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

محمد ابراهیم آیینه‌وند[۱]،سعید بهروزی‌نیا[۲]، کامران خراسانی[۲]

[۱] *دانشگاه* آزاد اسلامی، *واحد علوم و تحقیقات، تهران*، ایران
[۲] پژوهشکده فوتونیک وفن آوریهای کوانتومی، پژوهشگاه علوم وفنون 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 مقداربیشینه را در حالت بهینه فشار گاز کمکی ۱۱ تور دارند. زمان تاخیری مطلوب ***ns*** ۱۰ 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 Aeenehvand[1], Saeid Behrouzinia[2], Kamran Khorasani[2]

[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 max-imum 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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

۱- مقدمه

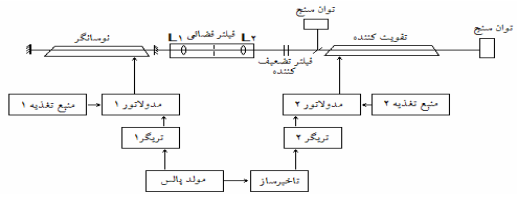
شایان ذکر است که اخیراً از لیزرهای بخار ترکیبات مس(هالید مس) استفاده شده است. استفاده از هالیدهای مس بجای اتمهای مس ابتدا در سال ۱۹۷۳ گزارش شد [۱و۲] شبیه آنچه که در مورد بخار مس گفته شده در لیزر هالید مس نیز دو طول موج خاص ۵۷۸/۲ و ۵۱۰/۶ نانومتر حاصل می‌شوند. بنابراین در لیزر هالید مس کاربردهای جالبی بجای لیزرهای بخار مس(CVL)در جاهای مختلف از علوم و تکنولوژی مورد استفاده قرار گرفته است. دمای عملکرد به فشار بخار ترکیب بستگی داشته و برای لیزر برمید مس حدودا ^{o}c ۵۰۰ است، که کمتر از دمای لیزر بخار مس است که در محدوده ^{o}c- ۱۵۵۰ ۱۷۰۰ می باشد [۳و۴].

اولین مزیت لیزر بخار برمید مس (CBL) نسبت به لیزر CVL دمای پائین برای ماده فعال است. باصرفه بودن در بعضی جاها و استفاده از مواد اصلی در جایگاهی که عمل می-کند باعث شده که ساخت لوله راحتر شود. و مدت زمان روشن کردن کاهش یابد و بعبارتی دیگر لیزر زود آماده شود[۵]. مزیت دیگر CBL بر CVL فرکانس تکرار پالس بالا است که کیفیت پرتو خروجی CBL نسبت به CVL بهتر است [۶و۷] یکسری از پارامترها از جمله بهره سیگنال کوچک و شدت اشباع وجود دارند که لیزرها را از هم مجزا می‌کند و در طراحی و ساخت از آنها استفاده می‌شود. بطور کلی از سیستم نوسانگر تقویت کننده (MOPA) برای تعیین این پارامترها استفاده می‌شود. در کارهای پیشین ازMOPA برای CVL و لیزر طلا بمنظور بالا بردن توان خروجی و بهبودی کیفیت بطور همزمان استفاده شده است [۱۱و۸]. همچنین با توسعه سیستمهای MOPA از نظر عملکرد لیزر برمید مس با توان ۱۱۰ وات گزارش شده است [۱۲]. در این پروژه از سیستم MOPA لیزر برمید مس با سه طول مختلف برای ایجاد تقویت نور بطور مجزا بعنوان تقویت کننده استفاده شده است. برای مطالعه رفتار g_0 (بهره سیگنال)و E_s(شدت اشباع) با فشار گاز کمکی هلیم (He) نتایج بدست آمده با لیزرهای CVL و GVL مقایسه شده است. یک زمان تاخیری بهینه ما بین نوسانگر و تقویت کننده یعنی زمانی که بیشترین توان از سیستم خارج می‌شود وجود دارد، که اگر درست انتخاب نشود تقویت نخواهیم داشت.

۲- چیدمان آزمایش:

پیکربندی استاندارد و قابل قبول برای ایجاد توان لیزر در سیستم MOPA برای انجام آزمایش بکار می‌رود [۱۱]. لوله های استوانه‌ای شکل یکی بطول cm ۲۸ بعنوان نوسانگر و یکی دیگر به طولهای cm ۳۸ و۴۸و ۵۸ که هر کدام بطور جداگانه بعنوان تقویت کننده در آزمایش قرار می‌گیرند . جنس همه آنها از کوارتز و بقطر mm ۲۰ هستند. یک منبع گرمایی که در زیر مخزن وسط لوله لیزر که محل قرارگرفتن پودر برمید مس است قرار گرفته و باعث ایجاد بخار برمید مس به داخل محیط تخلیه می‌گردد.بهرحال الکترودهای مس بوسیله آب که از داخل استوانه می‌گذرد باعث خنک شدن آنها می-گردد. توان الکتریکی منبع مستقل بوده و متناظر با پالس نوری است که وارد می‌شود. دو پالس تخلیه پیاپی ایجاد شده که بستگی به زمان تاخیری دارد و بوسیله زمان تاخیری تریگر کنترل می‌شود. در خروجی دو طول موج خاصnm ۵۱۰/۶ و nm ۵۷۸/۲که در محدوده نور مرئی هستند. پس از ثابت نمودن و باریک کردن اشعه به داخل محیط تخلیه تقویت وارد می‌شوند. در زمان ورود پالس لیزر باید عمل همزمانی (سینکرون کردن) انجام گیرد و این زمانی است که بیشترین وارونی جمعیت در تقویت کننده داریم و در این حالت است که نور تقویت می گردد. در غیر این صورت عمل تضعیف نور را خواهیم داشت و لذا در نهایت توان خروجی کاهش می‌یابد.

عمل تضعیف اشعه ورودی به نوسانگر توسط فیلترهای دانسیته خنثی NDF انجام می‌گیرد و سپس وارد تقویت کننده می‌شود.



شکل ۱ نمایش شماتیک یک MOPA را نشان می‌دهد که برای آزمایش اصلی مرتب شده است.

نوسانگر اصلی بوسیله تشدید بحرانی که از یک آینه عقب با ضریب بازتابش ۹۸٪ و یک آینه جلو با ضریب بازتابش ۴٪ عمل کاواک صورت می‌گیرد. توانهای ورودی و خروجی تقویت کننده بوسیله دو تا پاورمتر نوع ^{TM}PM500D اندازه گیری می شوند. یک شیر سوزنی دقیق برای کنترل مقدار فلوی گاز استفاده می‌شود. و از روی ان فشار گاز کمکی داخل لوله را اندازه می‌گیرند.

بحث وبررسی نتایج

از آنجائیکه پهنای خط دوپلر بزرگتر از پهن شدگی فشار برای لیزرهای CBL همانند CVL است، تقویت بصورت پهن شدگی ناهمگن غالب انجام می‌گردد . پارامترهای تقویت این نوع لیزر یعنی بهره و شدت بترتیب g_0 و Es با استفاده از روش کمترین مربعات و با قراردادن در معادله هارگرو بدست می آیند.

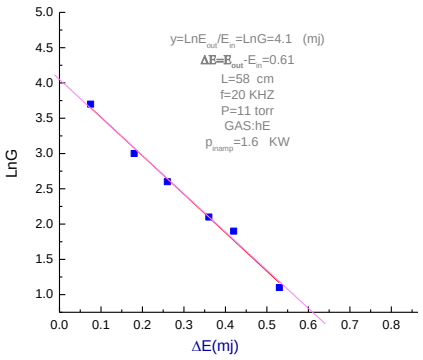
$$\ln G = g_0 d - (\Delta E / E_s A)$$

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]

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

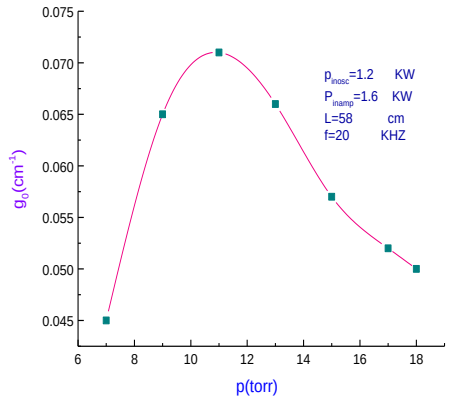
پارامترهای تقویت می توانند بوسیله منحنی عمودی LnG که در ان $G=E_{out}/E_{in}$ (نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی در تقویت کننده) بر حسب اختلاف انرژی $\Delta E=E_{out}-E_{in}$ روی محور افقی بدست می آیند. نتایج آزمایش در شکل ۲ مشخص است از این شکل مقدار g_0 و Es بدست می آید.که بترتیب مقدار ۰/۰۷۱ cm^{-1} و ۴۷/۵ μ j/cm^2 می باشند. آزمایش با طول ۵۸ cm بعنوان تقویت کننده و با فرکانس ۲۰kHz با فشار گاز کمکی He برابر ۱۱ تور و توان ورود به تقویت کننده ۱/۶ kw استفاده شده است . خطهای سبز و زرد از هم مجزا نشده‌اند. بهمین طریق ما مقادیر g_0 و Es را برای چندین تقویت در فشارهای مختلف ۷ الی ۱۸ تور انجام دادیم. و برای طولهای ۳۸ cm و ۴۸ 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.



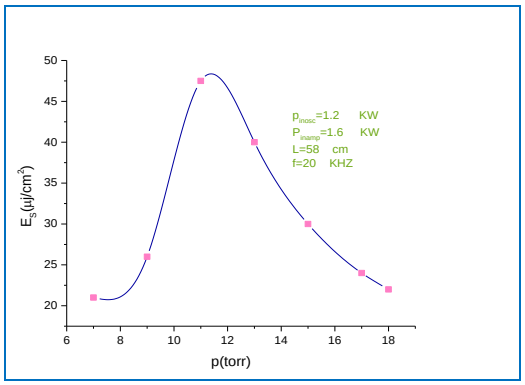
(شکل۲) نمودار بهره انرژی Ln G برحسب اختلاف انرژی ΔE

همانطوریکه شکل ۳ نشان می‌دهد اشکارا مشخص است که g_0 با افزایش فشار گاز کمکی افزایش می‌یابد. ابتدا با افزایش فشار بهره سیگنال کوچک افزایش یافته تا در فشار ۱۱ تور به یک مقدار بشینه می‌رسد و بعد از آن با افزایش فشار بهره کاهش می یابد. شایان ذکراست که برای هر سه طول رفتار g_0 تقریبا یکسان است.

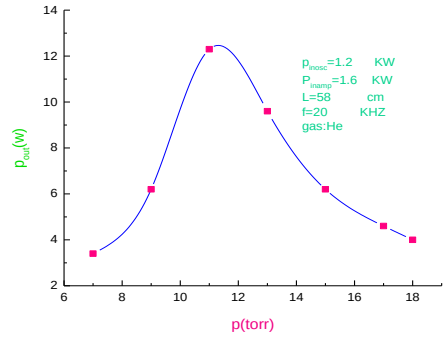
در شکل ۴ رفتار Es بر حسب فشار گاز کمکی در تقویت کننده نشان داده شده است. با وجود این که در تمام منحنی ها رفتار Es بر حسب فشار کل شبیه هم است در کمترین مقدار که با یکدیگر فرق دارند بستگی به طول لیزر دارد.



شکل ۳رفتار شدت اشباع بر حسب فشار گازکمکی هلیوم



شکل ۴ رفتار شدت اشباع بافشارگازکمکی هلیوم



شکل ۵ رفتار توان بر حسب فشار گاز کمکی هلیوم برای تقویت کننده بطول ۵۸cm

قابل توجه است که جهت یادآوری مقدار Es برای هر سه طول مختلف در فشار ۱۱ 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 ۲۵ الی ۷۵ تور برای لیزر تقویت CVL [۸]و در فاصله ۱۴ الی ۳۰ 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. همانطوریکه درشکل 3 نشان داده می‌شود با افزایش

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]

فشار، g_0 افزایش پیدا می‌کند تا اینکه در فشار ۱۱ تور مقدار g_0 به $۰/۰۷۱cm^{-1}$ می‌رسد. و بعد از آن کاهش می‌یابد. دمای داخل لیزر درطول آزمایش باید ثابت نگه داشته شود. با توجه به ثابت بودن پهنای خط دوپلر، سطح مقطع گسیل القایی بطورتقریب بدون هیچ تغییر باقی می‌ماند. باافزایش فشار $g_0=(\Delta N)\ \sigma_{st}$ بخاطر افزایش وارونی جمعیت مقدار بهره ابتدا افزایش یافته و از فشار ۱۱ تور به بعد ،بعلت برخوردهای ناکشسانی که صورت می‌گیرد دمای الکترونها کاهش یافته و وارونی جمعیت کاهش می‌یابد، دراین نرخ پمپاز به تراز بالاتر کمتراز 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 $E_s=\upsilon h/\ \sigma_{st}\ \tau_2$ چون σ_{st} ثابت است. با افزایش فشار تا ۱۱ تور طول عمر تراز انتقال بالایی لیزر (τ_2)کاهش یافته و شدت اشباع تا فشار بهینه ۱۱ تور افزایش یافته و بعد از فشار بهینه با افزایش فشار بعلت برخوردهای غیر تابشی ، τ_2 افزایش می‌یابد و در نتیجه شدت اشباع کاهش خواهد داشت. انرژی خروجی از تقویت کننده با توجه به رابطه $g_0\ E_s\ AL$ ، 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 می‌در 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 - ۷تور برای لیزر CBL یک رفتار غیر خطی و دارای یک ماگزیمم در فشار۱۱ تور می‌باشد. در مقایسه با CVLوGVL ما رفتار هر نوع پارامتر تقویت را که بستگی به بازه انتخابی فشار دارد. بررسی نموده که برای بعضی در یک بازه، رفتارش خطی و بعضی دیگر، در بازه دیگری از فشار بصورت غیر خطی است که دارای یک پیک در فشار خاص یعنی فشار بهینه می‌باشد.

.

REFERNCES

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. Behrouzinia, 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. Behrouzinia, 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. Behrouzinia, 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. Behrouzinia, 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. Behrouzinia, 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. Behrouzinia, 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)

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد

[Downloaded from opsi.ir on 2026-10-31]