه‌ی انرژی خروجی لیزر و تعیین شیب بازده کل لیزر مهم می باشد که طبق رابطه (۲) بیان می شود[۴،۳]:

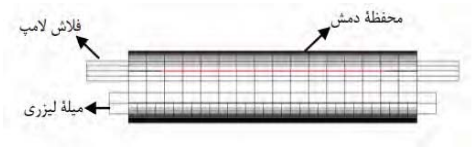
$$\mathrm{E_{out}} = \sigma_{\mathrm{S}} \left(E_{in} - E_{th}\right) \qquad (۲)$$

که σ_{S} بازده شیب، E_{in} انرژی الکتریکی دمشی، E_{th} انرژی آستانه لیزر است.

شبیه سازی ها

شبیه سازی محفظه دمش در نرم افزار ZEMAX

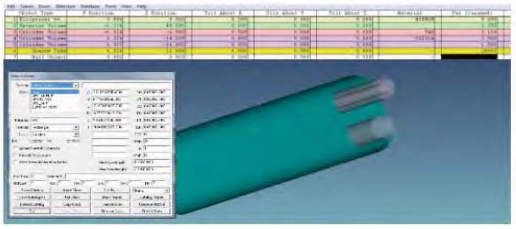
جهت مدل‌سازی فلاش لامپ از میله استوانه ای شکل که دارای تابش در تمامی جهات فضا است استفاده گردید. این میله شیشه ای از جنس کوارتز با طول ۱۱۵ میلی متر و قطر ۷ میلی متر انتخاب شده است. در این شبیه‌سازی انرژی دمشی فلاش لامپ ۱۱۰ ژول (۱۱۰ وات در نرخ تکرار ۱ هرتز) در نظر گرفته شده است. همچنین محفظه‌دمش سرامیکی پخشی دارای دو سطح کروی به شعاع ۵/۵ و ۶ میلی متر و طول ۱۰۰ میلی متر است. در شکل۱ طرحواره محفظه‌دمش در نمای طولی نشان داده شده است.



شکل۱: نمای طولی محفظه دمش با وجود فلش لامپ و میله لیزری

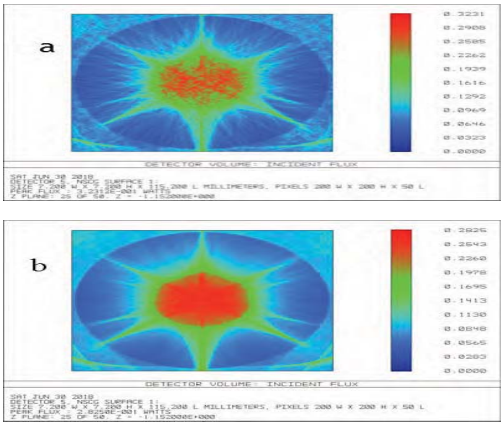
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

لازم به توضیح است که میله Alexandrite استفاده شده در مدل سازی دارای طول ۱۱۵ میلی متر و قطر ۷ میلی متر می باشد که توسط ضرایب سلمایر،میله Alexandrite در نرم افزار تعریف شده است. در شکل ۲ مدل سازی نهایی محفظه دمش در محیط نرم افزار ZEMAX آورده شده است.



شکل۲:شماتیک طراحی در نرم افزارZEMAX و تعریف میله لیزری الکساندرایت

پس از مدل‌سازی محفظه دمش، شبیه‌سازی شار جذبی پرتوهای دمشی درون میله لیزری انجام می گردد. با تعریف المان آشکارساز در نرم افزار ZEMAX و جفت‌شدگی نزدیک با میله لیزری، میزان شار جذبی ناشی از تابش فلاش لامپ برای تعداد پرتوهای ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ طبق شکل۳ بدست آمده است. همانطورکه‌مشاهده می‌شود تابش پرتو داخل فلاش لامپ دارای تقارن است و کانونی شدن پرتو داخل میله، نشان از پرتویابی صحیح است.

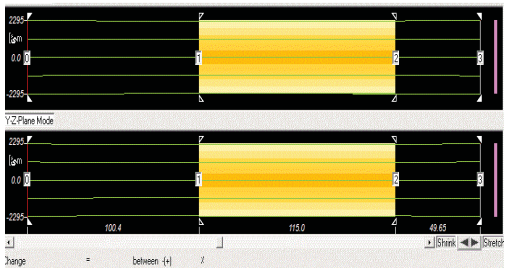


شکل۳: نمایه شار جذبی پرتوهای دمشی a) تعداد ۱۰۰۰ پرتو b) تعداد ۱۰۰۰۰ پرتو

در بخش بعدی، از نتایج شار جذبی به عنوان داده های ورودی نرم افزار LASCAD جهت شبیه سازی لیزر استفاده شده است.

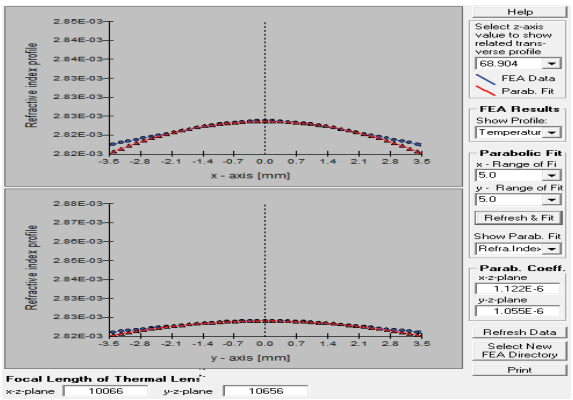
شبیه سازی نوسانگر LASCAD

در شبیه سازی نوسانگر، از مشدد نوری به طول ۲۶/۵ سانتی‌متر و آینه های کروی با شعاع انحنای ۳ متر استفاده شده است و ضریب بازتاب آینه خروجی ۴۵ درصد انتخاب شده است که در شکل ۴ مشدد نوری در نرم‌افزار LASCAD نشان داده شده است.



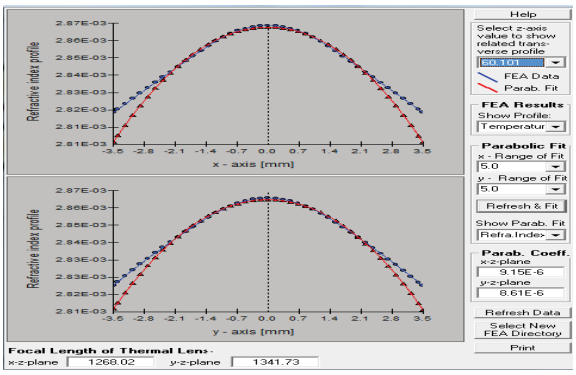
شکل۴: مشدد نوری در نرم افزار LASCAD

دراین بخش، نتایج شبیه‌سازی حرارتی و محاسبه فاصله کانونی اثر عدسی‌گرمایی با نرم افزار LASCAD ارائه شده است.با تعریف مشدد نوری در محیط نرم افزار و اجرای کد FEA، نمایه ضریب شکست میله لیزری شبیه سازی می شود که با استفاده از نمایه شکل ۵ و ۶ فاصله کانونی عدسی گرمایی ۱۰/۰۶متر(در نرخ تکرار ۱ هرتز) و ۱/۲۶ متر(در نرخ تکرار۸ هرتز) محاسبه شده است.



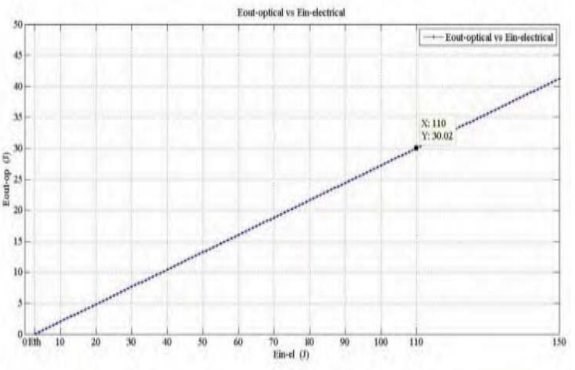
شکل۵: نمایه ضریب شکست در نرخ تکرار ۱هرتز

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



شکل۶: نمایه ضریب شکست در نرخ تکرار ۸هرتز

یکی دیگر از نتایج شبیه سازی نوسانگر، محاسبه انرژی خروجی لیزر است که با نرم افزار LASCAD به ازای انرژی ورودی دمش الکتریکی به دست آمده است. طبق شکل ۷ به ازای انرژی ورودی ۱۱۰ژول، انرژی خروجی ۳۰ ژول حاصل شده است.



شکل۷: نمودار انرژی خروجی برحسب انرژی ورودی

در جدول ۱ نتایج شبیه‌سازی انرژی خروجی لیزر الکساندرایت بر حسب انرژی دمشی مختلف ارائه شده است. نتایج حاصله نشان می دهند بازده تبدیل الکتریکی به نوری لیزر در حدود ۲۸ درصد است. همچنین لازم به ذکر است که توان متوسط خروجی ۳۰ وات (۱۱۰ وات توان متوسط ورودی در نرخ تکرار ۱هرتز) و توان متوسط خروجی ۲۴۰ وات (۸۸۰ وات توان متوسط ورودی در نرخ تکرار ۸هرتز) طبق رابطه $P = E \times f$ به دست می آید که در این رابطه E انرژی دمشی لیزر وf نرخ تکرار است.

جدول۱: نتایج شبیه سازی انرژی خروجی بر حسب انرژی ورودی

Ein-electrical(J)	Eout_optical(J)
۱۱۰	۳۰
۱۰۰	۲۸
۹۰	۲۵.۲۱
۸۰	۲۲.۴۵
۵۰	۱۴
۲۰	۵.۶

نتیجه گیری

نتایج شبیه سازی ها نشان می دهد با افزایش نرخ تکرار لیزر و انرژی دمشی، توان متوسط افزایش می یابد در نتیجه حرارت بیشتری در میله لیزر تولید می شود. با افزایش گرما،اثر عدسی گرمایی قویتر و منجر به کانونی شدن پرتو لیزر و کاهش کیفیت پرتو خروجی می‌گردد. در این شبیه سازی با انتخاب ساختار مشدد مناسب تا حدود زیادی این اثر رفع گردید و از افت انرژی در بازه فرکانسی ۱تا۸ هرتز جلوگیری شد، به طوریکه در بازه ۱تا۸ هرتز انرژی خروجی لیزر همان ۳۰ ژول ثابت به دست آمد که این انرژی معادل بازده الکتریکی به نوری ۲۸ درصد است که نسبتاً مقدار قابل قبولی در لیزرهای حالت جامد فلاش لامپی Alexandrite است.

[1]JOHN PAUL TRAFELI, MD,"Use of a long-pulse Alexandrite Laser in the Treatment of Superficial pigmented Lesions", Journal compilation & 2007 by the American Society for Dermatologic Surgery.

[2]JOUN C.WALLING,"Tunable Alexandrite laser:

Developement and performance",IEE Journal of QUANTOM ELECTRONICS,VOL.QE-21.1985**[3]**Walter Koechner, *Solid-State Laser Engineering*,
Sixth Revised and Updated Edition, p.368-381, hb2006.

[4]N. Hodgson and H. Weber,"Laser Resonators and Beam Propagation", 2nd Edition, Springer, New York, 2005.

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