



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



لیزر گاز کربنیک پالسی TEA با مدار تحریک کننده تمام نیمه‌هادی

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

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

چکیده - در این مقاله پژوهشی، ضمن معرفی اصول عملکرد کلید های مغناطیسی، یک دستگاه لیزر فشار آتمفسری گاز کربنیک را با استفاده از سه طبقه متراکم کننده مغناطیسی و ترانسفورماتور پالس و کلید تریستوری، راه اندازی کرده و نتیجه را با شرایط تحریک مدار مودولاتور تاپروترونی مقایسه شد. با این پژوهش جایگزینی مدار تحریک کننده تمام نیمه هادی بجای تاپروترون کاملا امکان پذیر می‌نماید.

کلید واژه- لیزر گاز کربنیک، لیزر تی، فشار آتمسفر، کلید نیمه هادی، متراکم کننده پالس مغناطیسی

TEA CO₂ Laser by An all-solid-state exciter

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

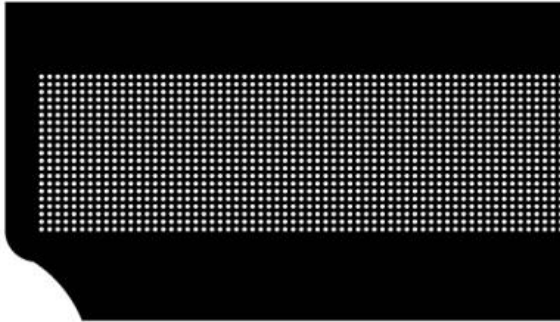
Laser and Optics Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI), Tehran, IRAN

Abstract- In this research paper will be introduced the practice of magnetic switches for a TEA Co₂ Laser, by using of three stage magnetic pulse compressor, pulse transformer and thyristor switches and then was compared with thyatron modulator. It was concluded that using of semiconductor circuit will be possible instead of thyatron modulator.

Keywords: CO₂ laser, Magnetic Pulse Compressor (MPC), Semiconductor switch, TEA CO₂ laser.

۱- مقدمه

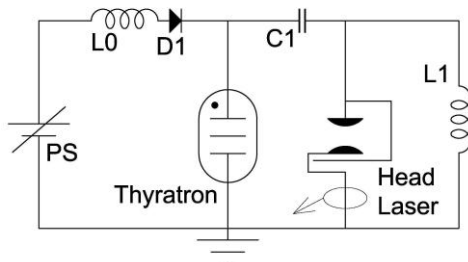
سطح دیگر فیبر مدار چاپی قرار دارد. الکتروود پیش یونش از نظر الکتریکی با آند هم پتانسیل می‌باشد. آند از جنس آلومینیوم به ابعاد ۵۰ در ۳۵۲ میلی‌متر و در فاصله ۱۰ میلی‌متری از کاتد قرار دارد.



شکل ۱- نمایی از طرح مدار چاپی به عنوان الکتروود

محفظه لیزر از یک استوانه آهنی به قطر ۳۵ و طول ۶۰ سانتی‌متر ساخته شده است، که بر روی آن دو دریچه جهت عبور پرتو لیزر و یک دریچه جهت بررسی تخلیه الکتریکی تعبیه شده است. کاواک لیزر به طول ۶۲ سانتی‌متر و از دو آینه با قطر ۵ سانتی‌متر، یکی تمام بازتاب مقعر در عقب از جنس مس 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.

نسبت مخلوط گازی مورد استفاده ۳، ۵، ۱۲ به ترتیب برای گاز کربنیک، نیتروژن و هلیوم می‌باشد. ابتدا لیزر با استفاده از یک منبع ولتاژ مستقیم و یک تاپروترون مطابق با مدار شکل ۲ مورد تحریک قرار گرفت. منبع ولتاژ PS از طریق خودالقاء L_0 و دیود D_1 ، خازن C_1 با ظرفیت ۸/۱ نانو فاراد را پر می‌کند. خودالقاء L_1 مسیر پرشدن خازن را مهیا می‌نماید. انرژی خازن C_1 از طریق تاپروترون هم‌زمان بر روی آند و صفحه پیش یونش اعمال شده و پس از تولید کرومای سطحی در کاتد باعث کاهش امپدانس ناحیه فعال شده و تخلیه الکتریکی رخ می‌دهد.



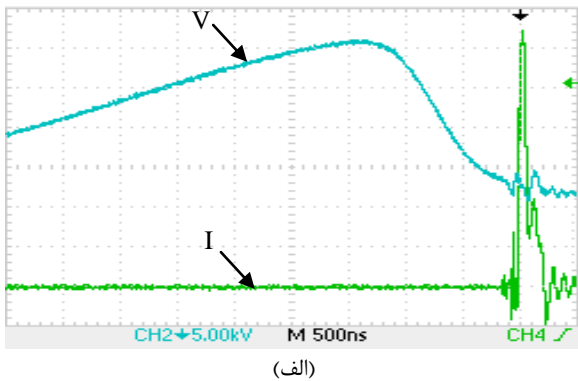
شکل ۲- مدار الکتریکی لیزر با تاپروترون

کاربردهای متنوعی برای لیزر گاز کربنیک پالسی عرضی فشار آتمسفری تکرار بالا، به لحاظ داشتن توان لحظه‌ای و انرژی بالا در هر تپ، در علوم و صنایع مختلف وجود دارد، برای مثال می‌توان به کاربردهای آن به عنوان ابزار جهت حکاکی و علامت زنی، گداخت، شتاب ذرات و لیدار لیزری اشاره کرد. مشکل اصلی در این گونه لیزرها، ایجاد پیش یونش در محیط گازی و در فشار آتمسفر، قبل از تخلیه اصلی می‌باشد در این رابطه می‌توان به بعضی از روش‌های استفاده شده، مثل آرایه جرقه‌های مولد پرتو فرابنفش [۱]، ایجاد کرونا [۲]، و روش‌های دیگر، اشاره کرد.

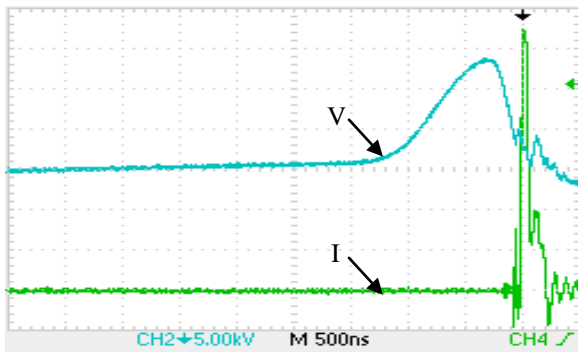
روش متداول در مدارات مورد استفاده جهت اعمال تپ ولتاژ، به‌کارگیری تحریک کننده با استفاده از تاپروترون است، تاپروترون‌ها کلیدهای سریع و دارای قابلیت کار در ولتاژ بالا و در نرخ تکرار زیاد می‌باشند. ولی نقطه ضعف آنها، عمر محدود و قیمت بالا و بلحاظ برخورداری از تکنولوژی بالا، مشکلات تهیه آنها در ایران است. استفاده از کلیدهای نیمه‌هادی، بسیار با اطمینان بوده و دارای طول عمر بالا می‌باشند. ضعف کلیدهای نیمه‌هادی در مقایسه با تاپروترون‌ها در سرعت کم کلیدزنی و ولتاژ پائین کارکرد آنها می‌باشد. این ضعف با ترکیب آن با ترانسفورماتور پالس جهت افزایش ولتاژ و متراکم‌کننده‌های مغناطیسی پالس جهت کاهش زمان کلیدزنی، برطرف می‌گردد [۳]. در طرح ارائه شده با استفاده از کلید تریستور، ترانسفورماتور پالس سه مرحله متراکم سازی، با استفاده از مواد مغناطیسی اشباع پذیر، پالس ولتاژ با پهنای کمتر از ۳۰۰ نانو ثانیه به الکترودهای لیزر اعمال می‌گردد.

۲- ساختار لیزر

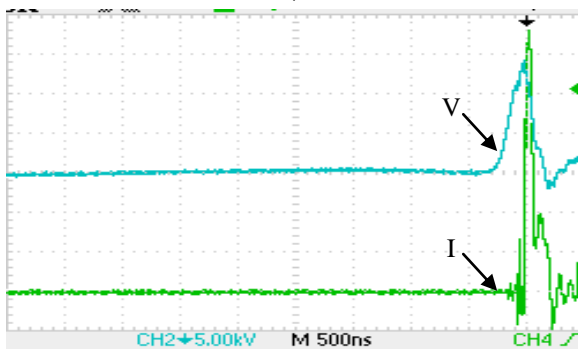
این لیزر با استفاده از پیش یونش کرومای سطحی از طریق مدار چاپی [۴] طراحی شده است. الکترودهای کاتد و پیش یونش بر روی یک قطعه فیبر دو رو مس مدار چاپی از جنس فایبر گلاس با ضخامت ۱/۳۵ میلی‌متر به روش لیتوگرافی ساخته شده‌اند. الکتروود کاتد بر روی یک سطح فیبر مدار چاپی با ابعاد ۴۰ در ۳۷۲ میلی‌متر متشکل از موزائیک‌هایی به ابعاد ۲ میلی‌متر که در مرکز آن یک دایره توخالی به قطر ۱/۴ میلی‌متر قرار دارد (شکل ۱)، و الکتروود پیش یونش یک مستطیل به ابعاد ۴۰ در ۳۷۲ میلی‌متر در



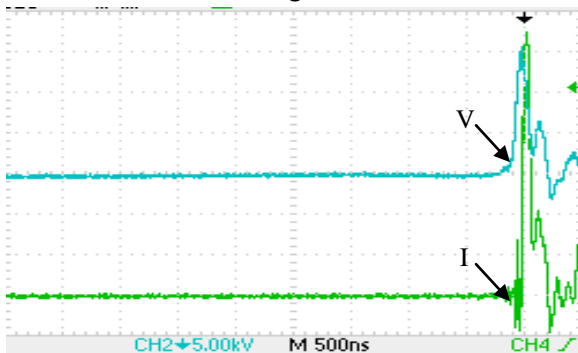
(الف)



(ب)



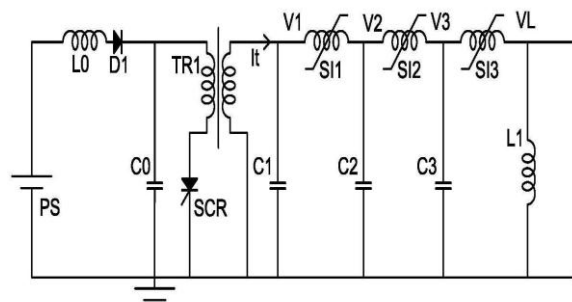
(ج)



(د)

شکل ۴- پالس ولتاژ شکل (الف) در نقطه V_1 و شکل (ب) در نقطه V_2 و شکل (ج) در نقطه V_3 و شکل (د) در نقطه V_L از مدار شکل ۳ در مقایسه با هم و با مرجع قراردادن جریان عبوری از الکترودهای لیزر (هر واحد محور افقی ۵۰۰ نانوثانیه و محور عمودی برای ولتاژ ۵ کیلو ولت و برای جریان ۲۰۰ آمپر می باشد)

در مرحله بعد الکترودهای لیزر به تحریک کننده نیمه هادی متصل گردید. شکل ۳ شمای این مدار را نشان می دهد.



شکل ۳- مدار تمام نیمه هادی تحریک کننده

که در آن C_0 ، ۴ میکرو فاراد، C_1 و C_2 ، ۸/۱ نانو فاراد و C_3 ، ۷/۱ نانو فاراد و L_1 ، ۱۲۰ میکرو هانری می باشند. تریستور مورد استفاده به شماره 12-250-133-Tb و هسته ترانسفورماتور TR1 مدل EE به شماره ۷۰ با شش دور سیم ۲/۵ در اولیه و ۱۲۰ دور سیم ۰/۲ در ثانویه می باشد. SI_1 از یازده هسته فریتی به ابعاد $125 \times 12 \times 80$ با ۳۰ دور سیم، SI_2 از چهار هسته فریتی به ابعاد $100 \times 14 \times 60$ با ۸ دور سیم و SI_3 از هجده هسته فریتی به ابعاد $25 \times 12 \times 14$ با یک دور سیم ساخته شده اند. محاسبات انجام شده بر مبنای رابطه ۱ می باشد [۳].

$$\phi = \frac{1}{N_t} \int_0^{T_{sat}} V(t) dt = \Delta B A_m \quad (1)$$

که در آن ϕ شار مغناطیسی، N_t تعداد دور سیم پیچ اطراف ماده مغناطیسی، $V(t)$ ولتاژ اعمال شده در سیم پیچ، قبل از اشباع و در زمان بین $t=0$ تا $t=T_{sat}$ ، ΔB تغییرات دانسیته شار مغناطیسی و A_m سطح مقطع ماده مغناطیسی است. شکل ۴ پالس ولتاژ را در نقاط V_1 و V_2 و V_3 مشخص شده در مدار شکل ۳ را نشان می دهد.

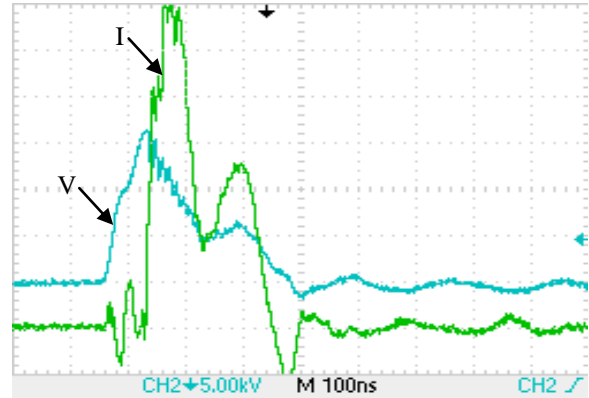
قابل ذکر است که جریان عبوری از الکترودهای لیزر به عنوان مرجع زمانی در تمامی این شکل ها دیده می شود. شکل ۵ جزئیات تپ ولتاژ و جریان اعمال شده به الکترودهای لیزر را نشان می دهد، پیک جریان در حدود ۱/۴ کیلو آمپر اندازه گیری شده است.

۳- نتیجه گیری

در این پژوهش نشان داده شد که، با ترکیب سه تائی کلید نیمه‌هادی و ترانسفورماتورهای تپ ولتاژ و متراکم کننده‌های مغناطیسی، و جایگزینی آن به جای قطعات پیچیده‌ای مانند تایپروترون، بدون تغییر محسوسی در توان خروجی لیزر، می‌توان وابستگی به این قطعات را، نه تنها در این نوع لیزر بلکه در سایر لیزرهای گازی تپی، از بین برد.

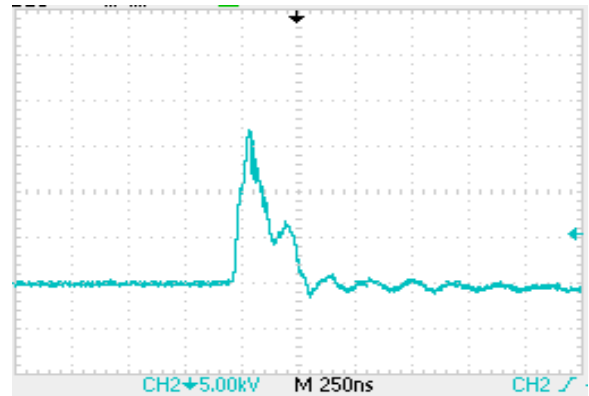
مراجع

- [1] Seguin H., *Photoinitiated and Photo sustained Laser*, Appl. Phys. Lett, L 21pp. 414-416, 1972.
- [2] Fahlen T.S., *Efficient Quarter-Joule KrF Laser with Corona Preionization*, IEEE J. Quantum Electron., QE-15, pp. 311-312, 1979.
- [3] Nunnally W.C., *Magnetic Switches and Circuits*, Los Alamos National Laboratory, 1982
- [۴] عطاملک قربانزاده و همکاران، "لیزر گاز کربنیک پالسی TEA با انرژی ۱/۵ ژول و با پیش‌یونش پلاسمای سطحی بروی کاتد" شماره ۱۰۳۵، شانزدهمین کنفرانس انجمن اپتیک و فوتونیک ایران، ۱۳۸۸

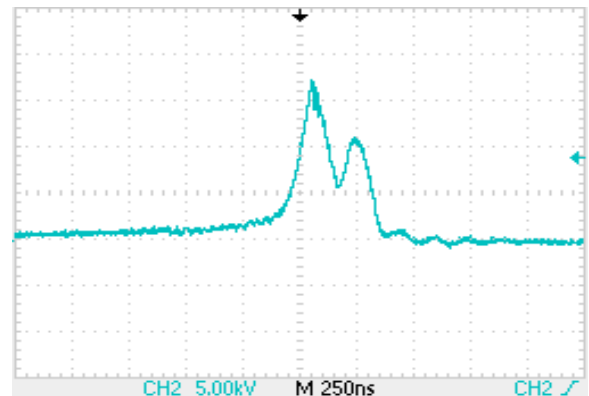


شکل ۵- تپ جریان (I) و ولتاژ (V) اعمال شده به لیزر (هر واحد محور افقی ۱۰۰ نانوثانیه و محور عمودی برای ولتاژ ۵ کیلو ولت و برای جریان ۲۰۰ آمپر می‌باشد)

در مقایسه‌ای بین تپ ولتاژهای تولید شده توسط تحریک کننده تایپروترونی (شکل ۶) و تحریک کننده تمام نیمه‌هادی (شکل ۷)، مشاهده می‌شود که نسبتاً مشابه به هم هستند. (مقیاس زمانی در هر دو شکل ۲۵۰ نانوثانیه می‌باشد)



شکل ۶- تپ ولتاژ اعمال شده به لیزر با استفاده از تایپروترون



شکل ۷- تپ ولتاژ اعمال شده به لیزر با استفاده از تحریک کننده تمام نیمه‌هادی (هر واحد محور افقی ۲۵۰ نانوثانیه و محور عمودی ۵ کیلو ولت می‌باشد)