

عباس بهجت، فریدون سلطانمرادی، سعید امین نعیمی، کاظم عتیقه چی

مرکز تحقیقات هسته‌ای

سازمان انرژی اتمی ایران

چکیده: طرح و ساخت لیزر گاز کربنیک پر قدرت با پرتو مداوم در این مقاله ارائه می‌شود. لیزر گاز کربنیک می‌تواند به صورت تپه‌ای (پالسی) و مداوم با تخلیه عرضی و طولی عمل کند. لیزر مورد بحث از نوع لیزرهای گاز کربنیک با تخلیه طولی و با پرتو مداوم است و این اولین لیزر ساخته شده با ابعاد بزرگ در ایران است. در این طرح سه الکترود بر روی محفظه دو جداره ۳۷۵ سانتیمتری لوله لیزر نصب شده است، بطوری که طول لیزر را به دو قسمت مساوی تقسیم مینماید. سیستم در فشار ۱۷/۵ میلی بار و ولتاژ ۱۸/۵ کیلوولت بهینه شده است. در این شرایط شدت جریان ۶۴ میلی آمپر است. توان خروجی لیزر در شرایط بهینه شده ۱۱۵ وات اندازه گیری شده است. این توان عملاً "اثرات حرارتی خود را بر روی نمونه‌هایی نظیر آجرو چوب نشان داده است. در تمام مراحل آزمایش به علت زیاد بودن قدرت خروجی برای تعیین بهترین شرایط کاری لیزر از پرتوهای بازتابیده از روی کریستال ZnSe استفاده شده است.

مقدمه

لیزر گاز کربنیک هنگامی کشف شد که پژوهش بر روی لیزر جدیدی از نوع یونی و مولکولی در جریان بود. این پژوهش‌ها اطلاعات جدید در مورد لیزر گاز کربنیک با خروجی نسبتاً کم بدست داد. البته در ابتدا دلیلی وجود نداشت که در میان صدها لیزر دیگر این لیزر را استثنائی و منحصر به فرد به حساب آورند. ولی بعدها تحولاتی در ساخت لیزرهای گاز کربنیک با شیوه‌های مختلف شامل افزودن گاز N_2 ، اضافه نمودن هلیوم به مخلوط گازی به منظور افزایش توان خروجی و بازده و خنک کردن محیط تخلیه توسط هوای فشرده یا آب بوجود آمد. این عوامل در افزایش قدرت خروجی و بازدهی لیزر گاز کربنیک اثرات قابل ملاحظه‌ای برجای گذاشت.

بطوریکه پاتل و همکارانش با بکارگیری این عوامل یعنی با استفاده از مخلوط گازی He و N_2 در محفظه‌ای به قطر داخلی

اولین گزارش از عملکرد لیزر گاز کربنیک (CO_2) با پرتو مداوم در محدوده طول موجهای ۹/۴ میکرون تا ۱۰/۴ میکرون در سال ۱۹۶۴ توسط پاتل (Patel) ارائه شد (۱). گزارش‌های بعدی، جزئیات لیزرهای گاز کربنیک و قدرتهای بدست آمده از آنها را عرضه داشت. در این لیزرها آئینه‌های سیلیکان با پوشش آلومینیوم به کار می‌رفت و پرتو لیزر از سطح بدون پوشش آلومینیوم به قطر حدود یک میلی‌متر که در مرکز آئینه سیلیکان وجود داشت خارج می‌شد. قدرت متوسطی که از این لیزرها بدست می‌آمد حدود یک میلی وات بود و وقتی لیزر به صورت تپه‌ای (پالسی) کار می‌کرد این قدرت کمی افزایش می‌یافت. بطور همزمان، مشاهدات مشابهی نیز توسط گروهی از پژوهشگران فرانسوی که عمدتاً "بر روی بیناب مولکولی پژوهش میکردند گزارش گردید (۲-۴).

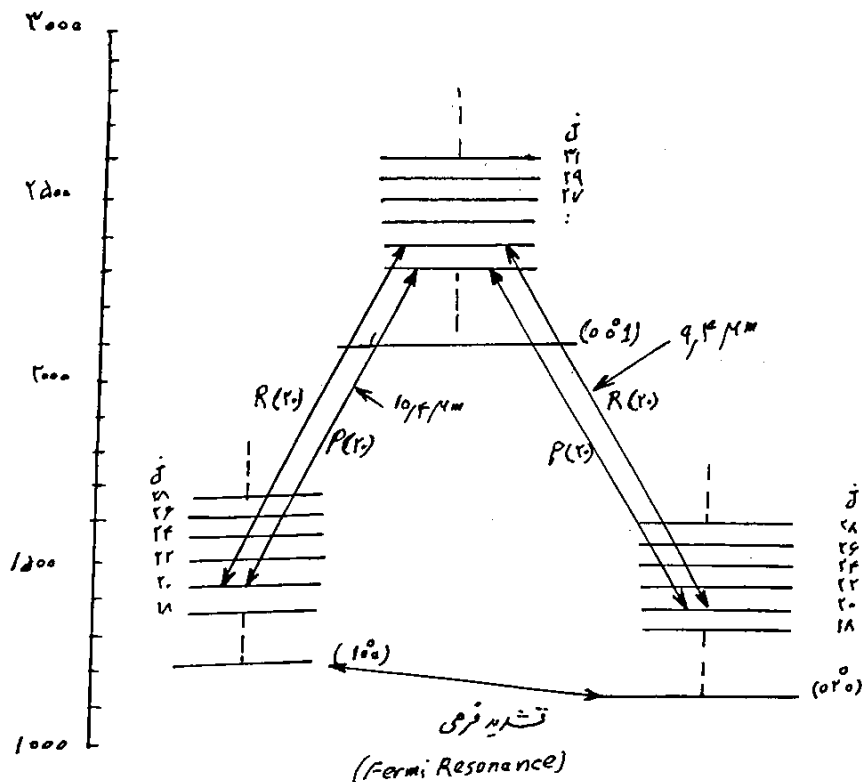
با استفاده از تسریع جریان گاز و سرد کردن آن دریچه‌ای بر کاربردهای لیزری در مقیاس‌های وسیع نظیر، برش، جوشکاری، سخت کردن سطوح فلزات، سوراخکاری تونل زدن و غیره بازنمود (۹-۱۱).

ترازهای انرژی مولکول CO_2 و گذارهای لیزری

مولکول CO_2 یک مولکول سه‌اتمی خطی است و بیناب آن در ناحیه فرو سرخ تقریباً "شناخته شده است". ترازهای ارتعاشی مربوط به مولکول در ناحیه فرو سرخ شامل سه مد اساسی ν_1, ν_2, ν_3 می‌باشند (۸-۱۲). در شکل ۱ ترازهای ارتعاشی مولکول CO_2 نشان داده شده است. بین ترازهای ارتعاشی ترازهای گردشی بسیاری وجود دارند که در شکل نشان داده شده‌اند. معمول‌ترین گذار لیزری بین ترازهای (۱۰۰) $\rightarrow$ (۰۰۱) و (۰۲۰) $\rightarrow$ (۰۰۱) به ترتیب در نواری به طول موجهای ۱۰/۶ میکرون و ۹/۶ میکرون انجام می‌گیرد. گذارها عمدتاً "در اطراف خطوط (۱۸) P و (۲۰) P و (۲۲) P نزدیک طول موج ۱۰/۶ میکرون انجام می‌گیرد و از اینرولیزر گاز کربنیک را با طول موج ۱۰/۶ میکرون می‌شناسند.

۷/۷ cm و بطول ۲۳۰ cm و خنک کن آبی و شار کنند گاز (۶ لیتر بر ثانیه) توانستند قدرت متوسطی حدود ۱۰۶ وات با بازدهی ۶/۲ درصد بدست آورند. قطر پرتو این لیزر ۱/۵ سانتیمتر بود (۵). بازدهی بالای این لیزر در مقایسه با سایر لیزرها، این لیزر را از اهمیت ویژه‌ای برخوردار کرد. در بسیاری از کاربردهای لیزر، لیزرهایی با طول عمر زیاد مورد نیاز است. "رایترمن" در مقاله‌ای خروجی ۶۴ وات بر متر و عمری حدود ۱۰۰۰ ساعت را که از محفظه‌ای از جنس کوارتز و با استفاده از الکترودهای پلوتونیم بود ارائه داد (۶) با توجه به نتایجی که از لیزرهای محفظه‌ای بسته (Sealed-off) و با شار کنند گاز (حدود ۶ لیتر بر ثانیه) بدست آمد برخی از پژوهشگران در مورد لیزر انیدرید کربنیک بر این عقیده بودند که ۱۰۰ وات خروجی برای هر متر طول تخلیه (یا تقریباً $\frac{1}{4}$ وات بر سانتیمتر مکعب) بیشترین خروجی ممکن برای لیزرهای انیدرید کربنیک با پرتو مداوم است که با تخلیه الکتریکی تحریک می‌شود (۷).

لازم به توضیح است که در لیزرهای مخلوط گازی سرد نیاز است و این ضرورت توسط چند تن از محققین در مقاله‌های مختلف اشاره شده است (۷-۸). دسترسی به توانهای چندین کیلووات با پرتو مداوم، در اندازه‌های مناسب و معقول



شکل ۱- ترازهای لیزر برای باندهای (۰۰۱، ۰۲۰، ۰۲۰، ۰۲۰، ۰۲۰، ۰۲۰) - باندهای جریخی

امكانات مورد نیاز بمنظور ساخت لیزر گاز کربنیک اساساً شامل داشتن پمپ های خلا قوی، داشتن لوازم اپتیکی مناسب و دقیق، داشتن گازهای خالص و شیرهای سوزنی بمنظور تهیه مخلوط گازی و منبع تغذیه مناسب میباشد. با وجود پمپ های قوی و متعددی توان اثر تغییر فشار گاز را در میزان خروجی لیزر مشاهده کرد و مناسب ترین پمپ را برای بهترین خروجی انتخاب نمود. علاوه بر این با توجه به اینکه یکی از عوامل موثر در قدرت خروجی لیزر افزایش فشار سیستم است، کمک منابع تغذیه بزرگتر، سیستم می تواند تحت فشارهای بالاتری عمل نماید. از عوامل تقویت کننده عمل لیزر در داخل سیستم آئینه ها هستند بشرط آنکه مناسب اختیار شوند. به عنوان مثال ضریب عبور آئینه جلویی با توجه به شرایط ساختمانی لیزر می باید اختیار شود. منحنی تجربی شکل ۷ تغییرات درصد انعکاس را بر حسب I_r/d نشان می دهد که L طول محفظه لیزر و d قطر داخلی آن می باشد (۸). برای لیزر ساخته شده I_r/d حدود ۲۰۰ می باشد که لازم است آئینه خروجی با ضریب عبور ۵۸٪ انتخاب شود. همانطور که اشاره شد برای تحریک

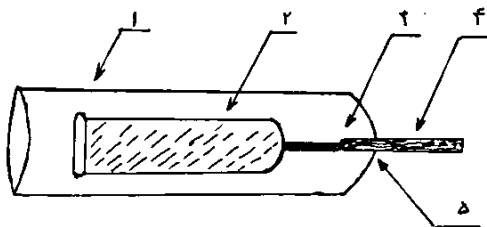
خروجی این لیزر توسط کالریمتر بطور غیر مستقیم اندازه گیری گردید. برای این منظور از یک بلور ZnSe به ضخامت ۰/۳ سانتیمتر و طول و عرض ۳ سانتیمتر استفاده شد، این کریستال برای طول موج مادون قرمز ۱۰/۶ میکرون وقتی که بطور عمود بر محور سیستم قرار گیرد تقریباً شفاف است. نتایج حاصله در فشار و جریان های مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. بهترین توان خروجی در فشار ۱۷/۵ میلی بار و جریان الکتریکی ۶۴ میلی آمپر برابر با ۱۱۵ وات حاصل شده است.

اصولاً بازدهی لیزرها بسیار کم است. از میان انواع لیزرها لیزر گاز کربنیک دارای بازدهی نسبتاً بالاتری است. با توجه به جریان و ولتاژ کاری ذکر شده، بازدهی این لیزر حدود ۱۰٪ بدست می آید که ایده آل نیست و افزایش بازدهی مستلزم استفاده از امکانات وسیع تری می باشد. همچنین لازم به توضیح است که برای محاسبه راندمان لیزر بطور خیلی دقیق، عوامل متعددی از جمله درصد توان انعکاس آئینه های انتهائی و خروجی دخالت دارند که در این جا از آن صرف نظر شده است.

جدول ۱- تغییر در پارامترهای کاری لیزر گاز کربنیک و اندازه گیری آنها

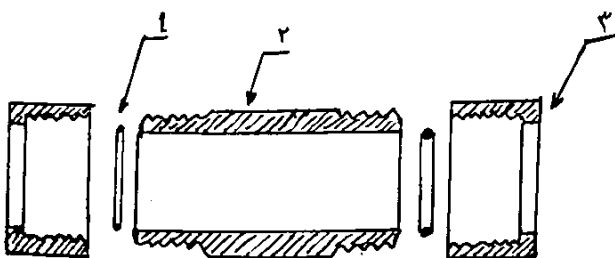
توان W (watt)	جریان در حین عمل I (ma)	ولتاژ تحریک V (KV)	فشار محفظه P (mbar)	شماره ردیف
۲۵	۶۲	۱۸	۱۶	۱
۱۷	۵۸	۱۸	۱۶	۲
۳۴	۶۴	۱۸/۵	۱۷/۵	۳
۱۷	۶۱	۱۹	۱۷	۴
۱۶/۵	۵۹	۱۹	۱۷	۵
۱۹	۶۰	۱۹	۱۸	۶
۱۵	۶۲	۱۹	۱۸	۷
۲۲	۶۲	۱۹	۱۹	۸
۱۲/۵	۶۳	۱۹	۱۹	۹
۱۳	۶۵	۱۹	۱۹	۱۰

پس از ایجاد خلاء مناسب با پمپ مکانیکی، مخلوط گازی با استفاده از سه عدد شیر سوزنی با فشار مناسب وارد محفظه می گردد و سپس ولتاژ الکتریکی جهت تحریک و نهایتاً تخلیه الکتریکی گاز داخل محفظه، به سیستم متصل می شود. به منظور سهولت امر ارتباط فشار محفظه را به حدود ۶ میلیمتر جیوه و پس از شکستن گاز با فشار مخلوط گازی را به حدود ۱۳ میلیمتر جیوه میرسانیم و جریان و ولتاژ مناسب را بدست می آوریم. در مدار الکتریکی ۴ عدد مقاومت ۱۰۰ کیلو اهمی قرار داده شده است که دو بد و با هم سری شده و در مدار قرار می گیرند. این مقاومت ها به شکل رثوستا بوده و قابل تنظیم اند که عمل ثابت نگهداشتن جریان و پایداری نگهداشتن تخلیه را به عهده دارند.



(شکل - ۴)

- ۱- لوله پیرکس
- ۲- الکتروود معمولی
- ۳- محل اتصال تنگستن به الکتروود
- ۴- میله تنگستن
- ۵- محل جوش شیشه به تنگستن

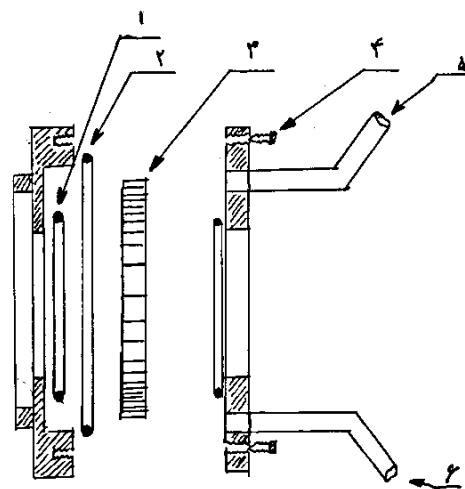


(شکل - ۶)

- ۱- اورینگ
- ۲- لوله برنجی
- ۳- محل عبور لوله میانی لیزر

چنانچه قبلاً ذکر شد لیزر ساخته شده به طور مداوم کار می کند و از نوع gas flow است. فشار داخل محفظه لیزرهای از این نوع از ۱۵ تا ۱۰۰ میلی بار متغیر است و می توان بر حسب مشخصات لیزر بهترین حالت فشار و ولتاژ و جریان را بدست آورد. برای داشتن حداقل نشت در داخل محفظه باید محل اتصال الکتروود ها به شیشه بخوبی جوش داده شود و این اتصال تکنیک جوش شیشه به فلز را به همراه دارد. در اینجا قطعه ای تنگستن به طول سه سانتی متر به الکتروود ها جوش داده شده و سپس با کاتالیزورهای مناسب شیشه به تنگستن جوش داده شده است شکل ۴. چون لازمست آئینه های لیزر در چین کار تنظیم گردند، لذا از تنظیم کننده های دقیق استفاده شده است. با توجه به جذب پرتو لیزر توسط آئینه های تنظیم کننده و گرم شدن آنها، این آئینه ها نیز یکمک جریان آب خنک می شوند شکل ۵.

در این لیزر، نسبت گازهای دی اکسید کربن، ازت و هلیوم در محفظه به ترتیب برابر با (۱ ، ۱ و ۳) است که نسبت های متداولی در لیزرهای جریانانی طولی است. در نوع تخلیه عرضی نسبت های متداول برابر با (۱ و $\frac{1}{4}$ و ۸) می باشد.

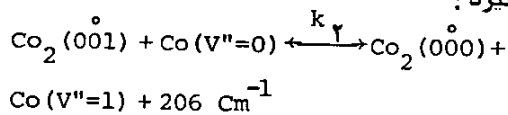


(شکل - ۵)

- ۱ و ۲- اورینگ
- ۳- آئینه ژرمانیوم
- ۴- پیچ های تنظیم
- ۵- خروج آب
- ۶- ورود آب

چگونگی تحریک مولکول Co_2

از احتمال تحریک ترازهای پائین تراست. سطح مقطع برای تحریک مستقیم (بکمک الکترونها) مولکول Co_2 و انتقال آن به تراز $(0^{\circ}1)$ Co_2 برابر با $1.5 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$ است. بازگشت مولکولهای $(0^{\circ}1)$ Co_2 به حالت پایه $(0^{\circ}0)$ Co_2 توسط برخورد با $\text{Co}(V''=0)$ با آهنگ $k_2 = 0.8 \times 10^{-4} / \text{torr-sec}$ و به کمک رابطه زیر صورت می گیرد:



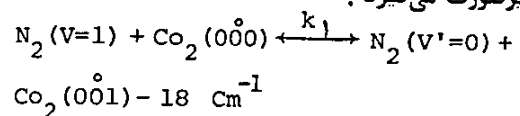
چنین مراحل در لیزرهای محفظه بسته Co_2 قابل توجه است زیرا تجزیه Co_2 به اکسیژن و Co سبب کاهش انبوهی وارونی و نهایتاً "کاهش خروجی لیزر خواهد شد".

همچنین واهلش (relaxation) تراز زیرین لیزری $(0^{\circ}0)$ و $(1^{\circ}0)$ با افزودن مقداری He به مخلوط گاز صورت می گیرد. این امر موجب افزایش قدرت خروجی لیزر می گردد. در واقع افزودن هلیوم باعث خالی شدن سریع ترازهای پائینی لیزر می شود در حالی که انبوهی تراز بالائی $(0^{\circ}1)$ مشخصاً "تغییر نمی کند" (۱۲).

عامل مهم برای ایجاد الکترونها مسبب انبوهی در ترازهای Co_2 و N_2 در تخلیه الکتریکی، نسبت میدان الکتریکی (E) به تعداد کل مولکولهای موجود (N) در محفظه لیزر می باشد. محاسباتی در رابطه با انرژی متوسط الکترون در مخلوط Co_2 و N_2 انجام شده است که طی آن کسری از انرژی تخلیه که به ترازهای Co_2 و N_2 منتقل می شود به صورت تابعی از E/N بدست آمده است. این محاسبات پیوسته تکرار شده و با استفاده از کدهای کامپیوتری بطور کامل تری ارائه شده اند (۱۳). انرژی متوسط الکترون بطور یکنواخت با افزایش مقدار E/N از 10^6 V-cm^2 تا $1.5 \times 10^7 \text{ V-cm}^2$ حدود 3 eV در مخلوط گازهای لیزری (He و N_2 و Co_2) افزایش می یابد. سطح مقطع تحریک $(V''=1)$ N_2 و ترازهای مختلف Co_2 نیز تابعی از انرژی متوسط الکترون می باشد. بطور کلی این محاسبات نشان می دهد که جهت تحریک ارتعاشی تراز $(0^{\circ}1)$ مولکول Co_2 لازم است $E/N \approx 2 \times 10^{-16} \text{ V-cm}^2$ باشد (۸).

اصولاً مولکول Co_2 در مخلوط $(\text{Co}_2 - \text{N}_2)$ بدو طریق تحریک می شود: یکی از طریق برخوردهای غیرالاستیک توسط الکترونها و دیگری توسط انتقال انرژی از مولکولهای N_2 که از طریق ارتعاشی تحریک گردیده اند (۸).

از آنجائیکه مولکول ازت یک مولکول دو اتمی با هسته های مشابه است، دوقطبی الکتریکی دائمی ندارد و در نتیجه گذارهای بین ترازهای ارتعاشی آن طبق قانون گزینش ممنوع است. این امر نهایتاً "موجب تجمع انبوهی هایی در ترازهای ارتعاشی حالت پایه الکترونی N_2 هنگام تحریک مولکول N_2 خواهد شد. اولین تراز ارتعاشی مربوط به N_2 ($V=1$) تقریباً "با تراز $(0^{\circ}1)$ مولکول Co_2 منطبق است، بدین ترتیب انرژی می تواند بین ترازهای $(V''=1)$ مربوط به N_2 و $(0^{\circ}1)$ مربوط به Co_2 به میزان خیلی زیاد در اثر برخورد مولکولهای N_2 با Co_2 تبادل شود. این تبادل طبق رابطه زیر صورت می گیرد:



آهنگ این تبادل انرژی برابر با $k_1 = 1/9 \times 10^4 / \text{torr sec}$ در 300 OK است. اختلاف انرژی (18 cm^{-1}) خیلی کوچکتر از انرژی حرارتی مولکولها در هنگام تخلیه است، ($\Delta E \approx 208 \text{ cm}^{-1}$) و لذا تبادل فوق به آسانی انجام پذیر است (۸).

برهمکنش تشدیدی (resonant interaction) $\text{N}_2(V''=1)$ با مولکول Co_2 عامل مهمی جهت تحریک و دمش (Pumping) لیزر Co_2 حتی در فشارهای بالایی باشد (۴). ترازهای کم انرژی ارتعاشی متعلق به Co_2 و N_2 میتواند توسط برخورد غیرالاستیک با الکترونها یا کم انرژی $(< 5 \text{ eV})$ تحریک شوند. الکترونهای با انرژی حدود $4 - 1/5 \text{ eV}$ مناسبترین وسیله جهت تحریک مولکول N_2 و انتقال آن به تراز $V=1$ می باشند و سطح مقطع برخورد $1.5 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$ می باشد. تحریک و انتقال N_2 به ترازهای $n = 2, 3, \dots$ نیز بوسیله الکترونها یا کم انرژی و با سطح مقطع کمتر حاصل می شود. در مولکول Co_2 احتمال تحریک تراز بالا تر لیزری کاملاً بیشتر

سیستم اپتیکی این لیزر از دو آئینه که در دو انتهای کاواک قرار گرفته تشکیل یافته است. آئینه‌های لیزر از عوامل مهم در افزایش توان خروجی لیزر هستند و لذا لازم است طوری انتخاب شوند تا محفظه در حالت پایدار فعالیت کند (۱۶). یک آئینه تخت نیم شفاف ژرمانیم با توان عبور ۴۰٪ بعنوان آئینه جلویی لیزر مورد استفاده قرار گرفته است و یک آئینه طلا با قدرت انعکاس ۹۹/۹٪ آئینه جلویی لیزر را تشکیل می‌دهد. قطر این آئینه ۲/۵ سانتیمتر و ضخامت آن ۵ میلیمتر و شعاع انحنا آن ۱۰ متر است.

با توجه به شرط پایداری کاواک لیزر $0 \leq g_1 g_2 \leq 1$ که $g_i = 1 - L_i/R_i$ است ($i = 1, 2$)، L_i طول کاواک لیزر و R_i شعاع انحنا هریک از آئینه‌ها است. هرگاه یکی از آئینه‌ها تخت باشد ($R_1 = \infty$)، ضروری است شعاع دیگری بزرگتر از طول لیزر باشد ($R_2 > L$) تا محفظه به حالت پایدار باقی بماند. در این طرح علاوه بر آئینه طلای فوق‌الذکر از آئینه مولیبدن تخت نیز استفاده شده که در این حالت قدرت اپتیکی لیزر کاهش یافت و باریکه خروجی نقاط تاریک و روشن بسیاری مشاهده گردید.

از عواملی که در افزایش قدرت لیزرها موثر است افزایش چگالی ماده فعال آنهاست. برای این منظور می‌توان از روشهای مختلفی از قبیل بالا بردن فشار محفظه لیزر یا افزایش حجم محفظه لیزر استفاده نمود. هر کدام از این روشها ویژگیهای مخصوص به خود را به همراه دارد، در لیزر هائیکه با تخلیه طولی کار می‌کنند طول محفظه را متناسب با قطر داخلی افزایش می‌دهند که در ساخت لیزر مورد بحث این کار صورت گرفته است (۳). این لیزر که با تخلیه طولی کار می‌کند دارای طول کلی ۳۷۵ و طول موثر ۳۶۰ سانتیمتر است (در تخلیه طولی جریان الکتریکی منطبق بر محور اپتیکی سیستم است). محفظه لیزر از جنس شیشه و از جنس پیرکس و بطور دو جداره ساخته شده است که در شکل ۲ نشان داده شده است که با عبور آب از بین جداره محفظه لیزر از گرم شدن پلاسما ی داخل محفظه جلوگیری می‌شود. سه محفظه ۱۲۰ سانتیمتری بطور هم محور در امتداد هم قرار می‌گیرند و مجاری عبور آب و گاز بکمک نصب سرشیلنگی های شیشه‌ای تعبیه می‌شوند شکل ۳. طبق شکل ۴، برای هم محور قرار دادن محفظه‌های ۱۲۰ سانتیمتری لیزر، از اتصالات برنجی مخصوصی استفاده شده است تا ضمن اینکه محورها داخلی محفظه‌ها را کاملاً "روبروی هم قرار می‌دهد خلا محفظه را بخوبی حفظ نماید (۱۵-۱۴).

بعضی از مشخصات لیزر ساخته شده

طول کل کاواک لیزر برابر ۳۷۵ سانتیمتر

طول قطعه A برابر ۱۷۴/۵ سانتیمتر

طول قطعه B برابر ۱۷۵/۵ سانتیمتر

طول هریک از سه قطعه لیزر

قطعه (۱) برابر ۱۲۷ سانتیمتر

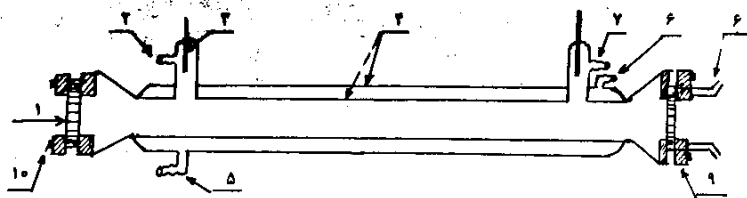
قطعه (۲) برابر ۱۱۶ سانتیمتر

قطعه (۳) برابر ۱۲۲ سانتیمتر

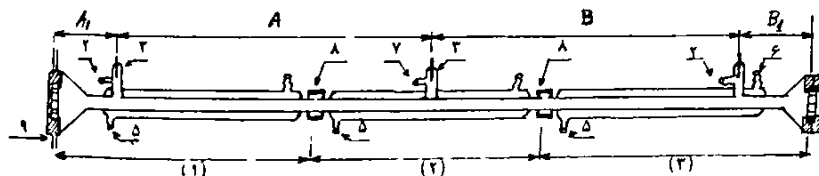
فاصله الکترودهای کناری از لبه آئینه:

طول A_1 برابر ۱۲/۵ سانتیمتر

طول B_1 برابر ۱۰/۵ سانتیمتر



(شکل ۲)



(شکل ۳)

- ۱- آئینه طلا ۱۰۰
- ۲- ورودی گاز
- ۳- الکترودهای ولتاژ بالا
- ۴- لوله پیرکس
- ۵- ورودی آب
- ۶- خروجی آب
- ۷- خروجی گاز
- ۸- اتصالات برنجی
- ۹- نگهدارنده آئینه
- ۱۰- پیچ های تنظیم

$$E/N = \frac{100}{470/3} \times 10^{-15} \approx 0.2 \times 10^{-15} \text{ V-Cm}^2$$

خواهد بود.

این مقدار E/N بدست آمده در نزدیکی محدوده تعیین شده از نظریه است ولیکن شرایط ایده آل نیست و بیانگر این حقیقت است که باید بر روی پارامترهای لیزر دقت بیشتری بشود.

ساخت مجموعه ای از نوسانگرها و تقویت کننده ها با تاخیرهای متفاوت و روش همزمان کردن این مجموعه ، کاربردهای مهم و متعددی در علوم و تکنولوژی مدرن دارند که این عمل منحصر " باتجارب و آزمایشهای پی گیر ممکن می باشد.

مولکولهای دی اکسید کربن در مخلوط گازی لیزر لازم است مقدار E/N در محدوده 10^{-16} - 10^{-15} V-Cm² باشد. مقدار E/N با در نظر گرفتن فشار تقریبی محفظه (۱۷/۵ میلی بار)

$$E = V/D = \frac{18000}{180} \approx 100 \text{ V/Cm}$$

و تعداد مولکولها در یک سانتیمتر مکعب در فشار ۱۳/۳ میلیمتر جیوه (N)

$$N = \frac{6/02 \times 10^{23} \times 13/3}{22/4 \times 760 \times 1000} \times 10^{-15} \approx 470/3 \times 10^{-15} \text{ Cm}^{-3}$$

برابر

References

- 1) C.K.N. Patel " Continous-wave laser action on vibrational and rotational transitions of CO₂ ".
- 2) N. Legay . Sommaire and L. Henry, and F. Legay " Realisation d'un laser utilisant l'energie de vibration des gaz excites par l'azote active (CO, CO₂, et N₂O) " C.R. Acad. sci. Vol. 260 pp. 3339-3342 March 22nd 1965.
- 3) P. Barchewiz et al " Emission infrarouge de CO et CO₂ et laser continueus a CO₂ par action on direct d'une excitation haute frequence, C.R. Acad. Sci. Vol. 260 pp.3581-3582 March 29, 1965.
- 4) P. Barchewitz, L. Dorbec, A. Truffert and P. Vautier " Emission laser continue par excitation haute frequence directe de CO₂ et N₂O dans les transitions vibration nelles (001-100) et (001-020) C.R. Acad. Sci. Vol.260 pp.5491-5493 May 24, 1965.
- 5) C.K.N. Patel, P.K. Tien and J.H.McFee " CW High-Power CO₂-N₂-He laser" Appl. Phys. Lett. Vol.7 pp.290-292 December 1965.
- 6) A.J. Demaria " Review of C.W. High-Power CO₂ lasers, Proceeding of the IEEE; Vol.61.6 june 1973.
- 7) W.J. Witterman " High-output and long life-time of sealed-off CO₂ laser " Appl. Phys. Lett. Vol.11, 337-338

- 8) W.W. Duley " CO₂ lasers 1976 ".
- 9) J.F. Ready " Industrial Application of Laser 1981 ".
- 10) J. Megaw and I. Spalding " High-Power continuous lasers and their applications, Physics in Technology, P.187 Sept 1978.
- 11) S.S. Charschan " Laser in Industry " 1972.
- ۱۲) عباس بهجت " طرح و ساخت لیزر گاز کربنیک پر قدرت " رساله فوق لیسانس، گروه فیزیک دانشگاه تهران، ۱۳۶۳
- ۱۳) دکتر سیاوش مشفق همدانی و همکاران " مقایسه مشخصات یک لیزر گاز کربنیک با نتایج بدست آمده از مدل تئوری..."
نشریه علمی سازمان انرژی اتمی، ۱۳۶۳/۴
- ۱۴) دکتر سیاوش مشفق همدانی " طرح، ساختمان و طرز کار یک لیزر گاز کربنیک با قدرت ۶ وات " نشریه شماره ۶۴
سازمان انرژی اتمی ۱۳۵۶
- 15) T.G. Rober, Co-workers " High-Power N₂-CO₂-He laser development " IEEE Journal of quantum electronics Vol. QE-3 No.11
November 1977.
- 16) Coherent Inc " Lasers, operation, equipment, application and design 1977

DESIGN AND CONSTRUCTION OF HIGH POWER CW CO₂ LASERS

A. Behgat, F. Soltanmoradi, S.A. Naimi and K. Atighechi

*Nuclear Research Center, Atomic Energy Organization of
Iran, P.O.Box 11365-8485, Tehran - Iran*

Abstract- Design, construction and performance of a " CW CO₂ Laser " is reported. In general, CO₂ Laser systems can operate in continuous and pulse forms. In this report, operation of CW CO₂ Laser utilizing longitudinal electric discharge is demonstrated. In this design, three electrodes are located along 375 cm discharge tube and spaced 120 cm. The optimum operational conditions are 17.5 milli bar gas pressure, 18.5 BV input voltage, and 64 mA current. The measured spot size is nearly 1 cm², and maximum peak power is about 115 watts. This is the highest output power of CW CO₂ Laser which has been obtained in this group.