



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



## بررسی وابستگی ضریب پاکسازی گاز به چگالی انرژی ورودی در لیزر گاز کربنیک پالسی فشار اتمسفری

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

پژوهشکده لیزر و اپتیک، انتهای خیابان کارگر شمالی، تهران

چکیده - در لیزر های گاز کربنیک پالسی فشار اتمسفری جهت تامین دشارژ مناسب و جلوگیری از استهلاک گاز، نیاز به تعویض گاز محصور در فضای بین الکترودها در فاصله زمانی بین دو پالس میباشد. تعداد این تعویض ها، اصطلاحاً 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 الکتروود 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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> laser

## ۱- مقدمه

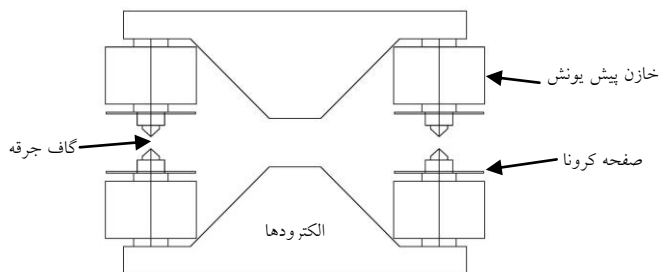
از سال ۱۹۶۷ که لیزرهای گاز کربنیک شناخته شده اند انواع گوناگون این نوع لیزر ها ساخته و مورد استفاده قرار گرفته اند. برای این نوع لیزر کاربردهای متنوعی در علوم و صنایع مختلف و علوم هسته ای [۱] متصور میباشد، که از آن جمله میتوان به ابزار حکاکی [۲]، گداخت لیزری [۳]، شتاب ذرات [۴]، لیدار لیزری [۵] و دمش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

در لیزرهای پالسی فشار اتمسفری، با هر بار تخلیه قسمتی از گاز در فضای بین دو الکترود، تخریب شده و باید قبل از تخلیه بعدی از بین دو الکترود 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 اصطلاحاً 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

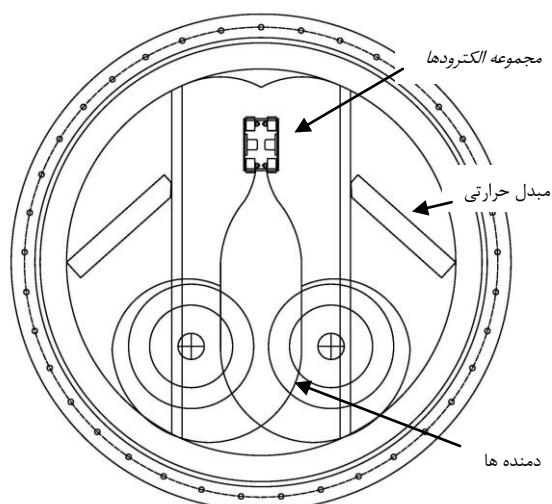
در تکمیل کار های قبلی [۸]، [۹] در این طرح جهت افزایش سرعت گاز، مجموعه الکترودها، دمنده و مبدل حرارتی در یک محفظه قرار گرفته اند. الکترودها که در بالای محفظه نصب شده اند، از جنس آلومینیوم با سطح مقطع مربع، به ضلع  $2/2$  و طول  $70$  سانتی متر که لبه های روبرو، به شعاع مناسب گرد و به همراه سطح آن ضلع، پولیش شده، ساخته شده اند. پهنای نهایی الکترودها پس از تصحیح  $14$  میلی متر اندازه گیری شد. در دو طرف الکترود، در بالا و پائین، خازنهای پیش یونش بصورت آرایه خطی که در انتها به سوزنهای گاف جرقه و صفحات مولد کرونا منتهی میشوند، قرار گرفته اند. فاصله الکترودها  $14$  میلی متر و گاف جرقه در حدود  $8$  میلیمتر میباشد. صفحات کرونا به قطر و ضخامت به ترتیب  $25$  و  $0/5$  میلیمتر میباشد. تعداد خازنهای پیش یونش  $19$  جفت و ظرفیت هر یک  $0/47$  نانو فاراد است. جزئیات در شکل ۱ دیده میشود. کاواک لیزر از دو آینه، یکی تمام بازتاب،

مقعر با شعاع انحناء  $4$  متر، برنجی با پوشش طلا و قطر  $5$  سانتیمتر در عقب لیزر و دیگری نیمه تراوا، تخت از جنس ZnSe، با ضریب بازتابش  $70\%$  و قطر  $5$  سانتیمتر بعنوان خروجی لیزر نصب شده اند.

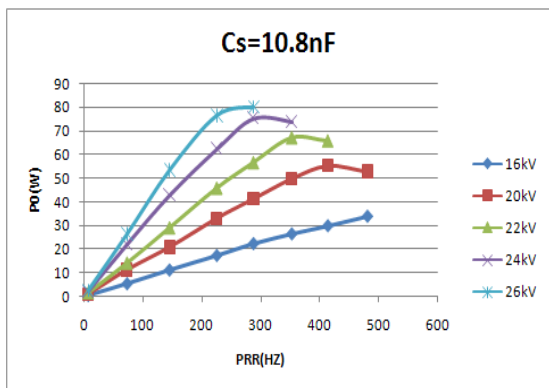


شکل ۱: نحوه قرارگیری الکترودها و خازنهای پیش یونش در کنار هم

دمنده ها که از نوع ساتریفیوژ با فشار  $310$  پاسکال در نظر گرفته شده اند، به تعداد سه عدد و بصورت حلزونی میباشند. سرعت چرخش پروانه  $900$  دور در دقیقه و سرعت عبور مخلوط گازی متشکل از سه گاز نیتروژن، دی اکسید کربن و هلیوم به نسبتهای به ترتیب  $2$  و  $11$  در فضای بین دو الکترود در حدود  $15$  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.



شکل ۲: نحوه قرارگیری دمنده، الکترودها و مبدل حرارتی در کنار هم در یک محفظه

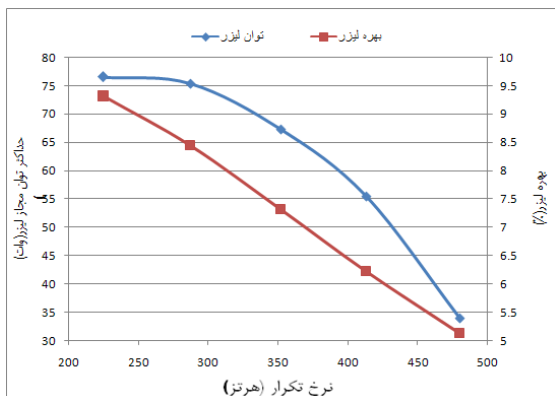


شکل ۴: انرژی خروجی لیزر برحسب نرخ تکرار در ولتاژهای مختلف

شکل ۶ با توجه به حجم بین دو الکتروود 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.

$$(1) \text{ چگالی انرژی ورودی} * 0.174 = \text{ضریب پاکسازی بهینه}$$

در شکل ۷ نمونه ای از پالس خروجی لیزر دیده می‌شود.

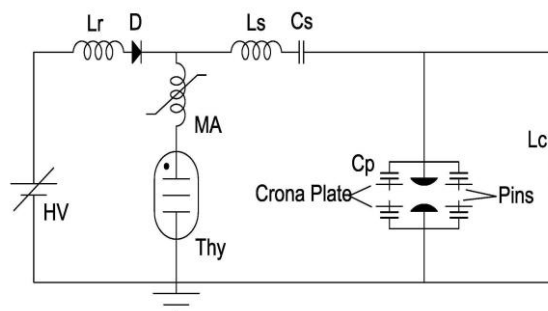


شکل ۵: بهره و بالاترین توان لیزر بر حسب نرخ تکرار



شکل ۶: وابستگی ضریب پاکسازی به چگالی انرژی ورودی و خط بهینه ناشی از این تحقیق

در این مدار خازن  $C_s$  با ظرفیت  $10/8$  نانو فاراد از طریق دیود  $D$  و خودالقاء  $L_r$  از مولد  $HV$  بصورت تشدید، تا دوبرابر ولتاژ منبع پرمی شود.



شکل ۳: طرح واره مدار مبدل ولتاژ مستقیم به تپی با مدار شارژ تشدید

با کلید خوردن تایپروتون، بار پر شده در خازن  $C_s$  از طریق خودالقاء های  $L_c$  با اندوکتانس  $500$  میکرو هانری و کمک کننده مغناطیسی  $MA$  (متشکل از چهار فریت به ابعاد  $100 * 60 * 15$  میلیمتر و یک دور سیم) و  $L_s$  (جمع خود القاء های ناخواسته مدار) بر روی فضای داخلی بین الکتروود های لیزر تخلیه می‌گردد.

### ۳- نتایج تجربی و تحلیل آنها

در این تحقیق، به ترتیب جهت اندازه گیری ولتاژ از سنسور  $P6015A$  محصول شرکت تکترونیکس، و جریان از سنسور  $110A$  محصول شرکت پیرسون، شکل پالس لیزر از فوتون دراگ مدل  $B749$  محصول شرکت هاماماتسو، توان لیزر از توان سنسج 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 گاز  $Testo512$  بود. خطای کلیه اندازه گیری ها کمتر از  $10$  درصد میباشد. شکل ۴ انرژی در هر پالس لیزر را بر حسب نرخ تکرار، در ولتاژهای 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.

[6] Midorikawa K., et al, *High-Power, line tunable  $14\text{NH}_3$  and  $15\text{NH}_3$  lasers*, **Appl. Phys. B**, 38 (1985) 185-189.

[7] Kazu H., et al, *5 kW transversely excited atmospheric  $\text{CO}_2$  lasers driven by a solid state exciter employing insulated gate bipolar transistors*, **Rev. Sci. Instrum.**, 64(11), (1993) 3061-3065.

[۸] زند منصور، و همکاران، لیزر گاز کربنیک تپی عرضی فشار آتمسفری با نرخ تکرار بالا و توان متوسط ۲۲۰ وات، مجله پژوهش فیزیک، جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۸۷، صفحه ۷۳ تا ۷۶.

[9] Zand M., et al, *A 300 Hz TEA  $\text{CO}_2$  Laser*, **J. Russian Laser Research**, 31, (2010) 98-100

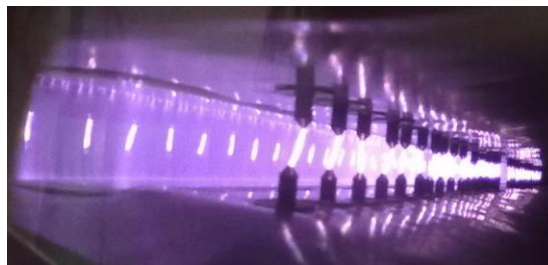
[۱۰] زند منصور، و همکاران، لیزر گاز کربنیک تپی عرضی فشار آتمسفری با نرخ تکرار بالا و پیش یونش همزمان جرقه و کرونا، کنفرانس فیزیک ایران فیزیک، شاهرود ۱۳۸۵، صفحه ۶۸۱ تا ۶۸۴.

[۱۱] زند منصور، و همکاران، طراحی و ساخت لیزر گاز کربنیک پالسی فشار آتمسفری با توان متوسط ۴۲۰ وات، سومین کنفرانس لیزر و کاربرد های آن، شهریور ۱۳۹۳، صفحه ۱ تا ۴.



شکل ۷: شکل پالس لیزر

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



شکل ۸: 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 انرژی‌های 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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  LIDAR laser tunable over lines of regulator and nontraditional bands*, **Quantum Electron** 25 (1995) 489-493.