بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۸ تا ۱۰ بهمن ماه۱۳۹۲ - دانشگاه صنعتی شیراز

طرحی جدید برای مودولاتور لیزر گازکربنیک پالسی TEA

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

پژوهشکده لیزر واپتیک، پژوهشگاه علوم وفنون 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 پرشده در ولتاژ پائین، با استفاده از کلید تریستوری در اولیه ترانسفورماتور پالس تخلیه شده و باعث پرشدن خازن در ولتاژ بالا می‌گردد. با رسیدن ولتاژ خازن به حداکثرخود ، گاف جرقه روشن شده و انرژی آن ، در فضای داخلی الکترود ها تخلیه میگردد. این ترکیب قطعات، باعث کاهش زمان مورد نیاز برای پر شدن خازن و بازترکیب 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 Co_2 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 repetation 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 Co_2 Laser, Spark Gap

[Downloaded from opsi.ir on 2025-11-28]

۱- مقدمه

لیزر گاز کربنیک با تحریک عرضی درفشار 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 جَو می‌باشد. از این نوع لیزرها، می‌توان پالس‌های لیزری با توان تا چندین مگا وات و انرژی تا چندین ژول و پهنائی از چند ده نانوثانیه، و در محدوده طول موجی ۹ تا ۱۱ میکرومتر[۱] و بازده انرژی در حدود ۱۰ درصد، تولید کرد. درصورت نشت احتمالی گاز ، به‌لحاظ اختلاف کم فشار گاز داخل و خارج محفظه، و غیر سمی و غیرخورنده بودن گازهای مورد مصرف، مشکل حادی در به‌کارگیری آن ایجاد نخواهد شد. این نوع لیزرها، اولین بار مستقلاً، توسط بیولیو [۲] و دومانچین و روسا سرا [۳] در سال ۱۹۶۹ اختراع شد.

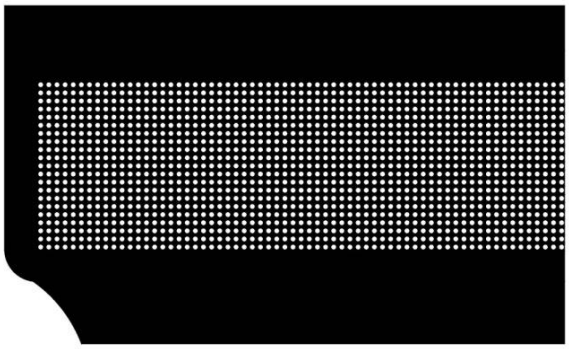
یک لیزر TEA که در نرخ تکرار زیاد کار کند اصطلاحاً به نام HRR (High Repetition Rate) نامیده می‌شود. به دلیل بازدهی بالا (تا حدود ۱۵ درصد) و خروجی با انرژی قابل دسترس برحسب نیاز، لیزرهای گازکربنیک TEA در زمینه‌های مختلفی کاربرد دارند. از این کاربردها، می‌توان به علامت گذاری روی کپسول‌های پلاستیکی و قطعات 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 لیزرها و 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 پیش یونش توسط محققین ارائه شده است که از آن میان، می‌توان به ایجاد جرقه‌های مولد پرتو فرابنفش [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 پیش یونش کرونای سطحی از طریق مدار چاپی طراحی شده است. جزئیات بدین صورت است: الکترودهای کاتد و پیش یونش در دو طرف یک قطعه فیبر مدار چاپی از جنس فایبر گلاس با ضخامت ۱/۳۵ میلی‌متر به روش لیتوگرافی ساخته شده است. کاتد با ابعاد ۵۰ در ۴۲۰ میلی‌متر از موزائیک‌های به ابعاد ۲ میلی‌متر که در مرکز آن یک دایره توخالی به قطر ۱/۴ میلی‌متر قرار دارد، (شکل ۱) ساخته شده است. الکترود پیش یونش از جنس ورق نازک مس و به ابعاد ۵۰ در۴۲۰ میلی‌مترساخته شده و از نظر الکتریکی با آند هم پتانسیل است. آند از جنس آلومینیوم به ابعاد ۹ در ۴۲۰ میلی‌متر و در فاصله ۹ میلی‌متری از کاتد قرار دارد.



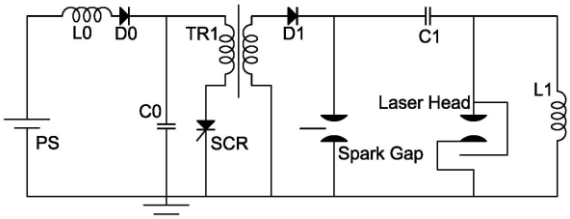
شکل ۱: نمائی از طرح مدار چاپی به‌عنوان الکترود

نسبت مخلوط گاز مورد استفاده ۵،۳،۲ به ترتیب برای گازهای کربنیک، نیتروژن و هلیوم با شارش ۵۰ میلی لیتر در دقیقه، می‌باشد.

محفظه لیزر از یک حجم استوانه‌ای از لوله پلیکا، به قطر ۲۰ و طول ۵۰ سانتی‌متر ساخته شده است، که بر روی آن دو دریچه جهت عبور پرتو لیزر، تعبیه شده است. کاواک لیزر به طول ۵۲ سانتی‌متر و از دو آینه با قطر ۲/۵ سانتی‌متر، یکی تمام بازتاب مقعر در عقب از جنس شیشه با پوشش طلا و شعاع انحنای ۴ متر، و دیگری در جلو، تخت و از جنس زینک سلناید، با پوشش ۸۰ درصد بازتاب، تشکیل شده است. دو عدد فن ۱۲×۱۲ جهت ایجاد شارش گاز با سرعتی در حدود ۱۴۴ 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 بدنه توسط یک قطعه پلکسی گلاس عایق شده است به عنوان آند و یک عدد شمع موتورسیکلت به عنوان

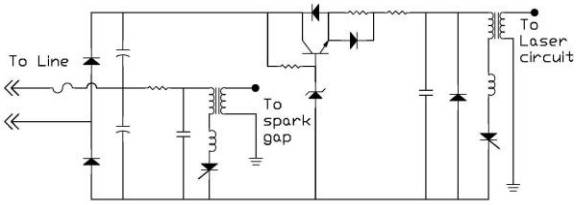
[Downloaded from opsi.ir on 2025-11-28]

دو الکترود کاتدو تریگر، تشکیل می‌شود. در ابتدا خازنC_0 از طریق خود القاء L_0 و دیود D_0 پرشده و با روشن شدن تریستور، انرژی ذخیره شده در آن، از طریق ترانسفورماتور پالس و دیودD_1 به خازن C_1 منقل 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 فعال شده و نهایتاً تخلیه الکتریکی، رخ می‌دهد.



شکل ۲: مدار الکتریکی مودولاتور

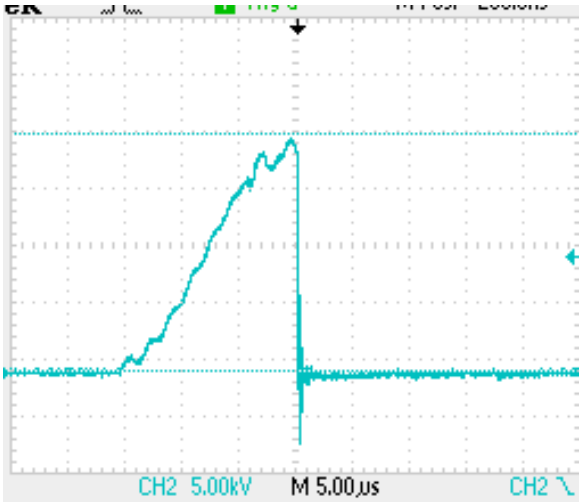
شکل ۳ شماتیک مدار پرکننده خازن اصلی C_0 را نشان می‌دهد که در آن از دیود زنر جهت تثبیت ولتاژ و افزایش پایداری انرژی پالس در خروجی لیزر استفاده شده است. ترانس HV استفاده شده، جهت فعال سازی گاف جرقه و از نوع ترانس HV در تلویزیون های لامپی می‌باشد.



شکل ۳: مدار شماتیک پرکننده خازن

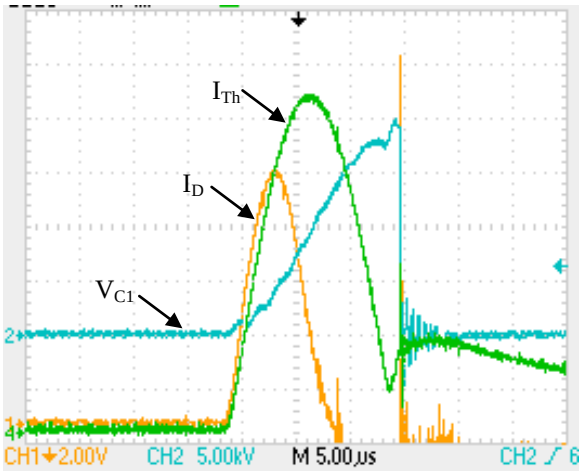
۳- نتیجه‌گیری

شکل ۴ نحوه پر شدن خازن C_1 را در زمانی در حدود ۱۴ میکرو ثانیه نشان می‌دهد. همانطور که در شکل دیده می‌شود، بار خازن به‌طور کامل خالی شده و بنابراین، حداقل از دیدگاه تئوری می‌توان این سیستم را برای نرخ تکرارهای چند کیلو هرتزی استفاده کرد.



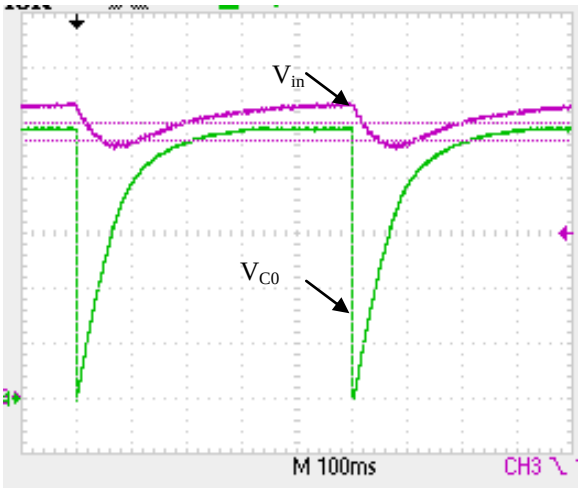
شکل ۴: نحوه پر شدن خازن C_1 (مقیاس خانه افقی ۵ میکرو ثانیه وخانه عمودی ۵ کیلو ولت)

شکل ۵ به‌طور همزمان 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.

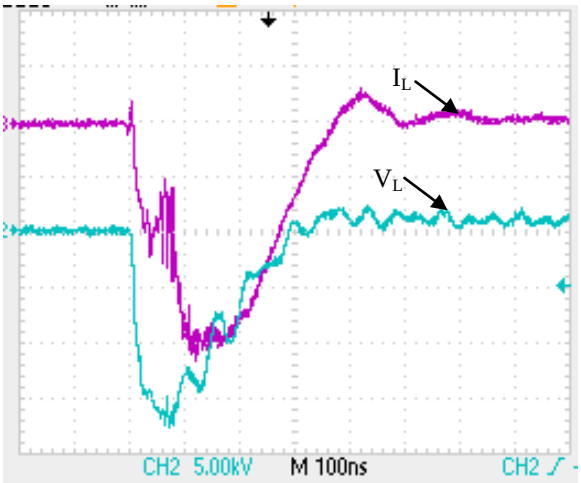


شکل ۵: جریان عبوری از تریستور(I_{Th})، از دیود خروجی(I_D)، در مقایسه با ولتاژ خازن C_1 (V_{C1}) (مقیاس هرخانه افقی ۵ میکرو ثانیه و هرخانه عمودی برای منحنی I_D ، ۲ آمپر و منحنی V_{C1}، ۵کیلو ولت و منحنیI_{Th} ، ۲۰۰ آمپر)

[Downloaded from opsi.ir on 2025-11-28]



شکل ۶: ولتاژ ورودی (V_{in}) و ولتاژ خازن C_0 (V_{C0}) (مقیاس خانه افقی ۱۰۰ میلی ثانیه و خانه عمودی نسبی است)

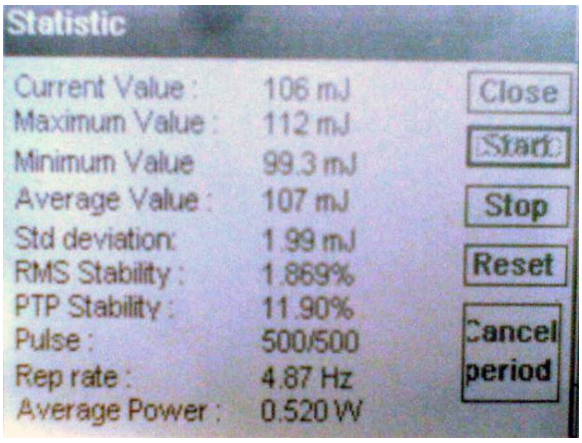


شکل ۷: ولتاژ الکترودها (V_L) و جریان عبوری (I_L) از آن (مقیاس خانه افقی ۱۰۰ نانو ثانیه و هر خانه عمودی برای نمودار V_L، ۵ کیلو ولت)

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 متوالی در نرخ تکرار ۵ هرتز را نشان می‌دهد، که در آن متوسط انرژی خروجی ۱۰۷ میلی‌ژول با تغییرات پالس به پالس کمتر از ۱۲ در صد 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 .



شکل ۸: نمایش آماری اندازه‌گیری انرژی لیزر برای ۵۰۰ پالس متوالی 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 متوالی

مراجع

[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 گازکربنیک پالسی TEA با انرژی ۱/۵ ژول و با پیش‌یونش پلاسمای سطحی برروی کاتد*" شماره ۱۰۳۵، شانزدهمین کنفرانس انجمن اپتیک و فوتونیک ایران، ۱۳۸۸

[Downloaded from opsi.ir on 2025-11-28]