



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 نورالهی 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 پر شده در ولتاژ پائین، با استفاده از کلید تریستوری در اولیه ترانسفورماتور پالس تخلیه شده و باعث پر شدن خازن در ولتاژ بالا می‌گردد. با رسیدن ولتاژ خازن به حداکثر خود، گاف جرقه روشن شده و انرژی آن، در فضای داخلی الکتروودها تخلیه می‌گردد. این ترکیب قطعات، باعث کاهش زمان مورد نیاز برای پر شدن خازن و باز ترکیب بارها، در فضای گاف جرقه شده و محدودیت نرخ تکرار را، از بین می‌برد.

کلید واژه- لیزر پالسی گاز کربنیک، گاف جرقه.

## New design for pulsed TEA Co<sub>2</sub> 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

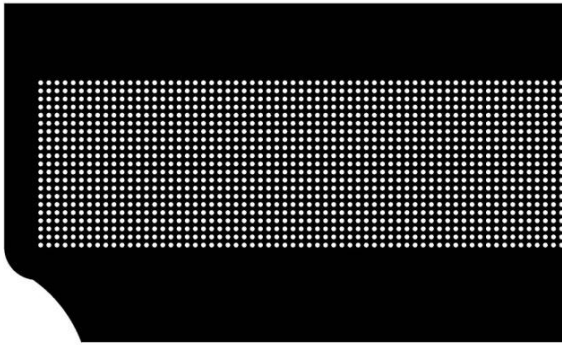
Abstract- In this paper introduced a design that applicable for normal spark gap could operate in high repetition rate. In this design the capacitor charged with low voltage by using a thyristor switch that will be discharged through pulsed transformer primary and on secondary caused charging of main 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 Co<sub>2</sub> Laser, Spark Gap

## ۱- مقدمه

## ۲- ساختار لیزر

این لیزر با استفاده از پیش یونش کرومای 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  $1/35$  میلی‌متر به روش لیتوگرافی ساخته شده است. کاتد با ابعاد  $50$  در  $420$  میلی‌متر از موزائیک‌های به ابعاد  $2$  میلی‌متر که در مرکز آن یک دایره توخالی به قطر  $1/4$  میلی‌متر قرار دارد، (شکل ۱) ساخته شده است. الکترودهای پیش یونش از جنس ورق نازک مس و به ابعاد  $50$  در  $420$  میلی‌متر ساخته شده و از نظر الکتریکی با آند هم پتانسیل است. آند از جنس آلومینیوم به ابعاد  $9$  در  $420$  میلی‌متر و در فاصله  $9$  میلی‌متری از کاتد قرار دارد.



شکل ۱: نمایی از طرح مدار چاپی به‌عنوان الکترودها

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

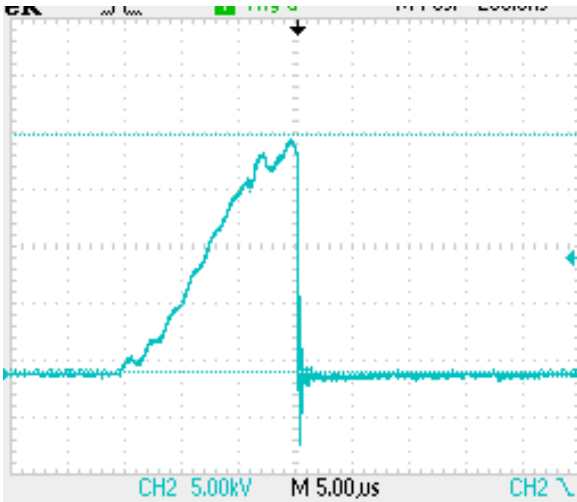
محفظه لیزر از یک حجم استوانه‌ای از لوله پلیکا، به قطر  $20$  و طول  $50$  سانتی‌متر ساخته شده است، که بر روی آن دو دریچه جهت عبور پرتو لیزر، تعبیه شده است. کاواک لیزر به طول  $52$  سانتی‌متر و از دو آینه با قطر  $2/5$  سانتی‌متر، یکی تمام بازتاب مقعر در عقب از جنس شیشه با پوشش طلا و شعاع انحنای  $4$  متر، و دیگری در جلو، تخت و از جنس زینک سلناید، با پوشش  $80$  درصد بازتاب، تشکیل شده است. دو عدد فن  $12 \times 12$  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 بدنه توسط یک قطعه پلکسی گلاس عایق شده است به عنوان آند و یک عدد شمع موتورسیکلت به عنوان

لیزر گاز کربنیک با تحریک عرضی در فشار آتمسفر TEA (Transversely Excited Atmospheric) یکی از انواع لیزرهای گاز کربنیک پالسی است که در آن، جهت تخلیه الکتریکی بر محور اپتیکی عمود بوده و فشار گاز در محدوده فشار جو 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  $9$  تا  $11$  میکرومتر [۱] و بازده انرژی در حدود  $10$  درصد، تولید کرد. در صورت نشت احتمالی گاز، به لحاظ اختلاف کم فشار گاز داخل و خارج محفظه، و غیر سمی و غیر خورنده 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  $1969$  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  $15$  درصد) و خروجی با انرژی قابل دسترس برحسب نیاز، لیزرهای گاز کربنیک 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 سنسجش از راه دور، و فاصله یاب‌ها، اشاره کرد.

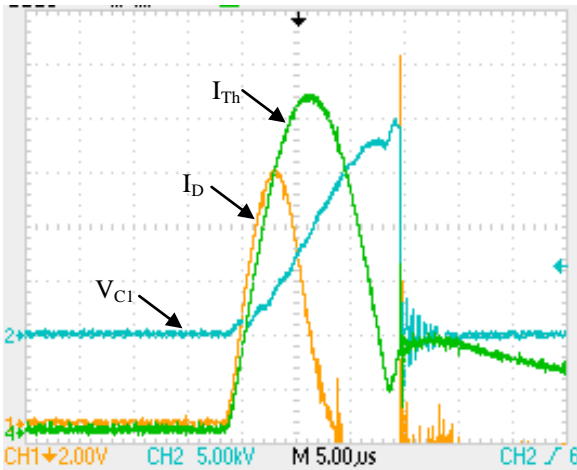
به لحاظ بالا بودن فشار در این نوع لیزرها و جلوگیری از ایجاد جرقه در آن، معمولاً مدارات مورد استفاده به نحوی است که تخلیه الکتریکی در لیزر، با سرعت زمانی کمتر از میکرو ثانیه انجام می‌شود. قبل از اعمال ولتاژ به الکترودها معمولاً با استفاده از روش‌های مختلف، امپدانس بین الکترودها با ایجاد الکترون آزاد کاهش 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 پلاسما سطحی [۶] اشاره کرد.



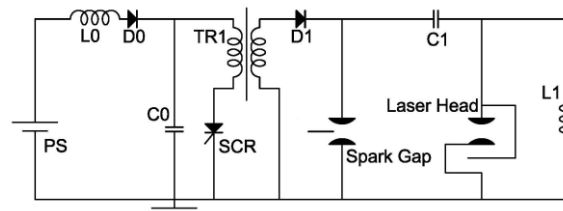
شکل ۴: نحوه پر شدن خازن  $C_1$  (مقیاس خانه افقی ۵ میکرو ثانیه و خانه عمودی ۵ کیلو ولت)

شکل ۵ به طور همزمان جریان عبوری از ترستور و دیود خروجی را در مقایسه با زمان پر شدن خازن  $C_1$  نشان می‌دهد. قله جریان عبوری از ترستور 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.



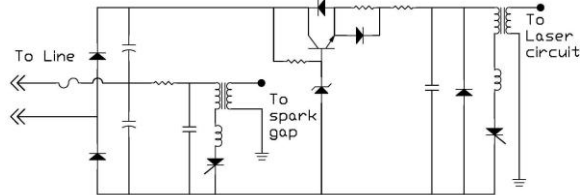
شکل ۵: جریان عبوری از ترستور ( $I_{Th}$ ), از دیود خروجی ( $I_D$ ), در مقایسه با ولتاژ خازن  $C_1$  ( $V_{C1}$ ) (مقیاس هرخانه افقی ۵ میکرو ثانیه و هرخانه عمودی برای منحنی  $I_D$ ، ۲ آمپر و منحنی  $V_{C1}$ ، ۵ کیلو ولت و منحنی  $I_{Th}$ ، ۲۰۰ آمپر)

دو الکترو کاتدو تریگر، تشکیل می‌شود. در ابتدا خازن  $C_0$  از طریق خود القاء  $L_0$  و دیود  $D_0$  پر شده و با روشن شدن ترستور، انرژی ذخیره شده در آن، از طریق ترانسفورماتور پالس و دیود  $D_1$  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 کرومای سطحی در کاتد، باعث کاهش امپدانس در ناحیه فعال شده و نهایتاً تخلیه الکتریکی، رخ می‌دهد.



شکل ۲: مدار الکتریکی مودولاتور

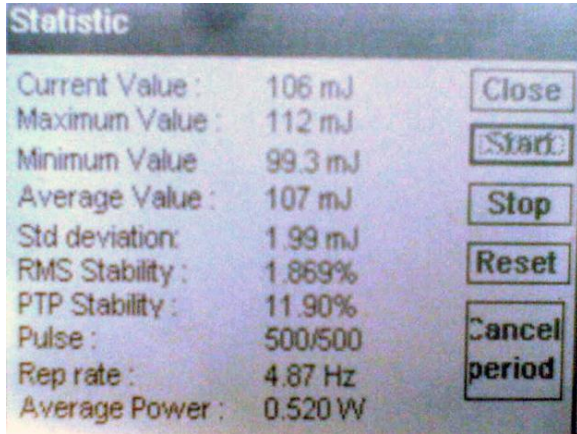
شکل ۳ شماتیک مدار پرکننده خازن اصلی  $C_0$  را نشان می‌دهد که در آن از دیود زبر جهت تثبیت ولتاژ و افزایش پایداری انرژی پالس در خروجی لیزر استفاده شده است. ترانس HV استفاده شده، جهت فعال سازی گاف جرقه و از نوع ترانس HV در تلویزیون های لامپی می‌باشد.



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 به طور کامل خالی شده و بنابراین، حداقل از دیدگاه تئوری می‌توان این سیستم را برای نرخ تکرارهای چند کیلو هرتزی استفاده کرد.



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

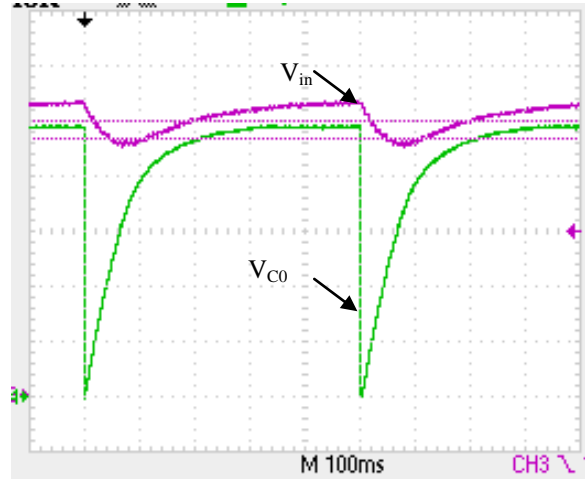


شکل ۹: مقطع لکه لیزر بر روی کاغذ حرارتی با ابعاد تقریبی ۱۰ در ۸ میلی‌متر ناشی از اثر ۱۰ پالس متوالی

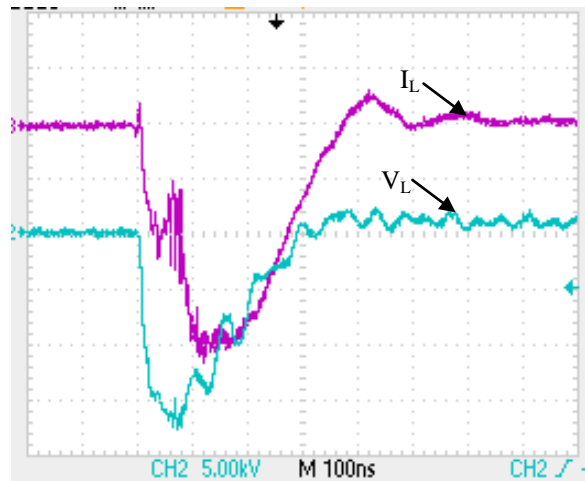
## مراجع

- [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 گاز کربنیک پالسی TEA با انرژی ۱/۵ ژول و با پیش‌یونش پلاسمای سطحی بر روی کاند" شماره ۱۰۳۵، شانزدهمین کنفرانس انجمن اپتیک و فوتونیک ایران، ۱۳۸۸



شکل ۶: ولتاژ ورودی ( $V_{in}$ ) و ولتاژ خازن  $C_0$  ( $V_{C_0}$ ) (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 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 .