



لیزرن
پالسی
کربنیک

بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز



طرحی جدید برای مودولاتور لیزر گاز کربنیک پالسی TEA

منصور زند، سعید امین نعیمی، بختیار کیا، مرتضی نوراللهی و رضا نشاطی

پژوهشکده لیزر و اپتیک، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، انتهای خیابان کارگر شمالی، تهران، ایران

چکیده - در این مقاله ، طرح معرفی شده قادر است، گاف جرقه معمولی را، تا نرخ تکرارهای بالا، قابل استفاده نماید. در این طرح خازن پوشده در ولتاژ پائین، با استفاده از کلید تریستوری در اولیه ترانسفورماتور پالس تخلیه شده و باعث پرشدن خازن در ولتاژ بالا می گردد. با رسیدن ولتاژ خازن به حد اکثر خود ، گاف جرقه روشن شده و انرژی آن ، در فضای داخلی الکتروود ها تخلیه میگردد. این ترکیب قطعات، باعث کاهش زمان مورد نیاز برای پرشدن خازن و باز ترکیب بارها، در فضای گاف جرقه شده و محدودیت نرخ تکرار را ، از بین می برد.

کلید واژه- لیزر پالسی گاز کربنیک، گاف جرقه.

New design for pulsed TEA Co₂ laser modulator

Mansour Zand, Saeed Amin Naeimi, Bakhtiar Kia, Morteza Norollahi and Reza Neshati

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

Abstract- In this paper introduced a design that applicable for normal spark gap could operate in high repetition rate. In this design the capacitor charged with low voltage by using a thyristor switch that will be discharged through pulsed transformer primary and on secondary caused charging of main capacitor. Max capacitor voltage will be received on specified time and then turn on spark gap and all of main capacitor energy discharged between electrodes space. This composition component can solve problems same as timing charge for capacitor and charge recombination in spark gap space and result on disappearance repetition rate limitation.

Keywords: Pulsed Co₂ Laser, Spark Gap

۱- مقدمه

لیزر گاز کربنیک با تحریک عرضی در فشار آتمسفر TEA (Transversely Excited Atmospheric) یکی از انواع لیزرهای گازکربنیک پالسی است که در آن، جهت تخلیه الکتریکی بر محور اپتیکی عمود بوده و فشار گاز در محدوده فشار جو می‌باشد. از این نوع لیزرهای می‌توان پالس‌های لیزری با توان تا چندین مگاوات و انرژی تا چندین ژول و پنهانی از چند ده نانوثانیه، و در محدوده طول موجی ۹ تا ۱۱ میکرومتر [۱] و بازده انرژی در حدود ۱۰ درصد، تولید کرد. در صورت نشت احتمالی گاز، به لحاظ اختلاف کم فشار گاز داخل و خارج محفظه، و غیر سمی و غیرخورنده بودن گازهای مورد مصرف، مشکل حادی در به کارگیری آن ایجاد نخواهد شد. این نوع لیزرهای اولین بار مستقلانه، توسط بیولیو [۲] و دومانچین و روسا سرا [۳] در سال ۱۹۶۹ اختراع شد.

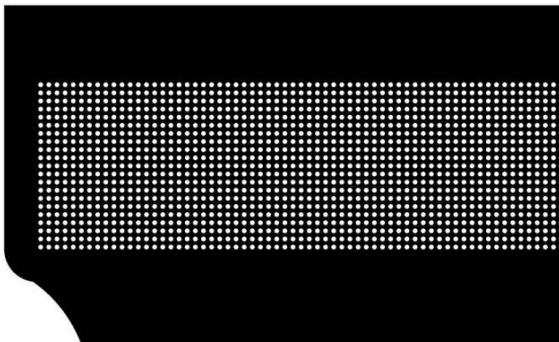
یک لیزر TEA که در نرخ تکرار زیاد کار کند اصطلاحاً به نام HRR (High Repetition Rate) نامیده می‌شود. به دلیل بازدهی بالا (تا حدود ۱۵ درصد) و خروجی با انرژی قابل دسترس برحسب نیاز، لیزرهای گازکربنیک TEA زمینه‌های مختلفی کاربرد دارند. از این کاربردها، می‌توان به علامت گذاری روی کیپسول‌های پلاستیکی و قطعات الکترونیکی، فوتو شیمی، فرو سرخ اسپکتروسکوپی، اپتیک غیر خطی، دمش لیزرهای فرو سرخ دور، لیدار و سنجش از راه دور، و فاصله یابها، اشاره کرد.

به لحاظ بالا بودن فشار در این نوع لیزرهای جلوگیری از ایجاد جرقه در آن، معمولاً مدارات مورد استفاده به نحوی است که تخلیه الکتریکی در لیزر، با سرعت زمانی کمتر از میکرو ثانیه انجام می‌شود. قبل از اعمال ولتاژ به الکترودها معمولاً با استفاده از روش‌های مختلف، امپدانس بین الکترودها با ایجاد الکترون آزاد کاهش می‌یابد. این روش‌ها، اصطلاحاً به روش‌های اعمال پیش‌یونش، معروف است.

روش‌های مختلفی برای اعمال پیش‌یونش توسط محققین ارائه شده است که از آن میان، می‌توان به ایجاد جرقه‌های مولد پرتو فرابینفشن [۴]، ایجاد کرونا به روش‌های مختلف [۵]، پرتو ایکس [۶] و پرتو الکترونی [۷] و پلاسمای سطحی [۶] اشاره کرد.

۲- ساختار لیزر

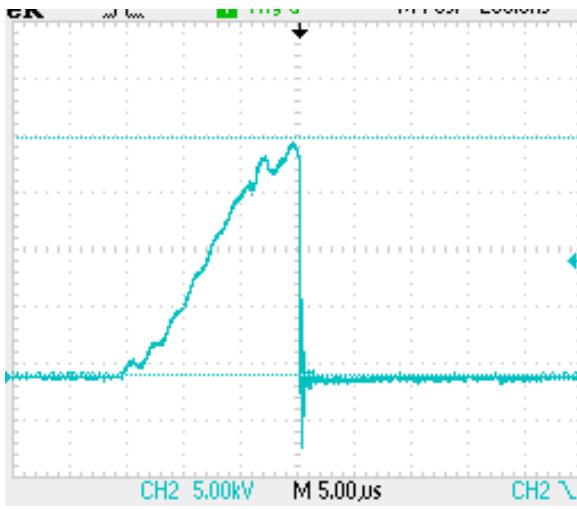
این لیزر با استفاده از پیش‌یونش کرونای سطحی از طریق مدار چاپی طراحی شده است. جزئیات بدین صورت است: الکترودهای کاتد و پیش‌یونش در دو طرف یک قطعه فیبر مدار چاپی از جنس فایبر گلاس با ضخامت $1/35$ میلی‌متر به روش لیتوگرافی ساخته شده است. کاتد با ابعاد 50×420 میلی‌متر از موزائیک‌های به ابعاد ۲ میلی‌متر که در مرکز آن یک دایره توخالی به قطر $1/4$ میلی‌متر قرار دارد، (شکل ۱) ساخته شده است. الکترود پیش‌یونش از جنس ورق نازک مس و به ابعاد 50×420 میلی‌متر ساخته شده و از نظر الکتریکی با آند هم پتانسیل است. آند از جنس الومینیوم به ابعاد 9×420 میلی‌متر و در فاصله ۹ میلی‌متری از کاتد قرار دارد.



شکل ۱: نمایی از طرح مدار چاپی به عنوان الکترود

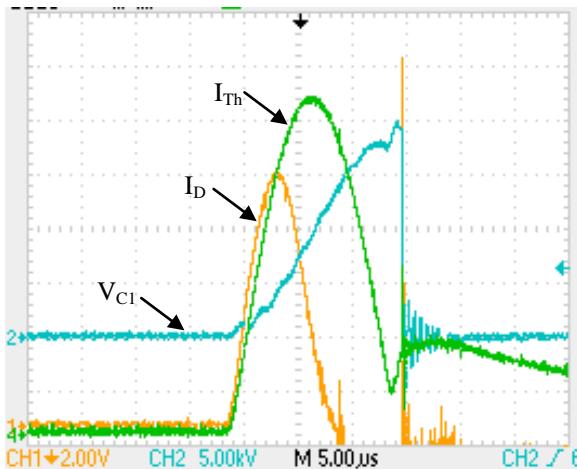
نسبت مخلوط گاز مورد استفاده $5,3,2$ به ترتیب برای گازهای کربنیک، نیتروژن و هلیوم با شارش 50 میلی‌لیتر در دقیقه، می‌باشد.

محفظه لیزر از یک حجم استوانه‌ای از لوله پلیکا، به قطر 20 و طول 50 سانتی‌متر ساخته شده است، که بر روی آن دو دریچه جهت عبور پرتو لیزر، تعییه شده است. کاوک لیزر به طول 52 سانتی‌متر و از دو آینه با قطر $2/5$ سانتی‌متر، یکی تمام بازتاب مقعر در عقب از جنس شیشه با پوشش طلا و شعاع انحنای 4 متر، و دیگری در جلو، تخت و از جنس زینک سلنجید، با پوشش 80 درصد بازتاب، تشکیل شده است. دو عدد فن 12×12 جهت ایجاد شارش گاز با سرعتی در حدود 144 فوت مکعب در دقیقه، در پائین الکترودها نصب شده است. شماتیک مدار مودولاتور، با کلید گاف جرقه در شکل ۲ دیده می‌شود. گاف جرقه از یک پیچ M6 که از بدن توسط یک قطعه پلکسی گلاس عایق شده است به عنوان آند و یک عدد شمع موتورسیکلت به عنوان



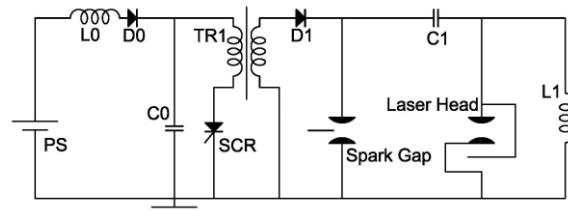
عکس ۴: نحوه پر شدن خازن C (مقیاس خانه افقی ۵ میکرو ثانیه و خانه عمودی ۵ کیلو ولت)

شکل ۵ به طور هم زمان جریان عبوری از تریستور و دیود خروجی را در مقایسه با زمان پر شدن خازن C_1 نشان می‌دهد. قله جریان عبوری از تریستور حدود ۱۴۰۰ آمپر و قله جریان عبوری از دیود حدود ۱۰ آمپر می‌باشد. شکل ۶ ولتاژ ورودی و نحوه پر شدن خازن اصلی C_0 را نشان می‌دهد.



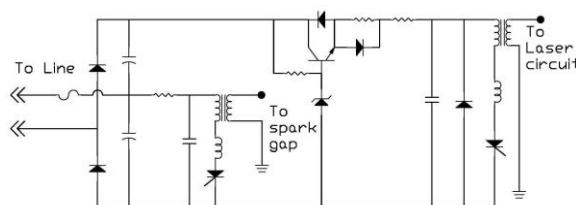
شکل ۵: جریان عبوری از تریستور (I_{Th})، از دیود خروجی (I_D)، در مقایسه با ولتاژ خازن C_1 (V_{C1}) (مقیاس هرخانه افقی ۵ میکرو ثانیه و هرخانه عمودی برای منحنی I_D ، ۲ آمپر و منحنی V_{C1} ، ۵ کیلو ولت و منحنی I_{Th} آمپر)

دو الکترود کاتدو تریگر، تشکیل می‌شود. در ابتدا خازن C_0 از طریق خود القاء L_0 و دیود D_0 پرسهده و با روش شدن تریستور، انرژی ذخیره شده در آن، از طریق ترانسفورماتور پالس و دیود D_1 به خازن C_1 منتقل می‌شود. انرژی خازن C_1 پس از زمان تاخیر مناسب، از طریق گاف جرقه هم‌زمان بر روی آند و صفحه پیش یونش اعمال می‌گردد و پس از تولید کرونای سطحی در کاتد، باعث کاهش امپدانس در ناحیه عالی شده و نهایتاً تخلیه الکتریکی، رخ می‌دهد.



شكل ٢: مدار الكترونی مودولاتور

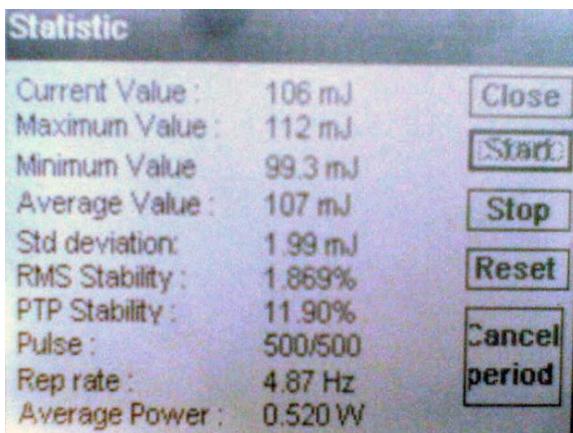
شکل ۳ شماتیک مدار پرکننده خازن اصلی HV را نشان می‌دهد که در آن از دیود زنر جهت ثبتیت ولتاژ و افزایش پایداری ارزشی پالس در خروجی لیزر استفاده شده است. ترانس HV استفاده شده، جهت فعل سازی گاف جرقه و از نوع ترانس HV در تلویزیون های لامپی می‌باشد.



شکل ۳: مدار شماتیک پرکننده خازن

۳ - نتیجه‌گیری

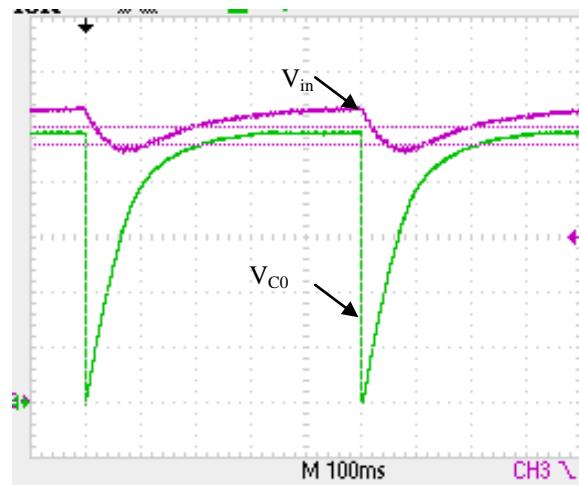
شکل ۴ نحوه پر شدن خازن C_1 را در زمانی در حدود ۱۴ میکرو ثانیه نشان می دهد. همانطور که در شکل دیده می شود، بار خازن به طور کامل خالی شده و بنابراین، حداقل از دیدگاه تئوری می توان این سیستم را برای نرخ تکرارهای جند کیلو هرتزی استفاده کرد.



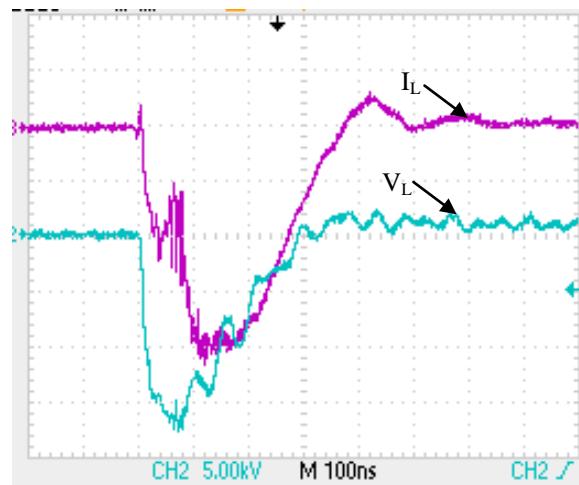
شکل ۸: نمایش آماری اندازه‌گیری انرژی لیزر برای ۵۰۰ پالس متولی در نرخ تکرار ۵ هرتز



شکل ۹: مقطع لکه لیزر بر روی کاغذ حرارتی با ابعاد تقریبی ۱۰ در ۸ میلی‌متر ناشی از اثر ۱۰ پالس متولی



شکل ۶: ولتاژ ورودی (V_{in}) و ولتاژ خازن C_0 (مقیاس خانه افقی ۱۰۰ میلی ثانیه و خانه عمودی نسبی است)



شکل ۷: ولتاژ اکترودها (V_L) و جریان عبوری (I_L) از آن (مقیاس خانه افقی ۱۰۰ نانو ثانیه و هر خانه عمودی برای نمودار V_L ۵ کیلو ولت)

شکل ۷ ولتاژ اعمال شده به الکترودها و جریان عبوری از آنها را نشان می‌دهد.

شکل ۸ نمایش آماری اندازه‌گیری انرژی لیزر برای ۵۰۰ پالس متولی در نرخ تکرار ۵ هرتز را نشان می‌دهد، که در آن متوسط انرژی خروجی ۱۰۷ میلی‌ژول با تغییرات پالس به پالس کمتر از ۱۲ درصد اندازه‌گیری شده است. شکل ۹ مقطع لکه لیزر را روی کاغذ حرارتی نشان می‌دهد.

همانطور که گفته شد با توجه به اینکه کل زمان پر و خالی شدن خازن اصلی فقط در زمانی حدود ۱۵ میکرو ثانیه انجام می‌شود لذا حداقل از نظر تئوری این مودولاتور تا نرخ تکرار ۶۶ کیلو هرتز می‌تواند کار کند.

- [1] Cho, Peter K., *Handbook of Molecular Lasers*, Marcel Dekker, Inc., New York, 1987, chap.1 and 2, pp.1-164.
- [2] Beaulieu, A. J., *Transversely Excited Atmospheric Pressure CO₂ Lasers*, Appl. Phys. Lett., Vol.16, pp. 504,(1970)
- [3] Dumanchin, R. , Michon, M. J. , Farcy, C. , Boudinet, G., Rocca Serra, J. *Extension of TEA-CO₂ Laser Capabilities*, IEEE J. Quantum Electron. QE-8, pp.163, (1972).
- [4] Seguin, H., *Photoinitiated and Photo sustained Laser*, Appl.Phys.Lett. , L21, pp. 414, (1972)
- [5] Fahlen, T.S., *Efficient Quarter Joule KrF Laser with Corona Preionization*, IEEE J. Quantum Electron. QE-15, pp. 311, (1979)
- [6] Sumida, S. ,et al, *X-Ray-Preionized high-pressure KrF laser*, Appl .Phys. Lett. , 33, pp.913, (1978)
- [7] W. Long, et al., *Electrical characteristics of an E-Beam controlled KrF*, IEEE J. Quantum Electron. QE-15, pp. 327, (1979).
- [۸] عطاملک قربانزاده و همکاران، "لیزر گازکریستیک پالسی TEA با انرژی ۱/۵ ژول و با پیش‌بونش پلاسمای سطحی بروی کاتد" شماره ۱۰۳۵، شانزدهمین کنفرانس انجمن اپتیک و فوتونیک ایران، ۱۳۸۸