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

طراحی و ساخت لیزر گازکربنیک تپی فشار اتمسفری با توان خروجی ۵ ژول در فرکانس ۱۰ هرتز با پیش یونش گاف جرقه

رضا ترابی[۱]، بابک کاظمی[۱] ، کاوه سیلاخوری[۳] ، علیرضا پژ[۱]، حسین پناهی و مرتضی جعفری[۱]

[۱] دانشگاه صنعتی مالک اشتر

[۲] سازمان انرژی اتمی

چکیده - لیزر *TEA CO_2* ساخته شده دارای انرژی خروجی ۵ ژول در فرکانس ۱۰ هرتز می باشد. این لیزر دارای یک سیستم گردش گاز به صورت چرخه باز می باشد. سیستم الکترود عرضی است و از دو الکترود ۴۰ سانتیمتری(طول مفید) که به فاصله ۳/۲ سانتیمتری از هم قرار دارند و نیز ۲۴ جفت گاف جرقه مربوط به پیش یونش که در مجاورت هم و در دو ردیف موازی نصب شده اند، تشکیل شده است. گاز توسط یک دمنده به گردش در می آید. و کار خنک سازی ترکیب گاز نیز به همین طریق انجام می شود. این سیستم از مدار راه انداز مارکس بانک سه طبقه و یک منبع تغذیه ی ۲۰ کیلوولتی بهره می گیرد و پالس ولتاژ اعمال شده به هد لیزر ۵۵ کیلو ولت است.

کلید واژه- لیزر TEA CO_2 ، پیش یونش گاف جرقه، مدار مارکس بانک سه طبقه

Design and performance of a 10 Hz, 5J TEA CO_2 Laser with pin array preionization

Reza torabi[1], Babak kazemi[1], kave silakhori[2],Alireza pej[1], Hossein Panahi & Morteza jafari[1]

[1]Malek-ashtar University of Technology

[3] Atomic energy organization of Iran

Abstract- In this paper we describe our design and performance of a 5J TEA CO_2 Laser with pin array preionization are described. It containing the active volume of the laser consist of two aluminum electrodes 40 cm length with Ernest' profile. The active discharge volume between the electrodes is approximately 0.38 liter ($3\times3.2\times40$ cm^3) that has operated with up to 13.2 J/lit output density. The laser operates at variable pulse repetition frequencies up to 10 Hz. pulse voltage amplitude to laser head is 55 KV.

Keywords: TEA CO_2 Laser, preionization & active discharge volume.

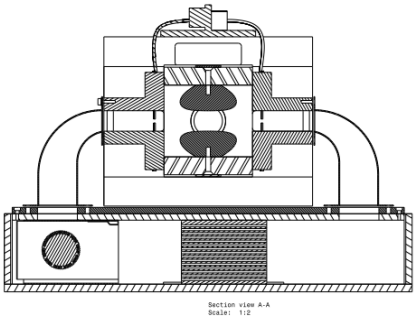
[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]

۱- مقدمه

لیزرهای TEA CO_2 در بسیاری از کاربردهای دفاعی، صنعتی ازقبیل سوراخ کاری، برشکاری و حکاکی و همچنین علمی و تکنولوژیکی مانند فوتو شیمی، جداسازی ایزوتوب و ... از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند. اولین لیزر TEA گاز کربنیک به وسیله فرنچ و دانشمندان کانادایی گزارش شد.[۱و۲] .این دو گروه به طور مستقل روشهایی را پیدا کردند که این روشها باعث پایداری تخلیه تابان در مخلوط گاز CO_2:N_2:He در فشار یک اتمسفر شد. پس از آن تلاش برای ساخت لیزرهایی از این نوع با انرژی و فرکانس بالا و یا شبیه سازی محیط تخلیه جهت پیش بینی نتایج خروجی لیزرهایی از این نوع [۳] ادامه دارد.

۲- طراحی لیزر

نمایی از طراحی مکانیکی اجزاء لیزر TEA CO_2 با استفاده از نرم افزار کتیا در شکل ۱ نشان داده شده است. قسمت های پیش یونش در دو طرف به نازل‌های ورود و خروج گاز متصل هستند و در بالای الکترودها خازن های پیش یونش دیده می‌شود. در محفظه‌ی مستطیلی پایین یک فن محوری، مبدل حرارتی و شیرهای ورود و خروج گاز تعبیه شده است. انرژی خروجی لیزر ۵ ژول و حداکثر فرکانس کاری آن ۱۰ هرتز می باشد. ابعاد الکترود ساخته شده ۴۰×۹ میلیمتر است و پروفایل خم آن ارنست است و فاصله ی الکترود ها از هم ۳/۲ سانتیمتر می باشد. بخش پیش یونش از ۲۵ جفت گاف جرقه که در مجاورت هم و در دو ردیف موازی نصب شده اند، تشکیل شده است. سیستم گردش گاز به صورت چرخه باز می باشد و گاز توسط یک دمنده، ضمن گردش خنک می شود.



شکل ۱- طراحی مکانیکی اجزاء لیزر با استفاده از نرم افزار کتیا

سیستم راه انداز لیزر یک مدار مارکس بانک سه طبقه است که از یک منبع تغذیه ی ۲۰ کیلوولتی بهره می گیرد. معمولا در این نوع لیزرها، کاواک تخت- کاو که یک تشدیدگر پایدار است، انتخاب می شود. آینه مقعر شعاع ۲۰متر و تمام بازتابنده است و کوپلر خروجی، تخت و عبور ۵۰٪ دارد. آینه تمام بازتابنده یک آینه مسی لایه نشانی شده با طلا است. و آینه ی جلو (خروجی) از جنس Zn Se است.

یکی از اساسی ترین کارها در طراحی این قبیل لیزرها، استفاده از سیستم خنک کننده‌ی گاز است. معمولا برای خنک کردن جریان گاز از یک مبدل حرارتی که در مسیر چرخش گاز تعبیه می شود، استفاده می‌شود. سرعت جریان گاز در این قبیل لیزرها باید به گونه ای باشد که در هنگام عبور از میان الکترودها، در بازه زمانی میان دو تپ پی‌درپی ،گازی که یک تخلیه الکتریکی را پشت سر گذاشته و در نتیجه گرم، یونیزه و تا اندازه‌ای متحمل تغییرات شیمیایی شده است، بتواند فضای میان الکترودها را طی کرده و حجم دیگری از گاز جایگزین آن شود. سرعت متوسط اندازه گیری شده ۴/۵ متر بر ثانیه اندازه گیری شد. در شکل ۲ سیستم لیزر ساخته شده نشان داده شده است.

شکل ۲- تصویری از سیستم لیزر در محیط آزمایشگاه

در سیستم گازرسانی لیزر از سه سیلندر گاز CO_2، N2 و He به ترتیب با گرید ۴، ۴ و ۵ استفاده می‌شود. که به فشارسنج‌هایی متصل هستند. خروجی هریک از سیلندرهای گاز پس از عبور از یک جریان سنج، توسط اتصالات و شیلنگ‌های پنوماتیکی به یک مخلوط کننده‌ی لیزر متصل می‌شود. و با نسبت ۱:۱:۸ وارد محفظه ی لیزر می شوند. همچنین از یک شیر یکطرفه‌ی یک اتمسفری

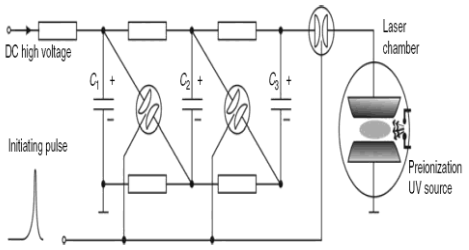
[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]

جهت عملکرد لیزر در فشار اتمسفر و نیز خروج هوای محفظه به بیرون استفاده می‌شود.

۳- مدار الکتریکی

در این طرح تحقیقاتی از مولد مارکس جهت راه اندازی سیستم لیزر استفاده شده است. در مولد مارکس خازنها به صورت موازی از طریق مقاومت شارژ می شود و پس از روشن شدن، گاف های جرقه با هم سری شده و در هد لیزر تخلیه می شوند. مولدهای مارکس مرسوم (شکل ۳) دارای ایراداتی هستند که مهمترین آنها راندمان پایین آنها است. در این طرح مولد مارکس بگونه ای اصلاح شده که ایرادات آن برطرف شود.

به منظور غلبه براین مشکل در این پروژه از القاگر به جای مقاومت استفاده شده است که یک ایده انحصاری است. القاگر ها که عناصر راکتیور هستند، جایگزین مناسبی برای مقاومتهای اتلافی می باشند.



شکل-۳ .تصویر یک مولد مارکس مرسوم

هرگاه خازن ها از طریق مقاومت شارژ شوند به همان میزانی که انرژی درون خازن انباشته می شود همان مقدار انرژی نیز بر روی مقاومت تلف می شود و این عامل باعث می شود تا راندمان در این روش به حداکثر ۵۰ درصد محدود شود یعنی منبع تغذیه باید ۲ برابر بیشتر از انرژی مورد نیاز توان تولید کند.

ایده استفاده از القاگر بجای مقاومت دو حسن را درپی دارد که عبارتند از:۱-حذف تلفات گرمائی مقاومت ها ۲- شارژ همزمان خازن ها. در این پروژه از سلف های 2mH با هسته هوایی به جای مقاومت استفاده شده است که هر دو ایراد فوق را برطرف می کند. (شکل ۴)

۳-۱- محاسبه انرژی الکتریکی

اگر بازده الکتریکی به نوری ۱۰ درصد در نظر گرفته شود. برای رسیدن به انرژی خروجی لیزر 5J لازم است انرژی الکتریکی ۵۰ ژول در نظر گرفته شود. این انرژی توسط سه خازن nf ۱۰۰ که در طبقات مارکس بانک قرار گرفته‌اند، تامین می‌شود. حال با توجه به اینکه حداکثر ولتاژ روی تیوب ۵۵ کیلو ولت است ولتاژ کاری هر یک از خازنهای C1 و C2 وC3 در مولد مارکس، ۱۸/۳ کیلو ولت است.

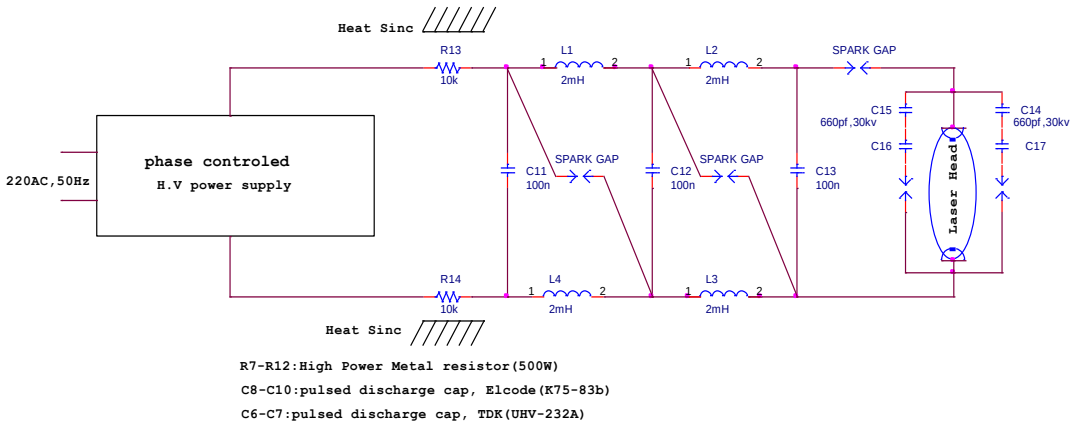
۳-۲- محاسبه انرژی پیش یونش

برای ایجاد شرایط پیش یونش در تیوب لیزر ، دو ردیف اسپارک پین در دو طرف الکترودهای لیزر چیده می شود. و هر جفت پین به یک خازن متصل است. معمولا انرژی خازنهای پیش یونش حدود ۰/۵ درصد کل انرژی خازنهای ذخیره کننده انرژی در نظر گرفته می شود. از اینرو با توجه به انرژی الکتریکی ۵۰ ژول درنظر گرفته شده، انرژی خازنهای پیش یونش ۲/۵ ژول بدست می آید. این انرژی در دو مسیر موازی پیش یونش که در دو طرف هد لیزر قرار دارند و هرکدام شامل ۲۴ جفت خازن به ظرفیت هر کدام pf ۶۶۰ و ولتاژ تحمل ۳۰ کیلو ولت است، تخلیه می‌شود.

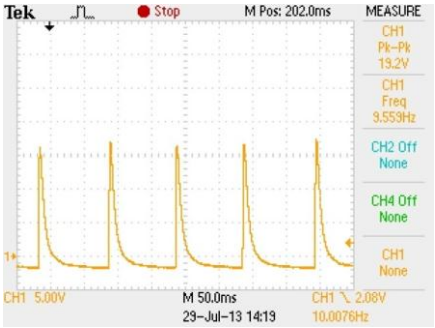
۳-۳- نتایج عملکرد لیزر

بمنظور محاسبه انرژی خروجی لیزر از یک ژول/ توان سنج مدل PM100D از شرکت THORLABS استفاده شد. البته بدلیل تاثیر نویز منبع تغذیه بر مانیتور ژولمتر، هد آن که دارای پاسخ فرکانسی V/J ۶/۸ است، مستقیما به اسیلوسکوپ وصل شد. سپس انرژی خروجی لیزر در فرکانس های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۵ تصویر مشاهده شده از عملکرد لیزر توسط اسیلوسکوپ که بیانگر انرژی ۲/۸ ژول در فرکانس ۹/۶ می باشد، نشان داده شده است. همچنین در شکل ۶ پالس خروجی لیزر با انرژی ۴/۱ ژول در فرکانس ۱ هرتز دیده می شود. پهنای زمانی پالس لیزر ۱۲۰ نانو ثانیه بود. که از یک فوتون دراگ به این منظور استفاده شده است (شکل (۷)). لازم به ذکر است به دلیل محدودیت ۱۵ واتی توان قابل اندازه گیری توسط ژولمتر، امکان اندازه گیری انرژی بیش از ۱/۵ ژول در فرکانس ۱۰ هرتز وجود نداشت. از اینرو حداکثر انرژی خروجی در فرکانس ۱ هرتز اندازه گیری شد که ۵/۱ ژول ثبت شد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]



شکل ۴- مولد مارکس اصلاح شده ی بکاررفته در لیزر



شکل ۵- تصویر مشاهده شده از عملکرد لیزر در فرکانس ۹/۶ هرتز با انرژی ۲/۸ ژول توسط اسیلوسکوپ

شکل ۶- تصویر مشاهده شده از عملکرد لیزر در فرکانس ۱ هرتز با انرژی ۴/۱ ژول توسط اسیلوسکوپ

شکل ۷- شکل پالس خروجی لیزر

پس از راه اندازی سیستم لیزر و بررسی عملکرد لیزر در فرکانس های متفاوت، تاثیر پالس لیزر برروی برخی مواد از قبیل کاغذ فکس، کارتن و چوب بررسی شد. در شکل زیر یکی از این نتایج با انرژی ۵.۱ ژول لیزر نشان داده شده است.

شکل ۸- تصویر تاثیر پالس لیزر روی کاغذ فکس (با سطح مقطع حدود ۳*۳ cm)

۳-۴- مراجع

[1] R. Dumanchin and J.Rooca-serra , Compte R Acad . Sci , Vol . 269 , 916 , 1969 .

[2] A.J. Beaulieu , J. Appl . Phys . lett , Vol . 16 , 504 , 1970 .

[۳] ترابی، رضا، ثقفی فر، حسین، سویزی، مهدی و محمدی، حمیدرضا، شبیه سازی لیزر CO_2 با برانگیزش الکتریکی عرضی در فشار اتمسفر، دومین همایش ملی مهندسی اپتیک و لیزر، ۱۳۹۰

سپاسگزاری

بر خود لازم می داریم از پژوهشکده ی اپتیک و لیزر دانشگاه صنعتی مالک اشتر که این پروژه در آنجا انجام شده است تشکر و قدردانی بعمل آوریم.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-01-31]