بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و هفتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۲۳ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۹۳، دانشگاه شهید بهشتی

بررسي وابستگي ضريب پاكسازي گاز به چگالي انرژي ورودي در ليزر گاز كربنيك پالسي فشار آتمسفري

منصور زند*، سعید امین نعیمی، بختیار کیا، رضا نشاطی، ایوب احمدی و مرتضی نورالهی

پژوهشکده لیزر واپتیک، انتهای خیابان کارگر شمالی ، تهران

چکیده - در لیزر های گازکربنیک پالسی فشار آتمسفری جهت تامین دشارژ مناسب و جلوگیری ازاستهلاک گاز ، نیاز به تعویض گاز محصور در فضای بین الکترودها در فاصله زمانی بین دو پالس میباشد.تعداد این تعویض ها ، اصطلاحا به ضریب پاکسازی گاز معروف است. در این مقاله در مورد نرخ تکرار مناسب در چگالی های مختلف انرژی اعمال شده به فضای داخلی بین دو الکترود تحقیق شده است و در نهایت، رابطه تجربی مناسب، برای ضریب پاکسازی گاز، نسبت به چگالی انرژی ورودی، ارائه گردیده است.

کلید واژه- لیزر گاز کربنیک پالسی، ضریب پاکسازی گاز

Investigation of Gas clearing ratio to input energy density in a pulsed Transversely Excited Atmospheric (TEA) CO_2 laser

Mansour Zand*, Saeed Amin Naeimi, Bakhtiar Kia, Reza Neshati, Aiub Ahmadi, Morteza Noorollahi

Laser and Optics Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI), Tehran, IRAN

Abstract- In a pulsed transversely excited atmospheric (TEA) CO_2 laser, to establish a uniform discharge between the electrodes without gas damaging, gas replacement is needed at time duration between two pulses. The amount of these replacements are called clearing ratio. In this paper the relation between clearing ratios at the maximum repetition rates and the input energy densities was investigated and eventually an experimental relation between gas cleaning ratios and input energy densities is presented

Keywords: Clearing ratio, Pulsed CO2 laser

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-04]

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

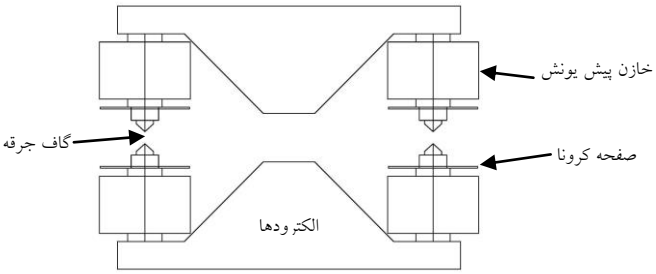
۱- مقدمه

از سال ۱۹۶۷ که لیزرهای گاز کربنیک شناخته شده اند انواع گوناگون این نوع لیزر ها ساخته ومورد استفاده قرار گرفته اند. برای این نوع لیزر کاربردهای متنوعی در علوم و صنایع مختلف و علوم هسته ای[۱] متصور میباشد ، که از آن جمله میتوان به ابزار حکاکی[۲]، گداخت لیزری[۳] ، شتاب ذرات[۴] ، لیدار لیزری[۵] و دمش لیزر های فروسرخ[۶] اشاره کرد.

در لیزرهای پالسی فشار آتمسفری، با هر بار تخلیه قسمتی از گاز در فضای بین دوالکترود، تخریب شده و باید قبل از تخلیه بعدی از بین دوالکترود خارج گردد . میزان این تخریب به انرژی اعمال شده به فضای داخلی بین دو الکترود وابسته میباشد. بنابر این با افزایش نرخ تکرار در این گونه لیزرها ، لزوم استفاده از دمنده های گاز جهت چرخش گاز در داخل محفظه احساس میشود و برای برقراری تخلیه مناسب، سرعت چرخش گاز بسیار مهم است . تعداد دفعات تعویض گاز در فاصله زمانی اعمال دو پالس متوالی اصطلاحا به ضریب پاکسازی گاز معروف است[۷]. در این مقاله، رابطه بین ضریب پاکسازی گاز و چگالی انرژی ورودی مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است.

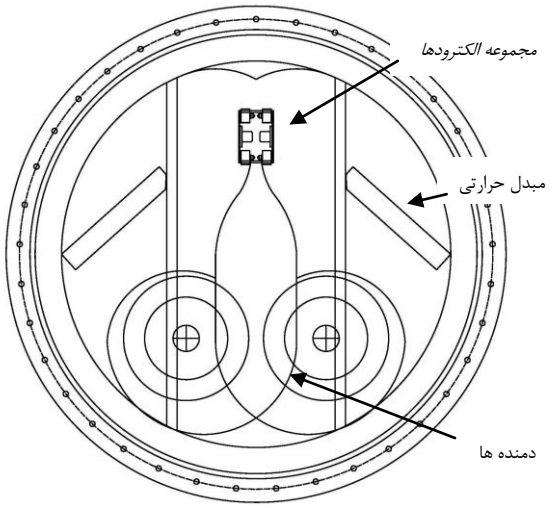
۲- ساختار لیزر

در تکمیل کار های قبلی [۸]، [۹] در این طرح جهت افزایش سرعت گاز ، مجموعه الکترودها ، دمنده و مبدل حرارتی در یک محفظه قرار گرفته اند. الکترودها که در بالای محفظه نصب شده اند، از جنس آلومینیوم با سطح مقطع مربع، به ضلع ۲/۲ و طول ۷۰ سانتی متر که لبه های روبرو ، به شعاع مناسب گرد و به همراه سطح آن ضلع، پولیش شده، ساخته شده اند. پهنای نهائی الکترودها پس از تصحیح۱۴ میلی متر اندازه گیری شد. در دو طرف الکترود، در بالا وپائین، خازنهای پیش یونش بصورت آرایه خطی که در انتها به سوزنهای گاف جرقه و صفحات مولد کرونا منتهی میشوند، قرار گرفته اند. فاصله الکترودها ۱۴ میلی متر وگاف جرقه در حدود ۸ میلیمتر میباشد. صفحات کرونا به قطر و ضخامت به ترتیب ۲۵ و ۰/۵ میلیمتر میباشد. تعداد خازنهای پیش یونش۱۹ جفت و ظرفیت هر یک ۰/۴۷ نانو فاراد است. جزئیات در شکل ۱ دیده میشود. کاواک لیزر از دو آینه، یکی تمام بازتاب، مقعر با شعاع انحناء ۴ متر، برنجی با پوشش طلا و قطر ۵ سانتیمتر در عقب لیزر و دیگری نیمه تراوا، تخت از جنس ZnSe، با ضریب باز تابش ۷۰٪ و قطر ۵ سانتیمتر بعنوان خروجی لیزر نصب شده اند.



شکل۱ : نحوه قرارگیری الکترودها و خازنهای پیش یونش در کنار هم

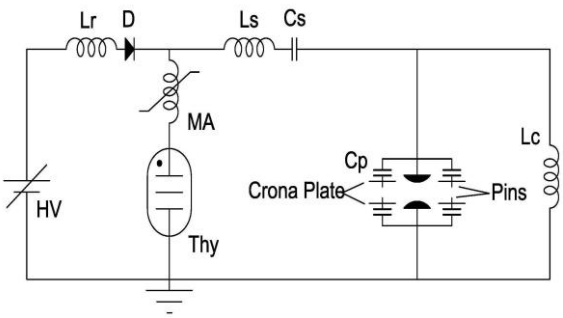
دمنده ها که از نوع ساتریفیوژ با فشار ۳۱۰ پاسکال در نظر گرفته شده اند، به تعداد سه عدد و بصورت حلزونی میباشند. سرعت چرخش پروانه ۹۰۰ دور در دقیقه و سرعت عبور مخلوط گازی متشکل از سه گاز نیتروژن، دی اکسید کربن وهلیوم به نسبتهای به ترتیب ۲و۱و۱۱ در فضای بین دو الکترود در حدود ۱۵ متر در ثانیه اندازه گیری شد. نحوه قرارگیری سه محفظه دمنده ، الکترودها و مبدل حرارتی در کنار هم بصورت طرحواره در شکل ۲ دیده میشوند. مدار مبدل ولتاژ مستقیم به تپی جهت دمش لیزر، نسبت به مدار استفاده شده قبلی [۱۰] پیچیده تر میباشد. طرحواره این مدار در شکل ۳ دیده میشود.



شکل۲ : نحوه قرارگیری دمنده ، الکترودها و مبدل حرارتی در کنار هم در یک محفظه

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-04]

در این مدار خازن C_s با ظرفیت ۱۰/۸ نانو فاراد از طریق دیود D و خودالقاء L_r از مولد HV بصورت تشدیدی، تا دوبرابر ولتاژ منبع پرمی‌شود.



شکل۳ : طرح واره مدار مبدل ولتاژ مستقیم به تپی با مدار شارژ تشدیدی

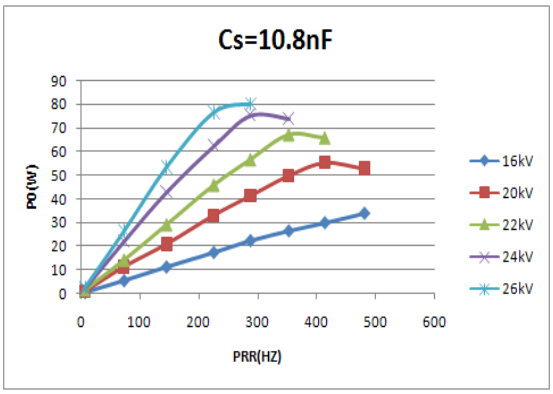
با کلید خوردن تایروترون، بار پر شده در خازن C_s از طریق خودالقاء های Lc با اندوکتانس ۵۰۰ میکرو هانری و کمک کننده مغناطیسی MA (متشکل از چهار فریت به ابعاد ۱۰۰*۶۰*۱۵میلیمتر و یک دور سیم) و L_s (جمع خود القاء های ناخواسته مدار) بر روی فضای داخلی بین الکترود های لیزر تخلیه می‌گردد.

۳- نتایج تجربی و تحلیل آنها

در این تحقیق، به ترتیب جهت انداز گیری ولتاژ از سنجشگر P6015A محصول شرکت تکترونیکس، و جریان از سنجشگر 110A محصول شرکت پیرسون ، شکل پالس لیزر از فوتون دراگ مدلB749 محصول شرکت هاماماتسو ، توان لیزر از توان سنج مدل UP55 و انرژی از ژول متر مدل QE50SP-S-MT با استفاده از نمایشگر مدل Solo2 همگی محصول شرکت جنتک، بهره برداری شد. برای اندازه گیری شکل موجهای الکتریکی نیز از نوسان نگار مدل TDS2024B محصول شرکت تکترونیکس، استفاده شده است. ابزار اندازه گیری سرعت گازTesto512 بود. خطای کلیه اندازه گیری ها کمتر از ۱۰ درصد میباشد.

شکل ۴ انرژی در هر پالس لیزر را بر حسب نرخ تکرار، در ولتاژ های مختلف شارژ شده برای خازن C_s را، نشان میدهد.

شکل ۵ بهره و حداکثر توان مجاز لیزر را قبل از شروع جرقه بر حسب نرخ تکرار، نشان میدهد. همانطور که دیده میشود با افزایش ولتاژ و به دنبال آن انرژی ورودی، نرخ تکرار بهینه کاهش می یابد. به علت درصد بالای هلیوم، بهره لیزر پائین تر از حد انتظار است.

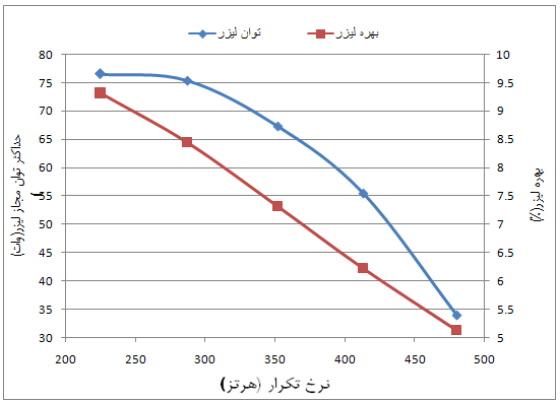


شکل۴ : انرژی خروجی لیزر برحسب نرخ تکرار در ولتاژ های مختلف

شکل ۶ با توجه به حجم بین دوالکترود ضریب پاکسازی را بر حسب چگالی انرژی ورودی نشان می‌دهد. همچنین بر حسب این اطلاعات، ضریب پاکسازی بهینه با رابطه ۱ به چگالی انرژی ورودی مرتبط می‌گردد.

(۱) چگالی انرژی ورودی * ۰/۱۷٤ = ضریب پاکسازی بهینه

در شکل۷ نمونه ای از پالس خروجی لیزر دیده می‌شود.



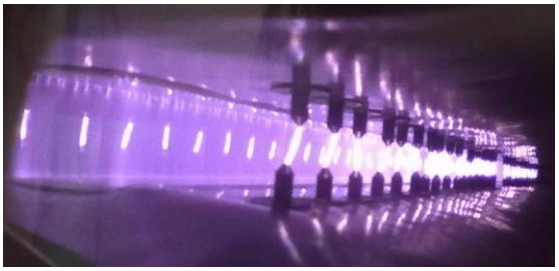
شکل۵ : بهره و بالاترین توان لیزر بر حسب نرخ تکرار

شکل۶ : وابستگی ضریب پاکسازی به چگالی ورودی وخط بهینه ناشی از این تحقیق

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-04]

شکل۷ : شکل پالس لیزر

در شکل ۸ نحوه و چگونگی توزیع برافروختگی دشارژ بین الکترودها و سوزنهای پیش یونش و صفحات کرونا را، نشان میدهد.



شکل۸ : دشارژ برافروخته در بین الکترودها و گاف جرقه[۱۱]

۴- نتیجه گیری

بر مبنای اطلاعات بدست آمده از این تحقیق، رابطه‌ای تجربی، جهت تعیین ضریب پاکسازی بهینه برای چگالی انرژی های مختلف اعمال شده به فضای بین الکترودها، ارائه شد. با استفاده از رابطه ۱ میتوان بر حسب انرژی ورودی لازم، نرخ تکرار مناسب را تعیین نمود و یا در صورت نیاز به توان متوسط بالاتر ، میزان سرعت مورد نیاز برای گاز را، تعیین کرد.

مراجع

[1]Baranov G.A. , Kuchinsky A. A., *High-Power, high pressure pulsed co_2 laser and their application*, **Quantum Electron**, 35 (2005) 219-223.

[2].Beaulieu A. J., High peak power gas laser, **Proc. IEEE**, (1971) 226-231.

[3].Carlson R. L., Helios: *a 15 TW carbon dioxide laser-fusion facility*, **IEEE J. Quantum Electron** 17 (1981) 1662-1978.

[4].Schachter L., et al, *Paser-particle acceleration by stimulated emission of radiation*, **Phys. Lett. A**, 205 (1995) 355-358.

[5].Gorobetz V. A., Petukhov V.O., *Transversely excited co_2 LIDAR laser tunable over lines of regulator and nontraditional bands*, **Quantum Electron** 25 (1995) 489-493.

[6].Midorikawa K., et al, *High-Power, line tunable $14NH_3$ and $15NH_3$ lasers*, **Appl. Phys. B**, 38 (1985) 185-189.

[7].Kazu H., et al, *5 kW transversely excited atmospheric CO2 lasers driven by a solid state exciter employing insulated gate bipolar transistors*, **Rev. Sci. Instrum.**, 64(11), (1993) 3061-3065.

[۸] زند منصور، وهمکاران ، *لیزر گاز کربنیک تپی عرضی فشار آتمسفری با نرخ تکرار بالا و توان متوسط ۲۲۰ وات*، **مجلهٔ پژوهش فیزیک**، جلد ۸، شمارهٔ ۱ ، بهار ۱۳۸۷، صفحه ۷۳ تا ۷٦.

[9] Zand M., et al, *A 300 Hz TEA Co_2 Laser*, **J. Russian Laser Research**, 31, (2010) 98-100

[۱۰] زند منصور، وهمکاران، *لیزر گاز کربنیک تپی عرضی فشار اتمسفری با نرخ تکرار بالا و پیش یونش همزمان جرقه و کرونا*، **کنفرانس فیزیک ایران فیزیک**، شاهرود ۱۳۸۵، صفحه ٦۸۱ تا ٦۸٤.

[۱۱] زند منصور، وهمکاران، *طراحی و ساخت لیزر گاز کربنیک پالسی فشار آتمسفری با توان متوسط ٤۲۰ وات* ، **سومین کنفرانس لیزر و کاربرد های آن**، شهریور ۱۳۹۳، صفحه ۱ تا ٤.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-02-04]