



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



طراحی و ساخت لیزر گاز کربنیک 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 پژا^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 الکتروود عرضی است و از دو الکتروود 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 کیلوولت 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 CO₂ Laser with pin array preionization

Reza torabi¹, Babak kazemi¹, kave silakhori², Alireza pej¹, Hossein Panahi & Morteza jafari¹

¹Malek-ashtar University of Technology

³ Atomic energy organization of Iran

Abstract- In this paper we describe our design and performance of a 5J TEA CO₂ 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 ($3 \times 3.2 \times 40 \text{ cm}^3$) 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 CO₂ Laser, preionization & active discharge volume.

۱- مقدمه

سیستم راه انداز لیزر یک مدار مارکس بانک سه طبقه است که از یک منبع تغذیه ی ۲۰ کیلوولتی بهره می گیرد. معمولاً 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 کننده ی گاز است. معمولاً برای خنک کردن جریان گاز از یک مبدل حرارتی که در مسیر چرخش گاز تعبیه می شود، استفاده می شود. 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 پی درپی، گازی که یک تخلیه الکتریکی را پشت سر گذاشته و در نتیجه گرم، یونیزه و تا اندازه ای 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.



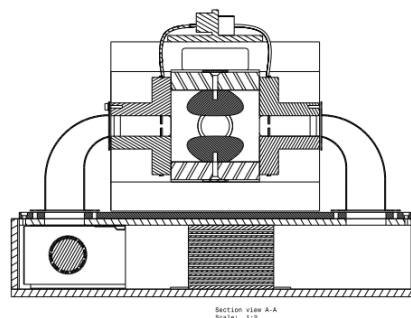
شکل ۲- تصویری از سیستم لیزر در محیط آزمایشگاه

در سیستم گازرسانی لیزر از سه سیلندر گاز CO_2 ، N_2 و He به ترتیب با گرید ۴، ۴ و ۵ استفاده می شود. که به فشارسنج هایی متصل هستند. خروجی هریک از سیلندرها ی گاز پس از عبور از یک جریان سنج، توسط اتصالات و شیلنگ های پنوماتیکی به یک مخلوط کننده ی لیزر متصل می شود. و با نسبت ۸:۱:۱ وارد محفظه ی لیزر می شوند. همچنین از یک شیر یکطرفه ی یک اتمسفری

لیزرهای $TEA CO_2$ در بسیاری از کاربردهای دفاعی، صنعتی از قبیل 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. [۱ و ۲]. 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 نازل های ورود و خروج گاز متصل هستند و در بالای الکترودها خازن های پیش یونش دیده می شود. در محفظه ی 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 الکترودها ساخته شده 9×40 میلیمتر است و پروفایل خم آن ارنست است و فاصله ی الکترودها از هم $3/2$ 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

شود. برای رسیدن به انرژی خروجی لیزر 5J لازم است انرژی الکتریکی ۵۰ ژول در نظر گرفته شود. این انرژی توسط سه خازن ۱۰۰ nf 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 و C3 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 می‌شود. و هر جفت پین به یک خازن متصل است. معمولاً انرژی خازنهای پیش یونش حدود ۰/۵ درصد کل انرژی خازنهای ذخیره کننده انرژی در نظر گرفته می‌شود. از اینرو با توجه به انرژی الکتریکی ۵۰ ژول در نظر گرفته شده، انرژی خازنهای پیش یونش ۲/۵ ژول بدست می‌آید. این انرژی در دو مسیر موازی پیش یونش که در دو طرف هد لیزر قرار دارند و هر کدام شامل ۲۴ جفت خازن به ظرفیت هر کدام ۶۶۰ pf و ولتاژ تحمل ۳۰ کیلو ولت است، تخلیه می‌شود.

۳-۳- نتایج عملکرد لیزر

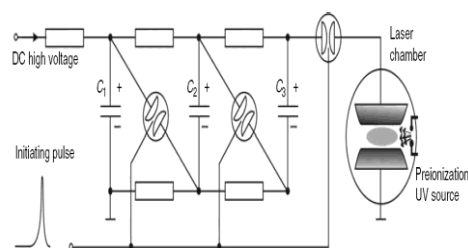
بمنظور محاسبه انرژی خروجی لیزر از یک ژول/ توان سنج مدل PM100D از شرکت THORLABS استفاده شد. البته بدلیل تاثیر نویز منبع تغذیه بر مانیتور ژولمتر، هد آن که دارای پاسخ فرکانسی ۶/۸ V/J است، مستقیماً به اسپیلوسکوپ وصل شد. سپس انرژی خروجی لیزر در فرکانس‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۵ تصویر مشاهده شده از عملکرد لیزر توسط اسپیلوسکوپ که بیانگر انرژی ۲/۸ ژول در فرکانس ۹/۶ می‌باشد، نشان داده شده است. همچنین در شکل ۶ پالس خروجی لیزر با انرژی ۴/۱ ژول در فرکانس ۱ هرتز دیده می‌شود. 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.

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 می‌شود و پس از روشن شدن، گف های جرقه با هم سری شده و در هد لیزر تخلیه می‌شوند. 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 بر این 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 می‌باشند.



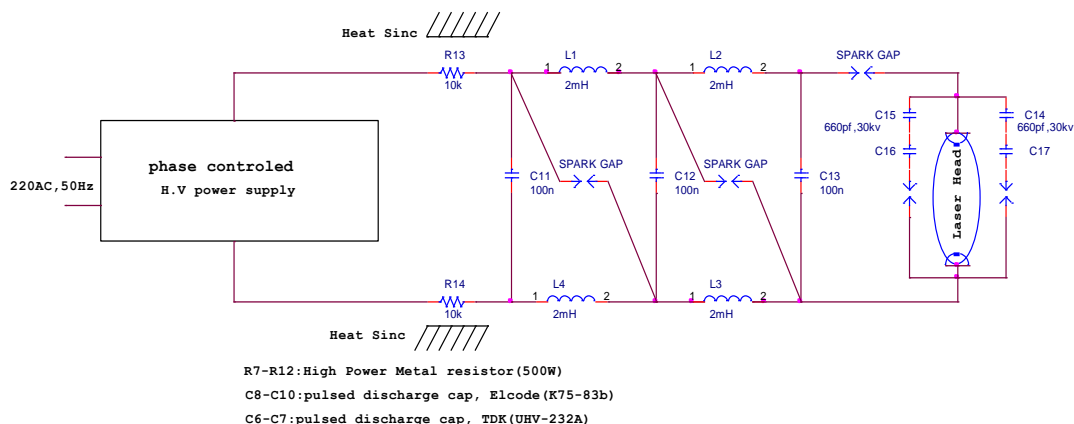
شکل-۳. تصویر یک مولد مارکس مرسوم

هرگاه خازن‌ها از طریق مقاومت شارژ شوند به همان میزانی که انرژی درون خازن انباشته می‌شود همان مقدار انرژی نیز بر روی مقاومت تلف می‌شود و این عامل باعث می‌شود 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 در پی دارد که عبارتند از: ۱- حذف تلفات گرمائی مقاومت ها ۲- شارژ همزمان خازن‌ها. در این پروژه از سلف های 2mH با هسته هوایی به جای مقاومت استفاده شده است که هر دو ایراد فوق را برطرف می‌کند. (شکل ۴)

۳-۱- محاسبه انرژی الکتریکی

اگر بازده الکتریکی به نوری ۱۰ درصد در نظر گرفته



شکل ۴- مولد مارکس اصلاح شده ی بکاررفته در لیزر

پس از راه اندازی سیستم لیزر و بررسی عملکرد لیزر در فرکانس های متفاوت، تاثیر پالس لیزر بروی 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)

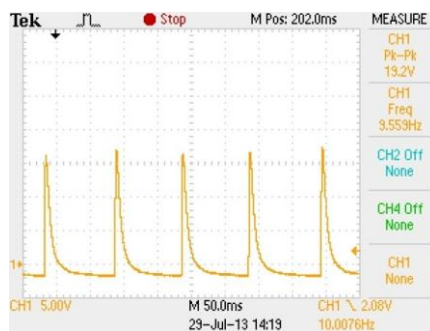
۴-۳- مراجع

- [1] R. Dumanchin and J. Rooca-serra, Comptes Rendus 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 CO₂ با برانگیزش الکتریکی عرضی در فشار اتمسفر، دومین همایش ملی مهندسی اپتیک و لیزر، ۱۳۹۰.

سپاسگزاری

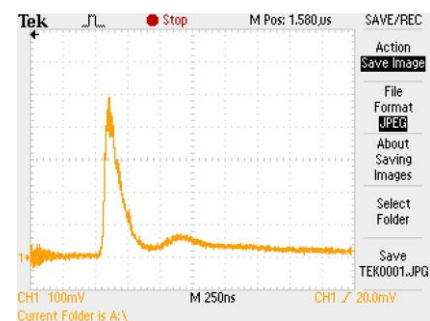
بر خود لازم می داریم از پژوهشگده ی اپتیک و لیزر دانشگاه صنعتی مالک اشتر که این پروژه در آنجا انجام شده است تشکر و قدردانی بعمل آوریم.



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