



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 نیمه هادی

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

پژوهشکده لیزر و اپتیک، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، 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 کاملاً امکان پذیر می نماید.

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

کاربردهای متنوعی برای لیزر گاز کربنیک پالسی عرضی فشار آتمسفری تکرار بالا، به لحاظ داشتن توان لحظه ای و انرژی بالا در هر تپ، در علوم و صنایع مختلف وجود دارد، برای مثال می توان به کاربردهای آن به عنوان ابزاری 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 می باشد در این رابطه میتوان به بعضی از روش های استفاده شده، مثل آرایه جرقه های مولد پرتو فرابنفش [۱]، ایجاد کرونا [۲]، و روش های دیگر، اشاره کرد.

روش متداول در مدارات مورد استفاده جهت اعمال تپ ولتاژ، به کارگیری تحریک کننده با استفاده از تایروترون است، تایروترون ها کلیدهای سریع و دارای قابلیت کار در ولتاژ بالا و در نرخ تکرار زیاد می باشند. ولی نقطه ضعف آنها، عمر محدود و قیمت بالا و بلحاظ برخورداری از تکنولوژی بالا، مشکلات تهیه آنها در ایران است. استفاده از کلیدهای نیمه هادی، بسیار با اطمینان بوده و دارای طول عمر بالا می باشند. ضعف کلیدهای نیمه هادی در مقایسه با تایروترون ها در سرعت کم کلیدزنی و ولتاژ پائین کارکرد آنها می باشد. این ضعف با ترکیب آن با ترانسفورماتور پالس جهت افزایش ولتاژ و متراکم کننده های مغناطیسی پالس جهت کاهش زمان کلیدزنی، برطرف می گردد [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 می گردد.

۲- ساختار لیزر

این لیزر با استفاده از پیش یونش کرونای 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 میلی متر به روش لیتوگرافی ساخته شده اند. الکترو کاتد بر روی یک سطح فیبر مدار چاپی با ابعاد ۴۰ در ۳۷۲ میلی متر متشکل از موزائیک هایی به ابعاد ۲ میلی متر که در مرکز آن یک دایره توخالی به قطر ۱/۴ میلی متر قرار دارد (شکل ۱)، و الکترو د پیش یونش یک مستطیل به ابعاد ۴۰ در ۳۷۲ میلی متر در

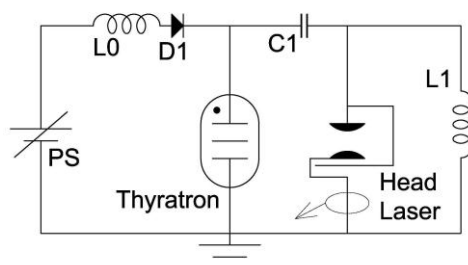
سطح دیگر فیبر مدار چاپی قرار دارد. الکترو د پیش یونش از نظر الکتریکی با آند هم پتانسیل می باشد. آند از جنس آلومینیوم به ابعاد ۵۰ در ۳۵۲ میلی متر و در فاصله ۱۰ میلی متری از کاتد قرار دارد.



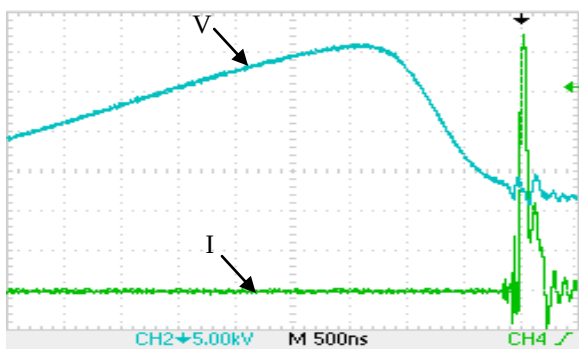
شکل ۱- نمائی از طرح مدار چاپی به عنوان الکترو د

محفظه لیزر از یک استوانه آهنی به قطر ۳۵ و طول ۶۰ سانتی متر 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 سانتی متر و از دو آینه با قطر ۵ سانتی متر، 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.

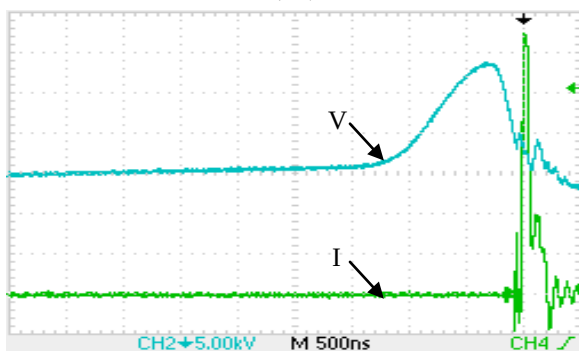
نسبت مخلوط گازی مورد استفاده ۳، ۵، ۱۲ به ترتیب برای گاز کربنیک، نیتروژن و هلیوم می باشد. ابتدا لیزر با استفاده از یک منبع ولتاژ مستقیم و یک تایروترون مطابق با مدار شکل ۲ مورد تحریک قرار گرفت. منبع ولتاژ PS از طریق خودالقاء L_0 و دیود D_1 ، خازن C_1 با ظرفیت ۸/۱ نانو فاراد را پر می کند. خودالقاء L_1 مسیر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



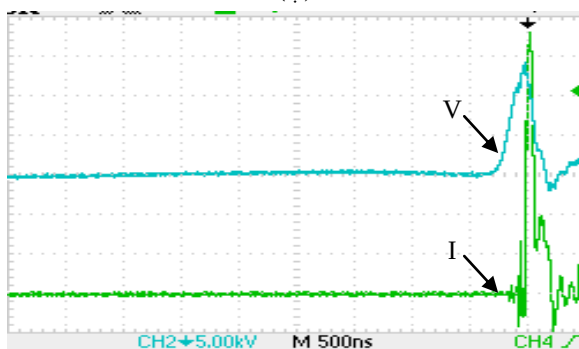
شکل ۲- مدار الکتریکی لیزر با تایروترون



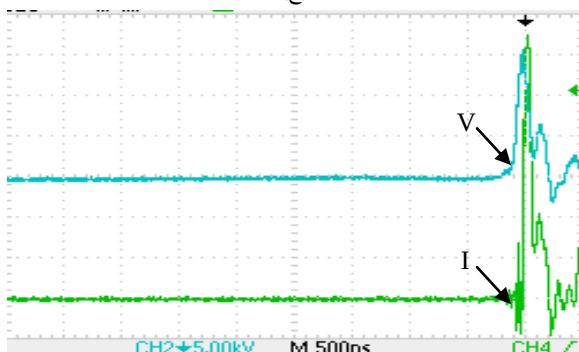
(الف)



(ب)



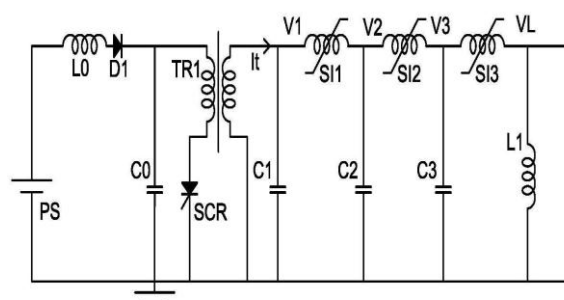
(ج)



(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. ترستور مورد استفاده به شماره 12-250-Tb133 و هسته ترانسفورماتور مدل EE به شماره ۷۰ با شش دور سیم ۲/۵ در اولیه و ۱۲۰ دور سیم ۲/۰ 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 و V_L مشخص شده در مدار شکل ۳ را نشان می دهد.

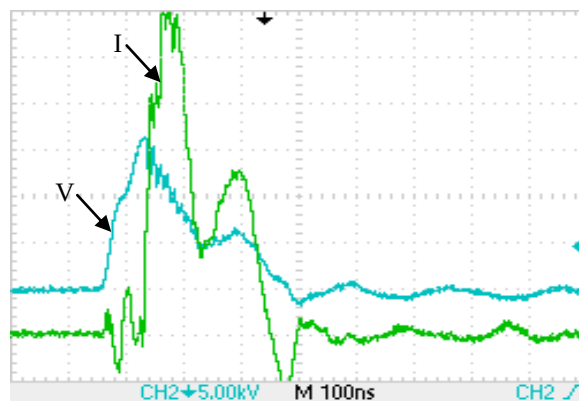
قابل ذکر است که جریان عبوری از الکترودهای لیزر به عنوان مرجع زمانی در تمامی این شکل ها دیده می شود. شکل ۵ جزئیات تپ ولتاژ و جریان اعمال شده به الکترودهای لیزر را نشان می دهد، پیک جریان در حدود ۱/۴ کیلو آمپر اندازه گیری شده است.

۳- نتیجه گیری

در این پژوهش نشان داده شد که، با ترکیب سه تائی کلید نیمه هادی و ترانسفورماتورهای تپ ولتاژ و متراکم کننده های مغناطیسی، و جایگزینی آن به جای قطعات پیچیده ای مانند تایروترون، بدون تغییر محسوسی در توان خروجی لیزر، می توان وابستگی به این قطعات را، نه تنها در این نوع لیزر بلکه در سایر لیزرهای گازی تپی، از بین برد.

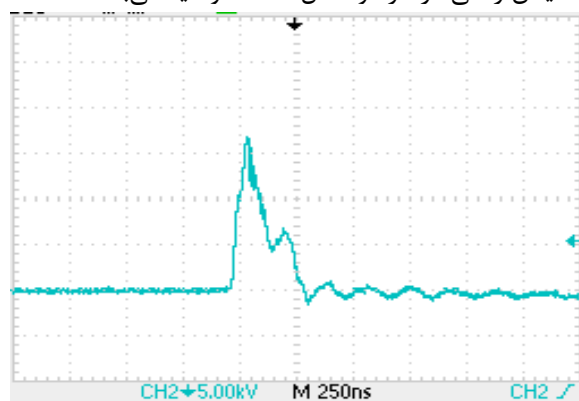
مراجع

- [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] عظاملک قربانزاده و همکاران، "لیزر گاز کربنیک پالسی TEA با انرژی ۱/۵ ژول و با پیش یونش پلاسمای سطحی بر روی کاتد" شماره ۱۰۳۵، شانزدهمین کنفرانس انجمن اپتیک و فوتونیک ایران، ۱۳۸۸

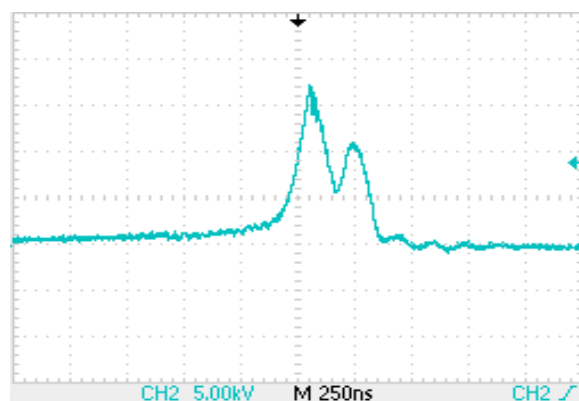


شکل ۵- تپ جریان (I) و ولتاژ (V) اعمال شده به لیزر (هر واحد محور افقی ۱۰۰ نانوثانیه و محور عمودی برای ولتاژ ۵ کیلو ولت و برای جریان ۲۰۰ آمپر می باشد)

در مقایسه ای بین تپ ولتاژهای تولید شده توسط تحریک کننده تایروترونی (شکل ۶) و تحریک کننده تمام نیمه هادی (شکل ۷)، مشاهده می شود که نسبتاً مشابه به هم هستند. (مقیاس زمانی در هر دو شکل ۲۵۰ نانوثانیه می باشد)



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



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