

## لیزر گاز کربنیک تپی عرضی فشار اتمسفری با نرخ تکرار بالا و توان متوسط ۲۲۰ وات

منصور زند، سعید امین نعیمی و محسن منتظرالقائم

پژوهشکده لیزر و اپتیک، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران  
پست الکترونیکی: mzand@aeoi.org.ir

(دریافت مقاله: ۸۶/۴/۱۵؛ دریافت نسخه نهایی: ۸۷/۱/۱۸)

### چکیده

در این مقاله طراحی و مشخصات کارکرد یک دستگاه لیزر گاز کربنیک تپی عرضی فشار اتمسفری تکرار بالا با پیش یونش فرابنفش و با استفاده از گازهای صنعتی با خلوص معمولی گزارش می‌شود. آرایه‌ای از ترکیب جرقه و کرونا مناسب برای عملکرد با عمر زیاد و تکرار بالا با بهره مناسب به‌عنوان منبع پیش یونش کننده استفاده شده است. عملکرد نیمه بسته با تکرار ۳۰۰ هرتز و با توان متوسط ۲۲۰ وات برای اولین بار در ایران برای این نوع لیزرها به‌دست آمده است. در این حالت، بهره ۷/۷ درصد، انرژی در هر پالس ۷۳۵ میلی ژول اندازه‌گیری شده است. بهترین نتایج مستقل به‌دست آمده عبارتند از ۱/۱ ژول در تپ، ۳۲۰ هرتز نرخ تکرار، ۱۱ مگاوات قله توان و ۱۰/۶ درصد بهره خروجی نسبت به انرژی ذخیره شده در خازن اصلی.

واژه‌های کلیدی: لیزر گاز کربنیک، لیزر با توان بالا، لیزر تپی فشار اتمسفری

### ۱. مقدمه

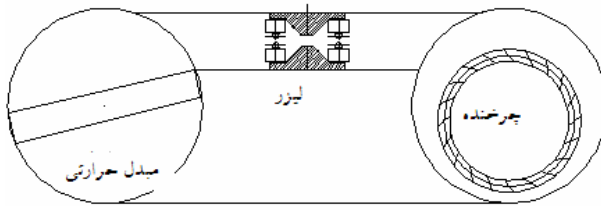
دستگاه‌های قبلی [۱۳ و ۱۰] و جهت بخش خصوصی به‌عنوان علامت زن روی قطعات پلاستیکی، طراحی شده است. این لیزر از یک محفظه فلزی، یک مدولاتور و یک منبع تغذیه ۱۵ کیلوولتی تشکیل شده است، در این محفظه سه قسمت اصلی وجود دارد، در سمت راست پنکه‌های محوری با چرخش ۴۵۰۰ دور در دقیقه عمل جابه‌جایی سریع گاز را با سرعت ۱۳ متر در ثانیه در بین الکترودها انجام می‌دهند. سرعت گاز با استفاده از اختلاف فشار در شیپور ونتوری اندازه‌گیری شده است. در ناحیه وسط، الکترودها و در دو طرف آنها، خازنهای پیش یونش و صفحات مولد کرونا و گپ جرقه قرار دارند. جنس الکترودها و صفحات مولد کرونا از آلومینیوم و شکل آنها به‌صورت دایره‌ای و با ضخامت ۰/۲۵mm می‌باشند.

در سمت چپ نیز مبدل‌های حرارتی، گرمای گاز را به آب عبوری از آن منتقل می‌کنند. طول الکترودها ۸۵ cm و عرض و فاصله

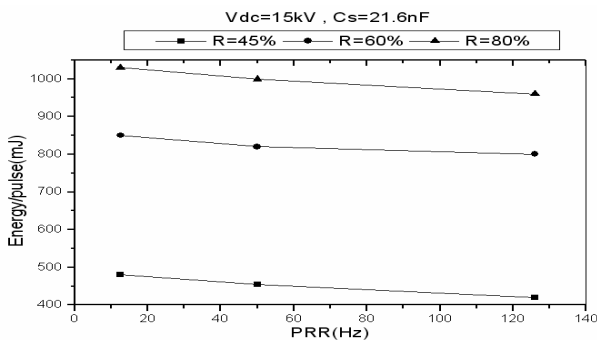
کاربردهای متنوعی برای لیزر گاز کربنیک تپی عرضی فشار اتمسفری تکرار بالا، به لحاظ داشتن توان لحظه‌ای و انرژی بالا در هر تپ، در علوم و صنایع مختلف مخصوصاً علوم هسته‌ای [۱] وجود دارد، برای مثال می‌توان به کاربردهای آن به‌عنوان ابزاری جهت حکاکی و علامت زنی [۲]، گداخت لیزری [۳]، شتاب ذرات با استفاده از لیزر [۴] و لیدار لیزری [۵] اشاره کرد. مشکل اصلی در این گونه لیزرها، ایجاد پیش یونش در محیط گازی، قبل از دشارژ اصلی است. در این زمینه می‌توان به بعضی روشهای مختلف استفاده شده مثل جرقه‌های مولد پرتو فرابنفش [۶]، ایجاد کرونا [۷]، پرتو X [۸] و پرتو الکترونی [۹] جهت ایجاد پیش یونش اشاره کرد. کارهای متعددی نیز در ایران انجام شده است که از آن میان می‌توان به مراجع [۱۰-۱۳] اشاره کرد.

### ۲. ساختار لیزر

این لیزر گاز کربنیک بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از



شکل ۲. نمای کلی محفظه شامل کانال تخلیه الکتریکی (وسط)، مبدل حرارتی (چپ) و چرخنده گاز (راست).



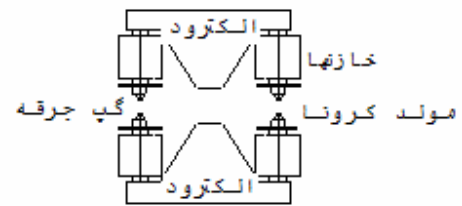
شکل ۴. انرژی خروجی بر حسب نرخ تکرار برای سه ضریب بازتابش مختلف آینه خروجی.

و به شماره ۴۰۵۰A می باشد. خازن ذخیره ساز اصلی Cs بین ۱۳/۲ تا ۲۵ نانو فاراد،  $L = 0/5$  mH و  $L_g = 100$  mH می باشند. جهت جلوگیری از برگشت پالس از روی الکترودها از یک ترکیب مقاومت-دیود، موسوم به اسنابر<sup>۱</sup> استفاده شده است.

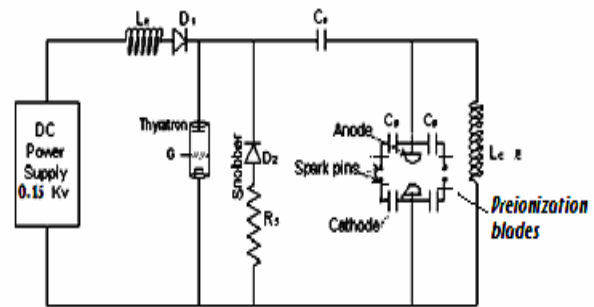
### ۳. نتایج

وسایل و ابزارآلات مورد استفاده، سنجشگر ولتاژ تکترونیکیس مدل P ۶۰۱۵، سنجشگر جریان پیرسون مدل ۱۰۱، اسیلوسکوپ EZ مدل DS-۱۲۵۰ و فوتون دراگ رافین مدل ۷۴۵۵ بودند. خطای کلیه اندازه گیریها ۵ درصد است. در شکل ۴ نحوه تغییرات انرژی در هر تب، بر حسب نرخ تکرار برای مقادیر مختلف بازتابش آینه خروجی آمده است.

شکل ۵ کاهش بهره لیزر را، بر حسب نرخ تکرار در شرایط فوق نشان می دهد. قابل ذکر است که کاهش انرژی و بهره لیزر



شکل ۱. مقطع الکترودها و نحوه قرار گرفتن خازنها در کنار الکترودها.



شکل ۳. نمای کلی مدار دمش لیزر.

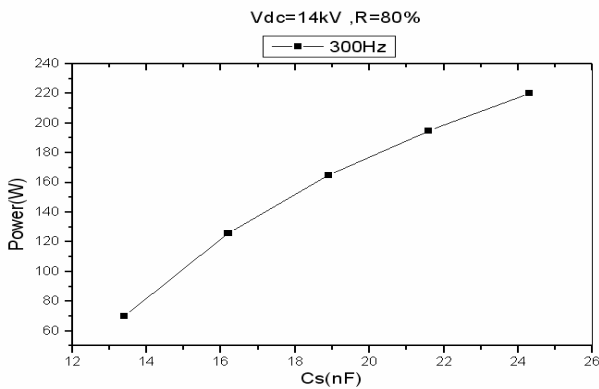
آنها از یکدیگر، هر دو  $1/4$  cm است. خازنهای پیش یونش ۱۵ جفت و در مجموع ۴ نانوفاراد ظرفیت دارند. دهانه گپ جرعه ۳mm در نظر گرفته شده است. نحوه قرار گرفتن خازنهای فوق در کنار الکترودها و همچنین مقطع الکترودها در شکل ۱ آمده است. نمای کلی محفظه نیز در شکل ۲ نشان داده شده است.

نسبت مخلوط گازها برای گازهای دی اکسید کربن، نیتروژن و هلیوم با خلوص ۹۸ درصد به ترتیب ۱، ۱ و ۸ می باشد. حجم کل محفظه  $16000$  cm<sup>3</sup> و حجم کانال تخلیه الکتریکی  $166$  cm<sup>3</sup> است. کاواک لیزر به طول  $1/15$  m و از دو آینه، یکی در عقب، مقعر و از جنس مس با پوشش طلا و شعاع انحنای  $10$  m و دیگری در جلو، به صورت تخت، و به ترتیب از سه جنس مختلف، ژرمانیوم طبیعی بدون پوشش با ضریب بازتاب ۴۵ درصد، زینک سولوناید پوشش دار با ضریب بازتابش ۶۰ درصد و ژرمانیوم پوشش دار با ضریب بازتابش ۸۰ درصد تشکیل شده است. مدار الکتریکی مدولاتور استفاده شده، ساده شده نمونه های قبلی است [۱۴] و در شکل ۳ نشان داده شده است.

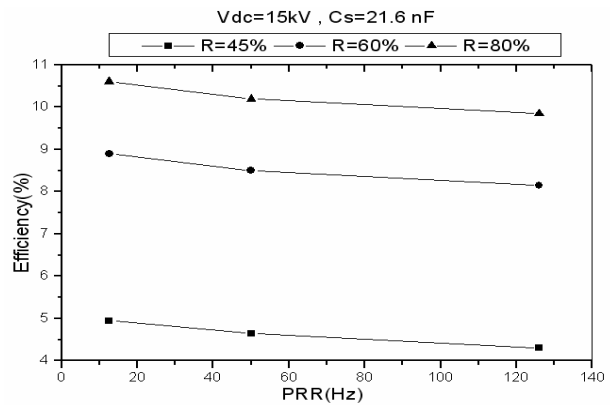
کلید اصلی استفاده شده از نوع کلید گازی موسوم به تایروترون،

۱. Snuber

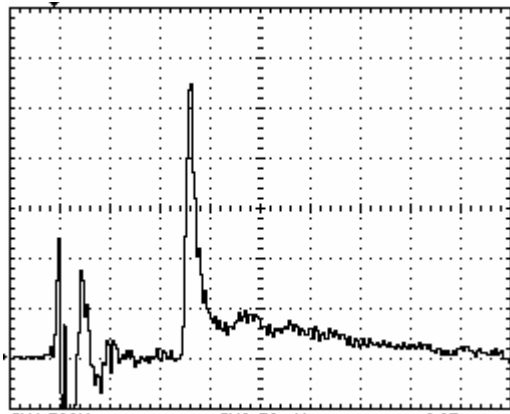
با افزایش نرخ تکرار، ناشی از گرم شدن گاز است.



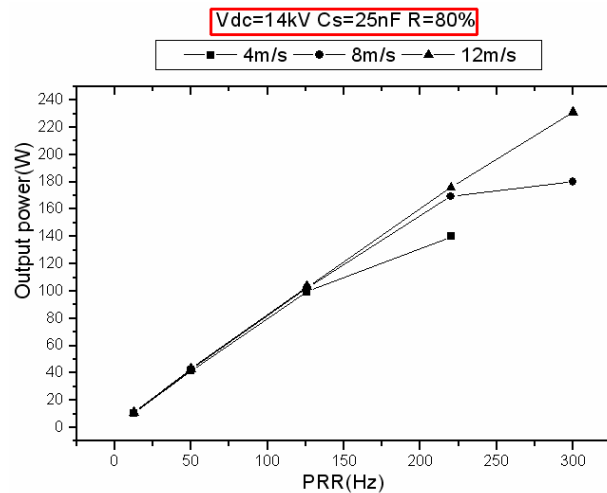
شکل ۶. توان خروجی لیزر بر حسب ظرفیت خازن اصلی در نرخ تکرار ۳۰۰ هرتز با ۸۰٪ بازتابش آینه خروجی.



شکل ۵. بهره لیزر بر حسب نرخ تکرار در ضریب بازتابشهای مختلف آینه خروجی لیزر.



شکل ۸. تپ لیزر برای  $C_s = 21/6$  nF و ولتاژ ۱۵ کیلوولت و نرخ تکرار ۱۲/۶ هرتز (هر واحد محور عمودی ۲ مگا وات و هر واحد محور افقی ۲۵۰ نانوثانیه می باشد).



شکل ۷. آستانه عدم یکنواختی دشارژ بر حسب سرعت گاز با ۸۰٪ بازتابش آینه خروجی.

شکل ۸ تپ لیزر با قله ۱۱ مگا وات و پهنای ۶۰ نانوثانیه را نشان می دهد.

نرخ تکرار ۳۲۰ هرتز، انرژی در هر پالس ۱۰۳۰ میلی ژول، قله توان ۱۱ مگا وات و توان متوسط ۲۲۰ وات، ثبت شده است.

### سپاسگزاری

از آقای دکتر جلوانی به خاطر راهنماییهای علمی و فنی تشکر می کنیم. این کار توسط شرکت فناوران نور ابزار حمایت مالی شده است.

شکل ۶ تغییرات توان خروجی لیزر در نرخ تکرار ۳۰۰ هرتز را نسبت به تغییرات ظرفیت خازن Cs مشخص می کند. محدودیت ظرفیت خازن اصلی و ولتاژ شارژ آن به خاطر محدودیت تحمل توان الکتریکی توسط تایروترون و منبع تغذیه می باشد. شکل ۷ وابستگی یکنواختی دشارژ در بهترین نتایج به دست آمده را به طور جداگانه با بهره ۱۰/۶ درصد برای نسبت انرژی خروجی لیزر به انرژی ذخیره شده در نرخ تکرارهای مختلف به سرعت چرخش گاز را نشان می دهد.

## مراجع

- Eindhoven, Netherlands* (2005).
۱۱. کاوه سیلاخوری و همکاران، مقاله نامه کنفرانس فوتونیک، تهران، مرکز تحقیقات مخابرات ایران (۱۳۸۵).
  ۱۲. مجید آرام و همکاران، مقاله نامه کنفرانس فوتونیک، تهران، مرکز تحقیقات مخابرات ایران (۱۳۸۵).
  ۱۳. منصور زند و همکاران، مقاله نامه کنفرانس فیزیک شاهرود، دانشگاه شاهرود (۱۳۸۵).
  ۱۴. منصورزند، مقاله نامه کنفرانس فیزیک خرم‌آباد، دانشگاه لرسان، (۱۳۸۴).
  1. G A Baranov, A A Kuchinsky, *Quantum Electron*, **35** (2005) 219.
  2. A J Beaulieu, "High peak power gas lasers", *Proc. IEEE*, (1971) 226-31.
  3. R L Carlson, *IEEE J. Quantum Electron. QE-17*, (1981) 1662.
  4. L Schachter, et al., *Phys. Lett. A* **205** (1995) 355.
  5. V A Gorobetz, V O Petukhov, *Quantum Electron.* , **25** (1995) 489.
  6. H Seguin, *Appl. Phys. Lett.*, L **21** (1972) 414.
  7. T S Fahlen, *IEEE J. Quantum Electron. QE-15* (1979) 311.
  8. S Sumida, et al., *Appl. Phys. Lett.*, **33** (1978) 913.
  9. W Long, et al., *IEEE J. Quantum Electron. QE-15*, (1979) 327.
  10. M Kavian, et al., *XXVII ICPIG conference*,