

بستگی بهره سیگنال کوچک و شدت اشباع به فشار گاز کمکی در لیزر برمید مس

محمد ابراهیم آینه‌وند^۱، سعید بهروزی‌نیا^۲، کامران خراسانی^۲

^۱دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

^۲پژوهشکده فوتونیک و فن آوریهای کوانتومی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، تهران، ایران

چکیده - از یک جفت لیزر برمید مس بعنوان سیستم نوسانگر - تقویت کننده برای محاسبه وابستگی بهره سیگنال کوچک و شدت اشباع بعنوان پارامترهای تقویت نسبت به فشار گاز کمکی استفاده شده است. نشان داده شده که پارامترهای تقویت و توان خروجی یک مقدار بیشینه را در حالت بهینه فشار گاز کمکی ۱۱ تور دارند. زمان تاخیری مطلوب 10 ns بوده و حداکثر توان خروجی ۱۲ وات بدست آمده است. همینطور توان خروجی و شدت اشباع و بهره یک رفتار نوسانی نسبت به فشار در بازه ۷ الی ۱۸ تور دارند.

کلید واژه - لیزر برمید مس، بهره سیگنال کوچک، شدت اشباع، برمید مس، تریگر، فشار

Pressure dependence of the small-signal gain and saturation intensity of a CuBr laser

Mohammad Ebrahim Aeenehvand¹, Saeid Behrouzinia², Kamran Khorasani²

¹ Azad University, science and research branch, Tehran, Iran

² Fotonics and quantum technologies research school, nuclear science and technology school, AEOI, Tehran Iran

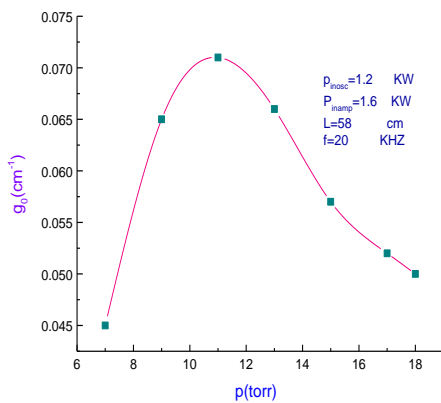
Abstract

A pair of copper bromide laser in an oscillator-amplifier configuration was used to investigate the small signal gain and saturation intensity as amplifying parameter and output power of lasers, versus pressure of buffer gas, It is shown that the amplifying parameters and laser output power have a maximum value at optimum buffer gas pressure of 11 Torr. Thus an optimum delay time of about 10 ns is determined, and a maximum output power equivalent to about 12 W is extracted.

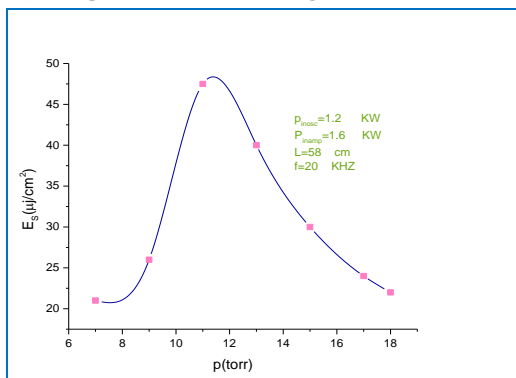
Keywords: Copper bromide laser, Small-signal gain, Saturation intensity, Pressure

$$\Delta E = E_{out} - E_{in}$$

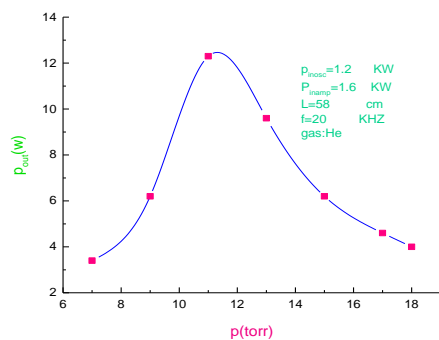
پارامترهای تقویت می توانند بوسیله منحنی عمودی $\text{Ln} G$ در ان $G = E_{out}/E_{in}$ (نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی در تقویت کننده) بر حسب اختلاف انرژی $\Delta E = E_{out} - E_{in}$ روی محور افقی بدست می آیند. نتایج آزمایش در شکل ۲ مشخص است از این شکل مقدار g_0 و E_s بدست می آید. که بترتیب مقدار 0.071 cm^{-1} و $47/5 \mu \text{ j/cm}^2$ می باشد. آزمایش با طول 58 cm بعنوان تقویت کننده و با فرکانس 20 kHz با فشار گاز کمکی He برابر 11 تور و توان ورود به تقویت کننده $1/6 \text{ kw}$ استفاده شده است. خطهای سبز و زرد از هم مجزا نشده اند. بهمین طریق ما مقادیر g_0 و E_s را برای چندین تقویت در فشارهای مختلف 7 الی 18 تور انجام دادیم. و برای طولهای 38 cm و 48 cm نیز تکرار گردید. نکته حائز اهمیت آن است که توجه داشته باشید در هر فشار باید عمل سینکرون کردن انجام گردد و اندازه گیری متعاقبا تکرار شود.



شکل ۳ رفتار شدت اشباع بر حسب فشار گاز کمکی هلیوم



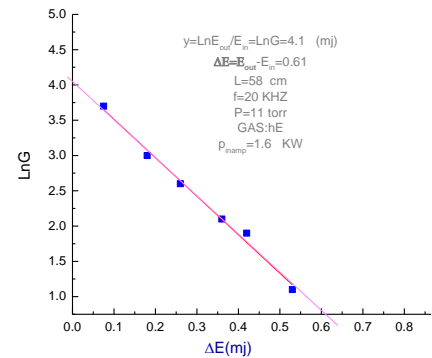
شکل ۴ رفتار شدت اشباع با فشار گاز کمکی هلیوم



شکل ۵ رفتار توان بر حسب فشار گاز کمکی هلیوم برای

تقویت کننده بطول 58 cm

قابل توجه است که جهت یادآوری مقدار E_s برای هر سه طول مختلف در فشار 11 تور دارای یک بیشینه است. ضمنا همانطوری که قبلا کار شده، خاصیت خطی بودن شدت اشباع و بهره با فشار گاز کمکی در فاصله بین 25 الی 75 تور برای لیزر تقویت CVL [۸] و در فاصله 14 الی 30 تور برای تقویت کننده لیزر طلا [۱۰]. نشان داده شده است. در نهایت رفتار توان خروجی بر حسب فشار گاز کمکی در شکل ۵ نشان داده شده است. همانطوری که در شکل ۳ نشان داده می شود با افزایش



(شکل ۲) نمودار بهره انرژی $\text{Ln} G$ بر حسب اختلاف انرژی

$$\Delta E$$

همانطوری که شکل ۳ نشان می دهد اشکارا مشخص است که g_0 با افزایش فشار گاز کمکی افزایش می یابد. ابتدا با افزایش فشار بهره سیگنال کوچک افزایش یافته تا در فشار 11 تور به یک مقدار بیشینه می رسد و بعد از آن با افزایش فشار بهره کاهش می یابد. شایان ذکر است که برای هر سه طول رفتار g_0 تقریبا یکسان است.

در شکل ۴ رفتار E_s بر حسب فشار گاز کمکی در تقویت کننده نشان داده شده است. با وجود این که در تمام منحنی ها رفتار E_s بر حسب فشار کل شبیه هم است در کمترین مقدار که با یکدیگر فرق دارند بستگی به طول لیزر دارد.

REFERENCES

1. M. A. Kazaryan, G. G. Petrash, and A. N. Trofimov, 'Compartion of the characteristics of copper, copper chloride, and copper bromide vapor laser,' Sov. J. Quantum Electron. **10**, 328-33 (1980).
2. N. M. Nerheim, 'A parametric study of the copper chloride laser,' J. Appl. Phys. **48**, 1186-90 (1977).
3. S. Behrouzina, A. R. Namdar, M. Zand, R. Barry, and A. Hojabri, 'Effect of a magnetic pulse compression circuit on the operation of a halide laser,' Laser Physics **16**, 1616-1620 (2006).
4. F. Rahimi Ashtari, S. Behrouzina, B. Sajad, and M. Zand, 'The effect of an axial external magnetic field on the output power of a small-bore CuBr laser,' Opt. Commun. **284**, 1318-1321 (2011).
5. G. N. Tiwari, P. K. Shukla, R. K. Mishra, V. K. Shrivastava, R. Khare, and S. V. Nakhe, 'Effect of addition of Hydrogen to neon buffer gas of copper bromide vapor laser on its spectral and temporal characteristics,' Optics Commun. **338**, 322-327 (2015).
6. D. N. Astadjov, K. D. Dimitrov, D. R. Jones, V. Kirkov, L. Little, C. E. Little, N. V. Sabotinov, and N. K. Vuchkov, 'Influence on operating characteristics of scaling sealed-off CuBr lasers in active length,' Optics Commun. **135**, 289-294 (1997).
7. D. N. Astadjov, L. I. Stoychev, S. K. Dixit, S. V. Nakhe, and N. V. Sabotinov, 'High-brightness CuBr MOPA laser with diffraction-limited throughout-pulse emission,' IEEE J. Quantum Electron. **41**, 1097-1101 (2005).
8. S. Behrouzina, R. Sadighi-Bonabi, and P. Parvin, 'Pressure dependence of the small-signal gain and saturation intensity of a copper vapor laser,' Applied Optics **42**, 1013-8 (2003).
9. S. Behrouzina, R. Sadighi-Bonabi, P. Parvin, and M. Zand, 'Temperature dependence of the amplifying parameters of a copper vapor laser,' Laser Physics **14**, 1050-3 (2004).
10. M. Aghababaei Nezhad, B. Sajad, S. Behrouzina, D. Salehinia and, K. Khorasani, 'Pressure dependence of small signal gain and saturation intensity of a gold-vapor laser using various buffer gases in gain medium,' Opt. Commun. **283**, 1386-8 (2010).
11. S. Behrouzina, K. Khorasani, H. Kazemi, and H. Mashayekhi, 'Frequency dependence of amplifying parameters of a copper vapor laser using air as a buffer gas,' J. Russian Laser Research **32**, 212-6 (2011).
12. G. N. Tiwari, R. K. Mishra, R. Khare, and S. V. Nakhe, "Development of copper bromide laser master oscillator power amplifier system," PRAMANA- journal of Physics **82**, 217-225 (2014)

فشار، g_0 افزایش پیدا می‌کند تا اینکه در فشار ۱۱ تور مقدار g_0 به 0.071 cm^{-1} می‌رسد. و بعد از آن کاهش می‌یابد. دمای داخل لیزر در طول آزمایش باید ثابت نگه داشته شود. با توجه به ثابت بودن پهنای خط دوپلر، سطح مقطع گسیل القایی بطور تقریب بدون هیچ تغییر باقی می‌ماند. با افزایش فشار $g_0 = (\Delta N) \sigma_{st}$ بخاطر افزایش وارونی جمعیت مقدار بهره ابتدا افزایش یافته و از فشار ۱۱ تور به بعد، بعلاوه برخوردهای ناکشسانی که صورت می‌گیرد دمای الکترونها کاهش یافته و وارونی جمعیت کاهش می‌یابد، در این نرخ پمپاژ به تراز بالاتر کمتر نرخ پمپاژ به تراز پایین است و در نهایت بهره کاهش می‌یابد. رفتار E_s بر حسب فشار شبیه g_0 است. با توجه به رابطه $E_s = \nu h / \sigma_{st} \tau$ چون σ_{st} ثابت است. با افزایش فشار تا ۱۱ تور طول عمر تراز انتقال بالایی لیزر (τ) کاهش یافته و شدت اشباع تا فشار بهینه ۱۱ تور افزایش یافته و بعد از فشار بهینه با افزایش فشار بعلاوه برخوردهای غیر تابشی، 2τ افزایش می‌یابد و در نتیجه شدت اشباع کاهش خواهد داشت. انرژی خروجی از تقویت کننده با توجه به رابطه $E_s AL$ ، g_0 متناسب با $\Delta N / \tau$ بوده با افزایش فشار تعداد برخوردهای کشسان افزایش یافته و وارونی جمعیت زیاد شده و از طرفی طول عمر تراز تشدید کاهش می‌دهد در نتیجه توان خروجی افزایش خواهد یافت و بعد از فشار بهینه به علت برخوردهای غیر کشسان و سرد شدن الکترون ها جمعیت وارون کاهش و طول عمر تراز تشدید افزایش می‌یابد، حاصل این تغییرات کاهش توان خروجی را در بر دارد.

نتیجه گیری:

رفتار پارامترهای تقویت با فشار گاز کمکی بین ۱۸ - ۷ تور برای لیزر CBL یک رفتار غیر خطی و دارای یک ماگزیمم در فشار ۱۱ تور می‌باشد. در مقایسه با CVL و GVL ما رفتار هر نوع پارامتر تقویت را که بستگی به بازه انتخابی فشار دارد. بررسی نموده که برای بعضی در یک بازه، رفتار خطی و بعضی دیگر، در بازه دیگری از فشار بصورت غیر خطی است که دارای یک پیک در فشار خاص یعنی فشار بهینه می‌باشد.