

بررسی پارامترهای موثر بر توان خروجی لیزر برمیدمس

بهروزی نیا، سعید^۱؛ نامدار، عبدالرحمان^۲؛ زند، منصور^۱؛ برری، رسول^۲

^۱سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشکده لیزر، انتهای خیابان کارگر شمالی، تهران

^۲ دانشگاه تربیت معلم آذربایجان، آذرشهر

چکیده

در این تحقیق ضمن ساخت یک لیزر هالیدمس از نوع برمید مس، تاثیر پارامترهای دمای مخزن، فشار گاز کمکی، توان الکتریکی ورودی و فرکانس کاری بر روی توان خروجی لیزر مورد بررسی قرار گرفته است. شرایط بهینه برای عملکرد لیزر فوق از طریق آزمایش‌های تجربی تعیین گردیده‌اند که عبارتند از دمای مخزن 490°C ، فشار گاز کمکی 50 torr ، توان الکتریکی ورودی 600 watt و فرکانس 23 kHz . از این لیزر حداکثر توان خروجی 4 watt حاصل گردید.

Investigation of the effective parameters on output power of CuBr Laser

Behrouzinia, Saeid¹; Namdar, Abdolrahman²; Zand, Mansour¹; Barry, Rasoul²

¹Laser Department, Atomic Energy Organization of Iran, Tehran,

²Tarbiat-moallem of Azarbaijan University, Azarshahr

Abstract

In this work a copper bromide laser was constructed and the effect of different operational parameters such as reservoir temperature, buffer gas pressure, electrical input power, and frequency on the output power have been investigated. The optimize value of these parameters were determined by experimental data such that; 490°C of reservoir temperature, 50 torr of buffer gas pressure, 600 watt of electrical input power, and 23 kHz of frequency. The maximum output power of 4 watt has been achieved.

PACS No.4260

شده، بیانگر این مطلب است که بهره در لیزرهای بخار فلزات می‌تواند تا حدود 10% برسد [۲].

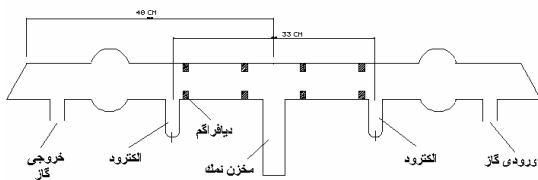
یکی از مشکلات و پیچیدگی‌های کار با لیزرهای بخار فلزات، کمبود تعداد روش‌های مناسب برای ایجاد چگالی بالای بخار فلز در داخل محیط فعال

است. در واقع در شرایط معمولی اکثر فلزات دارای فشار بخار کمی هستند. یکی از روش‌های متداول تولید بخار فلز، گرم کردن مستقیم آن است. این در حالی است که رسیدن به مقادیر فشار بخار

مقدمه

لیزرهای بخار فلزات بویژه لیزر بخار مس جزو مهم‌ترین رده لیزرهای گازی محسوب می‌شوند که دارای کاربردهای زیادی در زمینه پزشکی، طیف نگاری، هولوگرافی، دمش اپتیکی لیزرهای رنگ، برش فلزات و مخابرات زیر دریایی و ... هستند [۱]. این نوع لیزرها قابلیت رسیدن به توان و بهره بالا را در محدوده طول موج مادون قرمز، مرئی و ماوراء بنفش دارند؛ در واقع محاسبات انجام

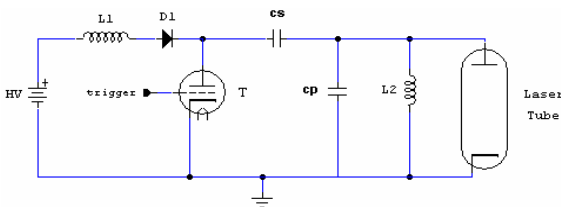
آن یعنی فاصله بین دو الکتروود 33cm است لوله کوآرتز دارای قطر داخلی 20mm و قطر خارجی 23mm است آینه‌های مورد استفاده تخت بوده و دارای ضریب انعکاس 99% برای آینه انتهایی و 8% برای آینه جلوئی است. فاصله میان آینه‌ها 88cm است و آینه‌ها از تیوب جدا بوده و مستقلاً جایگذاری و تنظیم می‌گردند.



شکل ۱: طرح تیوب لیزر برمید مس

الکتروودها از جنس تنگستن هستند. برای جلوگیری از کثیف شدن پنجره‌ها از حباب‌ها که به صورت تله سرد عمل می‌کنند استفاده شده است بدین ترتیب بخار نمکی که از داخل محیط فعال به سمت نواحی سرد مهاجرت می‌کرد، تا قبل از رسیدن به پنجره‌ها در داخل حباب‌ها چگال می‌شود. مخزن نمک یک لوله کوآرتز به قطر 11mm و طول 14cm است که به بدنه اصلی جوش داده شده است. مخزن نمک توسط یک کوره کوچک گرم می‌شود. چهار عدد دیافراگم از جنس کوآرتز، به شکل استوانه تو خالی با قطر داخلی 11mm و قطر خارجی $19/6\text{mm}$ وضخامت 10mm در فواصل مساوی از یکدیگر قرار گرفته‌اند که سطح مقطع تخلیه الکتریکی را محدود می‌کنند گذاشتن دیافراگم‌ها در مسیر تخلیه الکتریکی باعث پایداری تخلیه در سرتاسر تیوب میگردد.

در شکل ۲ مدار تحریک لیزر نشان داده شده است.



شکل ۲: طرح مدار تحریک لیزر

اجزای مدار تحریک دارای مشخصات زیر هستند:

خازن ذخیره ساز $C_p = 0.47\text{nF}$
 خازن $C_s = 0.68\text{nF}$

مناسب، نیازمند کار در محدوده دمایی بین 1000 تا 2000 درجه سانتی‌گراد برای فلزاتی نظیر طلا و مس است، کارکردن در این محدوده دمایی نه تنها مشکلات و پیچیدگی‌های تکنیکی فراوانی را از لحاظ طراحی تیوب و انتخاب مواد مقاوم به همراه دارد، بلکه احتمال اشغال تراز شبه پایا را در دماهای بالا افزایش می‌دهد [۳۱]. مشکلات تکنیکی کار برای تولید بخار فلزات از طریق گرم کردن مستقیم، باعث شد تا تلاش‌های زیادی برای تولید بخار فلزات به روش‌های دیگر صورت بگیرد. از جمله روش‌های پیشنهاد شده، استفاده از ترکیب شیمیایی فلزات به جای عنصر فلزی میباشد [۲].

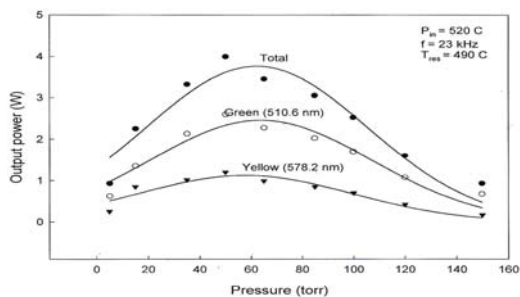
اندیشه استفاده از ترکیبات مس به جای مس اولین بار توسط Walter در سال ۱۹۶۶ بیان شد [۴]. نخستین لیزر برمید مس در سال ۱۹۷۴ توسط Sabotinov و همکارانش ساخته شد [۵] در سال ۱۹۷۵ Akirtova و همکارانش در مخلوط برمید مس و گاز نئون در فرکانس $16/5\text{kHz}$ توان خروجی 12W و بهره 1% به دست آوردند [۶].

در سال ۱۹۷۵ اولین لیزر خود گرمایش با روش تحریک به شیوه تک پالس توسط Chen ساخته شد [۷]. تا کنون لیزرهای هالید مس با توانی به بزرگی 120W و با بهره $3/5\%$ که دارای طول عمر بیشتر از 1000 ساعت هستند، ساخته شده‌اند [۸]. در این تحقیق ضمن ساخت یک لیزر هالید مس از نوع برمید مس، تاثیر پارامترهای دمای مخزن، فشار گاز کمکی، توان الکتریکی ورودی و فرکانس کاری بر روی توان خروجی لیزر مورد بررسی قرار گرفته است. شرایط بهینه برای عملکرد لیزر فوق از طریق آزمایش‌های تجربی تعیین گردیده‌اند که عبارتند از دمای مخزن 490°C ، فشار گاز کمکی 50torr نئون، توان الکتریکی ورودی 600watt و فرکانس 23kHz . از این لیزر حداکثر توان خروجی 4watt حاصل گردید.

آرایش تجربی آزمایش

طرح کلی تیوب لیزر در شکل ۱ نشان داده شده است. تیوب لیزر از جنس کوآرتز می‌باشد که کل طول آن 80cm و طول محیط فعال

داده‌ها برای هر دو خروجی سبز (۵۱۰/۶ nm) و زرد (۵۷۸/۲ nm) ثبت شده‌اند. همان‌گونه که از شکل پیداست توان خروجی لیزر در هر دو طول موج در فشار حدود ۵۰ torr دارای بیشینه است که دلیل آن این است که در فشارهای کم با افزایش فشار گاز زمینه، تعداد برخوردهای تحریک‌کننده افزایش یافته و اتم‌های مس بیشتری در تراز برانگیخته قرار می‌گیرند.



شکل ۴: تغییرات خروجی لیزر بر حسب فشار گاز

لذا توان خروجی لیزر افزایش می‌یابد، اما افزایش بیش از حد فشار موجب می‌شود که اتم‌های تحریک‌شده قبل از گسیل القایی، در اثر برخورد با ذرات سیستم، انرژی خود را به صورت حرارتی از دست داده و بدون گسیل فوتون واهلش پیدا می‌کنند لذا توان خروجی کاهش می‌یابد.

ج- بررسی اثر فرکانس بر روی توان خروجی در توان الکتریکی ورودی ثابت

شکل ۵ بیانگر تغییرات توان خروجی نسبت به فرکانس در توان الکتریکی ورودی ثابت است می‌دانیم که توان ورودی از رابطه $P_{in} = 1/2 C_s V_{in}^2 f$ به دست می‌آید. برای ثابت نگه داشتن توان ورودی با افزایش فرکانس متناسباً V_{in} را کاهش می‌دهیم.

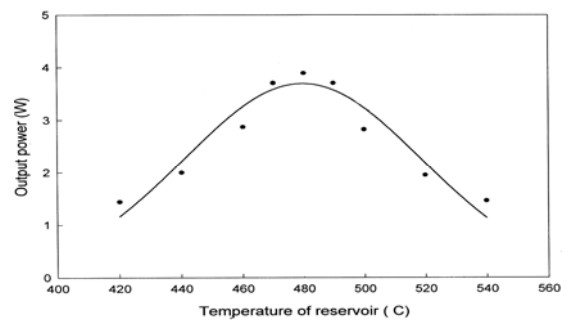
چنانچه از روی این منحنی پیداست توان خروجی در فرکانس کاری حدود ۲۳ kHz به مقدار بیشینه رسیده است. ابتدا با افزایش فرکانس انرژی ورودی ریخته شده در محیط فعال بیشتر شده لذا تعداد اتم‌های مس درگیر در لیزر بیشتر شده و در نتیجه توان بالا می‌رود تا به یک مقدار بیشینه می‌رسد ولی بالاتر از آن مقدار، در اثر افزایش برخورد الکترودها

$$L_1 = 100 \text{ mH}, L_2 = 0.18 \text{ mH}$$

جهت اندازه گیری توان خروجی، از توان سنج مولکترون مدل PM500D و پالس نوری از دیود PIN مدل FND-100 ، EG&G به همراه یک اسپیلوسکوپ تکترونیکس مدل TDS 3034B استفاده گردیده است.

نتایج تجربی

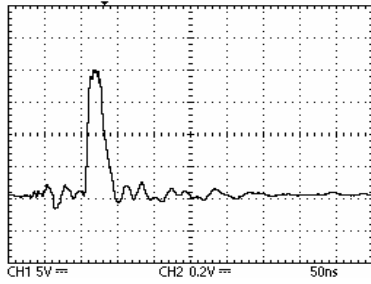
الف- بررسی اثر دمای مخزن بر روی توان خروجی لیزر- شکل ۳ بیانگر تغییرات توان خروجی لیزر نسبت به دمای مخزن نمک برمید مس می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود توان خروجی در دمای مخزن نمک 490°C بیشینه می‌باشد.



شکل ۳: تغییرات توان خروجی لیزر نسبت به دمای مخزن نمک برمید مس

چون فشار بخار برمید مس به دمای آن بستگی دارد می‌توان نتیجه گرفت که توان خروجی نسبت به فشار بخار برمید مس دارای بیشینه می‌باشد. در فشار بخار کمتر از این مقدار، چگالی مولکول‌های هالید مس و در نتیجه اتم‌های مس در محیط فعال کافی نبوده و در نتیجه توان خروجی کمتر از مقدار ماکزیمم می‌باشد. در فشار بیشتر از این مقدار چگالی پلیمرهای برمید مس در محیط افزایش یافته و قسمتی از انرژی ورودی صرف شکستن پلیمرهای برمید مس می‌شود. هم‌چنین مقداری از انرژی الکترودها در برخورد با پلیمرها گرفته شده و دیگر الکترودها دمای لازم برای تحریک اتم‌های مس را ندارند.

ب- بررسی اثر گاز کمکی نئون بر روی توان خروجی - شکل ۴ بیانگر تغییرات توان خروجی نسبت به فشار گاز کمکی نئون است.



شکل ۷: پالس لیزر خروجی

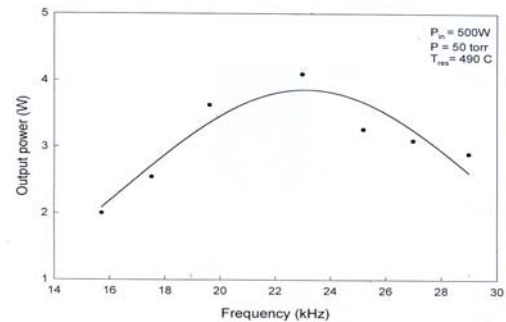
نتیجه گیری

در این کار ضمن ساخت یک لیزر بر میدمس نقاط بهینه ای برای دمای مخزن نمک بر میدمس 490°C ، فشار گاز کمکی نئون 50 torr و فرکانس در توان ورودی ثابت 23 kHz به دست آمده اند. از این لیزر حداکثر توان خروجی 4 watt در توان ورودی 600 watt به دست آمد.

مرجع ها

- [۱]- C.E.little, *Metal Vapor Lasers*, John wiley and sons, New York (1999).
- [۲]- G.G. Petrash, "*Metal Vapor and Metal halide Lasers*", Nova science publisher (1988).
- [۳]- S.Behrouzinia, R.Sadighi, and P.Parvin, "Pressure dependence of the small-signal gain and saturation intensity of a copper vapor laser". *Applied optics*, **42**, No.6 (2003) 1013- 1018.
- [۴]- W.Walter, N. Salimenne and M. Piltcn, "Effective pulsed gas discharge lasers", *IEEE. Quantum Electron*, **QE- 2**(9) (1966) 474-9.
- [۵]- N.V.Sabotinov, "*Copper bromide lasers*" kluwer Academic Publisher, Dordrecht, (1996) 113-24.
- [۶]- O.S. Akirtova, V.L.Dzhikiya, M. oleinik, "Laser Utilizing Cu(I) transitions in copper halide vapors", *sov. J. Quantum Electron*. **5**(8) (1975) 1001-2.
- [۷]- C.J. Chen and G. R. Russed, "High- efficiency multiply pulsed copper vapor laser utilizing copper chloride as a lasant" *Appl. Phys. Lett* **26** (9) (1975) 504-5.
- [۸]-D.N. Astadjov, K.D.Dimitrov and V.Kirkov, "Copper bromide laser of 120 W average output power", *IEEE J. Quantum Electron* **QE-33** (5) (1997) 705-9.

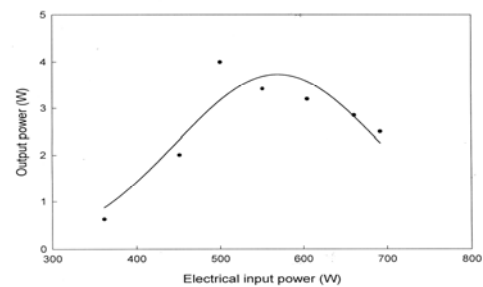
اتمهای مس باعث کاهش دمای الکترون گردیده لذا جمعیت معکوس و متعاقب با آن توان خروجی لیزر نیز کاهش می یابد.



شکل ۵: تغییرات توان خروجی نسبت به فرکانس در توان ورودی ثابت

د- بررسی اثر توان الکتریکی ورودی بر روی توان خروجی در فرکانس ثابت.

شکل ۶ بیانگر تغییرات توان خروجی نسبت به توان الکتریکی ورودی در فرکانس ثابت است.



شکل ۶: تغییرات توان خروجی نسبت به توان ورودی در فرکانس ثابت

داده های فوق در فرکانس ورودی 23 kHz ثبت گردیده اند. همانگونه که ملاحظه می شود توان خروجی در ازای توان ورودی حدود 600 W بیشینه است. با افزایش توان ورودی بیش از مقدار پیک، دمای محیط نیز افزایش یافته و در نتیجه میزان اتلاف افزایش می یابد و در نهایت توان خروجی نیز کاهش می یابد.

ه- اندازه گیری پالس نوری لیزر

شکل ۷ پالس نور خروجی لیزر می باشد.

عرض پالس نوری 22 ns اندازه گیری شده است.