



بررسی اثر گاز هیدروژن بر روی توان خروجی لیزر بخار مس

مریم ذوقی^۱؛ داود صالحی نیا^۲؛ کامران خراسانی^۲؛ پرویز پروین^۱؛ سعید بهروزی نیا^۳؛ مصطفی آرسیمون^۳

^۱ گروه فیزیک، دانشکده فیزیک و علوم هسته ای، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران

^۲ پژوهشکده لیزر و اپتیک، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، سازمان انرژی اتمی ایران، تهران

^۳ گروه فیزیک، دانشگاه تربیت معلم آذربایجان، آذرشهر

چکیده - در این مقاله نشان داده شده است که افزودن ۱٪ هیدروژن به گاز کمکی نئون در لیزر بخار مس با قطر 16mm و طول 60cm منجر به افزایش توان متوسط خروجی در حدود ۶۰٪ می گردد. همچنین در حضور هیدروژن به عنوان گاز افزودنی، رفتار توان خروجی بر حسب فرکانس عملکرد و نیز فشار گاز مورد بررسی قرار گرفته است.

کلیدواژه- توان خروجی، فرکانس عملکرد، فشار گاز، لیزر بخار مس، هیدروژن

کد PACS - 140,1340

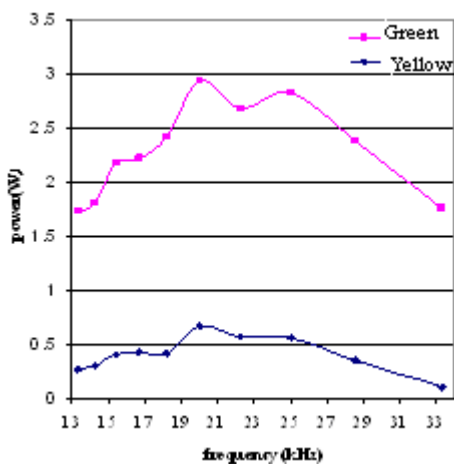
۱- مقدمه

حجم محیط فعال از طریق افزایش طول تیوپ لیزر و یا قطر آن امکان پذیر است. افزایش طول محیط تخلیه مشکلات تکنیکی در ساخت را به همراه دارد و از طرفی افزایش قطر باعث کاهش بسامد عملکرد بهینه لیزر می گردد [۴]. همچنین حداکثر بسامد تکرار با افزایش جمعیت تراز پایین لیزر و چگالی الکترون های بین پالسی محدود می شود [۵]. یکی از راه های موثر در افزایش توان خروجی استفاده از گازهای افزودنی در گاز کمکی است. اثر گازهای مختلفی از جمله گازهای نادر روی عملکرد لیزر بخار مس گزارش شده است [۶]. تحقیقات نشان داده است که گاز هیدروژن یا ترکیباتی از هیدروژن موجب افزایش قابل ملاحظه ای در توان خروجی می گردد [۷]. سازوکارهای مختلفی برای این افزایش پیشنهاد شده است که مهمترین آن عبارت است از اینکه در اثر برخورد الکترونها با اتم هیدروژن، دمای الکترون ها کاهش یافته و این نیز منجر به سریعتر خالی شدن تراز پایین لیزر به تراز زمینه می گردد در نتیجه می توان فرکانس عملکرد را بالاتر برد. همچنین آهنگ

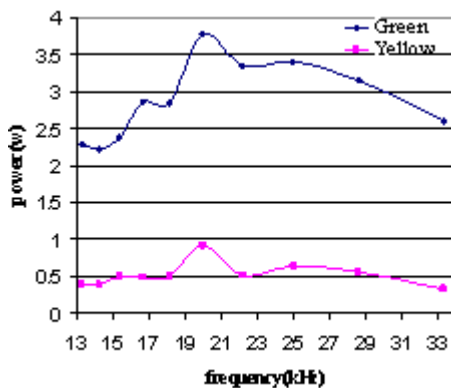
لیزر بخار مس با توان خروجی نسبتاً بالا، انرژی پالس کوچک، آهنگ تکرار بالا و دارا بودن دو طول موج مرئی $510/6\text{nm}$ و $578/2\text{nm}$ ، از جمله لیزرهای بخار فلزی است که کاربردهای بسیار زیادی در زمینه های مختلف علوم و تکنولوژی پیدا کرده است [۱]. پیشرفت در توسعه لیزرهای بخار مس به نقطه ای رسیده است که میزان افزایش در توان و بازدهی، باعث تعیین نوع کاربری آنها می گردد [۲]. با افزایش توان ورودی به لیزر، توان خروجی آن افزایش یافته و بعد از یک حد بیشینه شروع به افت می کند. آزمایش نشان داده است که نسبت توان خروجی بر حجم محیط فعال به ازاء هر پالس در حدود $8/4\ \mu\text{J}/\text{cm}^3$ به اشباع می رسد [۳]. این اشباع به دلیل افزایش دمای گاز و در نتیجه افزایش چگالی الکترون های باقیمانده بین پالسی در تراز نیمه پایدار است. از روش های دستیابی به توان خروجی بالاتر افزایش حجم محیط فعال یا بسامد تکرار پالس می باشد. افزایش

در این آزمایش با افزودن ۱٪ هیدروژن به گاز کمکی نئون باثبات نگه داشتن توان ورودی در حدود ۱/۵ kW متوسط توان خروجی لیزر برای خطوط سبز و زرد توسط توان سنج مولکترن PM500D اندازه گیری شده است. برای جدا کردن خطوط سبز و زرد از یک فیلتر طیفی استفاده شده است.

شکل های ۲، ۳ و ۴ این نتایج را برای گاز نئون به اضافه ۱٪ هیدروژن در فشار تقریبی ۴۰ Torr در سه شارش کم، متوسط و زیاد گاز نشان می دهند.



شکل ۲- توان های خروجی نسبت به فرکانس در شارش کم (۸ لیتر بر دقیقه)

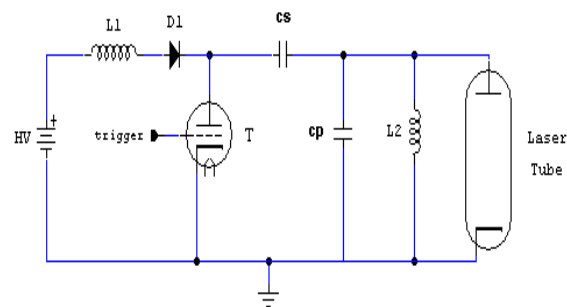


شکل ۳- توان های خروجی بر حسب فرکانس در شارش متوسط (۱۲ لیتر بر دقیقه)

باز ترکیب یون- الکترون با روند سریعتری روی می دهد [۸]. در این تحقیق با تغییر فرکانس اعمال شده به تیوپ در محدوده ۱۳-۳۴ kHz به بررسی اثر افزودن هیدروژن روی توان خروجی لیزر در سه شارش کم (۸ لیتر بر دقیقه)، متوسط (۱۲ لیتر بر دقیقه) و زیاد (۱۶ لیتر بر دقیقه) گاز پرداخته شده است. علاوه بر این اثر تغییر فشار گاز از ۱۰ تا ۱۲۰ Torr روی توان خروجی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج به دست آمده در دو حالت بدون هیدروژن و با هیدروژن باهم مقایسه گردیده اند.

۲- انجام آزمایش

لیزر مورد استفاده در این بررسی یک لیزر بخار مس است که تیوپ لیزری آن از جنس سرامیک با قطر داخلی ۱۶ mm و طول ۶۰ cm می باشد. الکترودهای آن به شکل استوانه ای از جنس مولیبدن است و تخلیه به صورت طولی انجام می گیرد. کاواک تشدید به صورت تخت-تخت با توان انعکاس ۹۸٪ برای آینه عقب و ۴٪ برای آینه جلو است. پنجره های تیوپ از جنس کوارتز بوده و نسبت به محور اپتیکی حدود ۹ درجه انحراف دارند. توان قابل انتظار لیزر در حدود ۲ وات است. مدار تحریک لیزر به کار گرفته شده در این سیستم به صورت شکل ۱ می باشد.



شکل ۱: مدار تحریک لیزر بخار مس

تایروترون مورد استفاده از نوع روسی TGI25-1000 و عایق بکار رفته از جنس الومینا می باشد. مشخصات المان های به کار گرفته شده در زیر آمده است :

$$C_p = 0.168 \text{ nF}$$

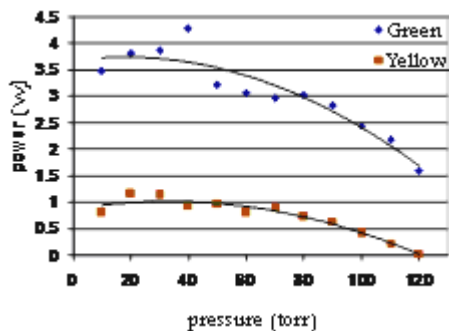
$$C_s = 1/65 \text{ nF}$$

$$L_2 = 100 \text{ } \mu\text{H}$$

$$L_1 = 100 \text{ mH}$$

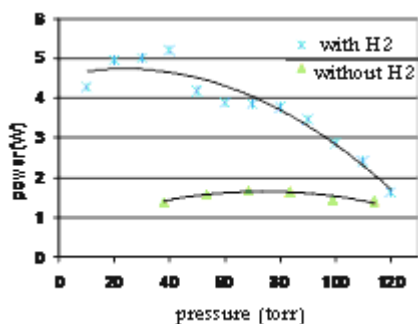


خروجی لیزر را پس از پایدار شدن برای دو خط سبز و زرد به طور جداگانه اندازه گیری کرده ایم. این نتایج در شکل ۶ آمده است.



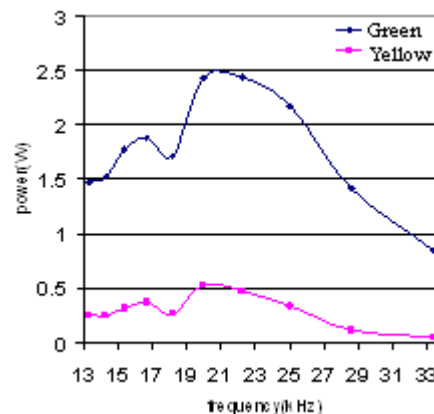
شکل ۶- توان های خروجی بر حسب تغییر فشار گاز

در شکل ۷ نمودارهای توان خروجی کل لیزر بر حسب فشار گاز کمکی در شارش متوسط برای دو حالت بدون هیدروژن و با هیدروژن با هم مقایسه شده است. توان ورودی هر دو حالت ۱/۵ kW و فرکانس عملکرد ۲۰ kHz است.



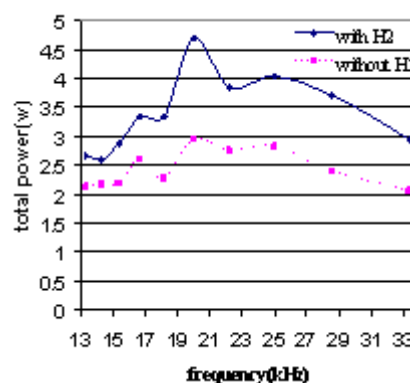
شکل ۷- توان خروجی کل لیزر بر حسب فشار گاز

از این نمودار مشاهده می شود که با افزودن هیدروژن نه تنها توان خروجی افزایش یافته است بلکه فشار بهینه گاز نیز جا به جا شده است به طوری که بهینه فشار در حضور گاز هیدروژن ۳۰ torr و مقدار متناظر آن در عدم حضور گاز هیدروژن حدود ۷۰ torr است. نسبت توان خروجی خط سبز به زرد لیزر (G/Y) برای دو حالت بدون هیدروژن و با هیدروژن برای شارش متوسط گاز در فشار ۴۰ torr و توان ورودی ۱/۵ kW در شکل ۸ با هم مقایسه شده است.



شکل ۴- توان های خروجی بر حسب فرکانس در شارش زیاد (۱۶ لیتر بر دقیقه)

در شکل ۵ نمودارهای توان خروجی کل لیزر بر حسب فرکانس در شارش متوسط برای دو حالت بدون هیدروژن و با هیدروژن در شرایط یکسان یعنی توان ورودی ۱/۵ kW و فشار گاز ۴۰ torr مقایسه گردیده است. با توجه به شکل ۵ دیده می شود که افزودن هیدروژن منجر به افزایش توان بیشینه در حدود ۶۰٪ گردیده است. همچنین اثر هیدروژن در بهبود توان خروجی به فرکانس عملکرد وابسته است به طوری که در فرکانس های بالا (بالا تر از ۱۹ kHz) افزایش توان بیشتری داریم. آزمایش تفاوت چندانی را در فرکانس هایی که به ازاء آن ها توان خروجی بیشینه می شود نشان نداده است.



شکل ۵- توان های خروجی کل برای دو حالت بدون هیدروژن و با هیدروژن

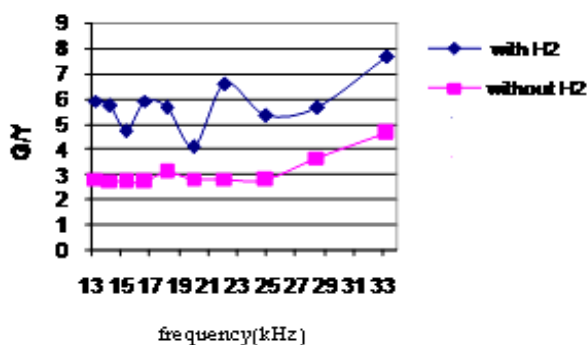
در مرحله بعد با ثابت نگه داشتن توان ورودی در حدود ۱/۵ kW و فرکانس عملکرد ۲۰ kHz در شارش متوسط با تغییر فشار گاز از ۱۰ تا ۱۲۰ torr در حضور هیدروژن، توان

frequency of pulses from a copper vapor laser, **Sov.J.Quantum Electron** **10**, p724 ,1980.

[6] Lesnoi, M.A, Influence of gas mixture composition and cathode material on the output power of a copper vapor laser, **Sov.J.Quantum Electron** **14**, p142, 1984.

[7] Huang, Z.G, Namba, K and Shimizu, F, *Influence of molecular gases on the output characteristics of a copper vapor laser*, **Japan. J. Appl.phys** **25.NO 11**, pp 1677-1679, 1986.

[8] Chang, C and Sun, W, Study on the kinetic mechanisms of copper vapor laser, **Opt.Commun.****144**, pp 109-117, 1997.



شکل ۸- نسبت توان خروجی سبز به زرد لیزر در دو حالت بدون هیدروژن و با هیدروژن

همانگونه که از شکل نیز پیداست نسبت توان سبز به زرد (G/Y) با افزودن هیدروژن به گاز نئون افزایش یافته است. به علاوه G/Y در حالت وجود هیدروژن دارای نوسانات قابل ملاحظه ای نسبت به فرکانس است.

۳- نتیجه گیری

با افزودن ۱٪ هیدروژن به گاز کمکی نئون، توان خروجی لیزر در حدود ۶۰٪ افزایش یافته است. همچنین گاز هیدروژن فشار بهینه گاز کمکی را به سمت فشارهای کمتر جا به جا می کند. اثر هیدروژن در افزایش توان خط سبز لیزر بیشتر بوده و نسبت G/Y با افزودن هیدروژن افزایش می یابد.

۴- مراجع

- [1] Little, C.E, *Metal Vapor Laser*, John Wiley and sons, 1999.
- [2] Kazaryan, M.A, Petrash, G.G and Trofimov, A.N, Comparison of the characteristics of copper, copper chloride and copper bromide vapor lasers, **Kvant Electron** **7**, p583, 1980.
- [3] Smilanski, I, Kerman, A, Levin, L.A and Erze, G, *Scaling of the discharge heated copper vapor laser*, **Opt. Commun** **25**, p79, 1978.
- [4] Bokhan, P.A, Gerasimov, V.A, Solomonov, V.I and Shcheglov, V.B, *Stimulated emission mechanism of a copper vapor laser*, **Sov.J.Quantum Electron** **8**, p1220, 1978.
- [5] Bokhan, P.A, Silantev, V.A and Solomonov, V.I, Mechanism for limiting the repetition