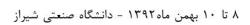


# بیستمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران و ششمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران





# ليزر گازكربنيك يالسي TEA با مدار تحريك كننده تمام نيمههادي

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

پژوهشکده لیزر واپتیک، پژوهشگاه علوم وفنون هسته ای، انتهای خیابان کارگر شمالی، تهران، ایران

چکیده – در این مقاله پژوهشی، ضمن معرفی اصول عملکردکلید های مغناطیسی، یک دستگاه لینزر فشار آتمفسری گازکربنیک را بااستفاده از سه طبقه متراکم کننده مغناطیسی و ترانسفورماتور پالس و کلید تریستوری، راه اندازی کرده و نتیجه را با شرایط تحریک مدار مودولاتور تایروترونی مقایسه شد. با این پژوهش جایگزینی مدار تحریک کننده تمام نیمه هادی بجای تایروترون کاملا امکان پذیر مینماید.

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

# TEA CO<sub>2</sub> 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 Co<sub>2</sub> Laser, by using of three stage magnetic pulse compressor, pulse transformer and thyristor switches and then was compared with thyratron modulator. It was concluded that using of semiconductor circuit will be possible instead of thyratron modulator.

Keywords: CO<sub>2</sub> laser, Magnetic Pulse Compressor (MPC), Semiconductor switch, TEA CO<sub>2</sub> laser.

#### **١**- مقدمه

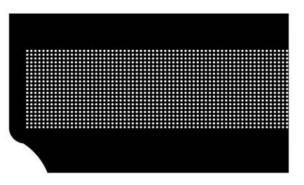
کاربردهای متنوعی برای لیزرگاز کربنیک پالسی عرضی فشار آتمسفری تکرار بالا، به لحاظ داشتن توان لحظه ای و انرژی بالا در هر تپ، در علوم و صنایع مختلف وجود دارد، برای مثال میتوان به کاربردهای آن به عنوان ابزاری جهت حکاکی و علامت زنی، گداخت، شتاب ذرات و لیدار لیزری اشاره کرد. مشکل اصلی در این گونه لیزرها، ایجاد پیش یونش در محیط گازی و در فشار آتمسفر، قبل از تخلیه اصلی 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، به کارگیری تحریک کننده با استفاده از تایروترون است، تایروترونها 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، مشكلات تهيه آنها در ايران است. استفاده از كليدهاي نیمههادی، بسیار با اطمینان بوده و دارای طول عمر بالا می باشند. ضعف کلیدهای نیمههادی در مقایسه با تایروترونها در سرعت کم کلیدزنی و ولتاژ پائین کارکرد آنها مىباشد. اين ضعف با تركيب آن با ترانسفورماتور پالس جهت افزایش ولتاژ و متراکم کنندههای مغناطیسی پالس جهت کاهش زمان کلیدزنی، برطرف می گردد[۳] . در طرح ارائه شده با استفاده از کلید تریستور، ترانسفورماتور پالس و سه مرحله متراکم سازی، با استفاده از مواد مغناطیسی اشباع پذیر، پالس ولتاژ با پهنای کمتر از ۳۰۰ نانو ثانیه به الكترودهاي ليزر اعمال مي گردد.

#### ۲- ساختار ليزر

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 میلیمتر به روش لیتوگرافی ساخته شدهاند. الکترود کاتد بر روی یک سطح فیبر مدار چاپی با ابعاد ۴۰ در ۲۷۳ 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 الکترود پیش یونش یک مستطیل به ابعاد ۴۰ در ۲۷۳ میلیمتر در پیش یونش یک مستطیل به ابعاد ۴۰ در ۲۷۳ میلیمتر در

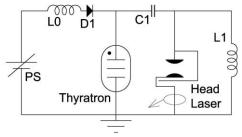
سطح دیگر فیبر مدار چاپی قرار دارد. الکترود پیش یونش از نظر الکتریکی با آند هم پتانسیل میباشد. آند از جنس آلومینیوم به ابعاد ۵۰ در ۳۵۲ میلیمتر و در فاصله ۱۰ میلیمتری از کاتد قرار دارد.



شكل ١- نمائي از طرح مدار چاپي به عنوان الكترود

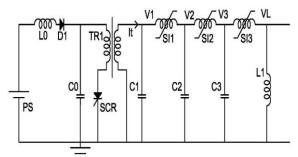
محفظه لیزر از یک استوانه آهنی به قطر ۳۵ و طول ۶۰ سانتی متر ساخته شده است، که بر روی آن دو دریچه جهت عبور پرتو لیزر و یک دریچه جهت بررسی تخلیه الکتریکی تعبیه شده است. کاواک لیزر به طول ۶۲ سانتی متر و از دو آینه با قطر ۵ سانتی متر، یکی تمام بازتاب مقعر در عقب از جنس مس با پوشش طلا و شعاع انحنای ۴ متر و دیگری در جلو، تخت و از جنس زینک سلناید، با پوشش ۸۰ درصد بازتاب، تشکیل شده است.

نسبت مخلوط گازی مورد استفاده T، T به ترتیب برای گاز کربنیک، نیتروژن و هلیوم میباشد. ابتدا لیزر با استفاده از یک منبع ولتاژ مستقیم و یک تایروترون مطابق با مدار شکل T مورد تحریک قرار گرفت. منبع ولتاژ T از طریق خودالقاء T و دیود T خازن T با ظرفیت T نانو فاراد را پر می کند. خودالقاء T مسیر پرشدن خازن را مهیا مینماید. انرژی خازن T از طریق تایروترون همزمان 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.



شكل ٢- مدار الكتريكي ليزر با تايروترون

در مرحله بعد الکترودهای لیزر به تحریک کننده نیمههادی متصل گردید. شکل ۳ شمای این مدار را نشان میدهد.



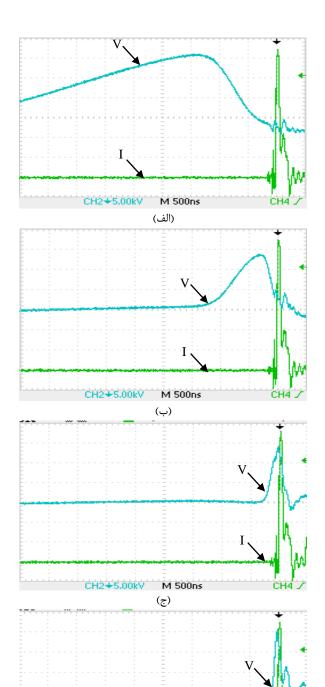
شکل۳- مدار تمام نیمههادی تحریک کننده

که در آن  $C_0$  میکرو فاراد،  $C_1$  و  $C_1$  ، 1 نانو فاراد و 1 ، 1 میکرو هانری میباشند. 1 ، 1 ، 1 نانو فاراد و 1 ، 1 ، 1 ، 1 ، 1 ، 1 ، 1 ، 1 ، 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1

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

که در آن $\phi$  شار مغناطیسی،  $N_t$  تعداد دور سیم پیچ اطراف ماده ی مغناطیسی، V(t) ولتاژ اعمال شده در سیم پیچ، قبل از اشباع و در زمان بین t=0 تا t=0 تغییرات دانسیته ی شار مغناطیسی و t=0 سطح مقطع ماده ی مغناطیسی است. شکل t=0 پالس ولتاژ را در نقاط t=0 مشخص شده در مدار شکل t=0 را نشان می-دهد.

قابل ذکر است که جریان عبوری از الکترود های لیزر به-عنوان مرجع زمانی در تمامی این شکلها 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.



شکل  $^+$  پالس ولتاژ شکل (الف) در نقطه  $^+$  و شکل (ب) در نقطه  $^+$  در شکل  $^+$  در شکل  $^+$  در نقطه  $^+$  از مدار شکل  $^+$  در مقایسه با هم و با مرجع قراردادن جریان عیوری از الکترودهای لیزر  $^+$  (هر واحد محور افقی  $^+$  ۵۰۰ نانوثانیه و محور عمودی برای ولتاژ  $^+$  کیلو ولت و برای جریان  $^+$  آمیر می باشد)

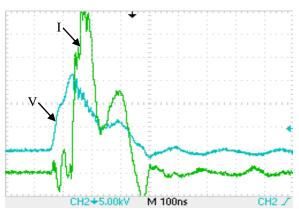
M 500ns

## ٣- نتيجهگيري

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 تایروترون، بدون تغییر محسوسی در توان خروجی لیزر، می-توان وابستگی به این قطعات را، نهتنها در این نوع لیزر بلکه در سایر لیزرهای گازی تپی، از بین برد.

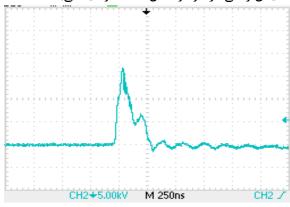
## مراجع

- 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] Nunnaly W.C., Magnetic Switches and Circuits, Los Alamos National Laboratory, 1982
- [۴] عطاملک قربانزاده و همکاران ،" *لیزر گازکربنیک پالسی TEA با انرژی ۱/۵ ژول و با پیشیونش پلاسمای سطحی برروی کاند*" شماره ۱۰۳۵، شانزدهمین کنفرانس انجمن اپتیک و فوتونیک ایران، ۱۳۸۸

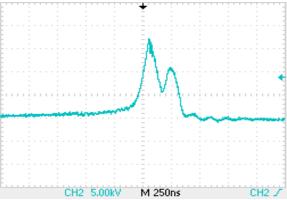


شکل ۵- تپ جریان (I) و ولتاژ (V) اعمال شده به لیزر(هر واحد محور افقی ۱۰۰ نانوثانیه و محور عمودی برای ولتاژ ۵ کیلو ولت و برای جریان ۱۲۰۰ میراشد)

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



شکل  $^{9}$  – تپ ولتاژ اعمال شده به لیزر با استفاده از تایروترون



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 می باشد)