

---

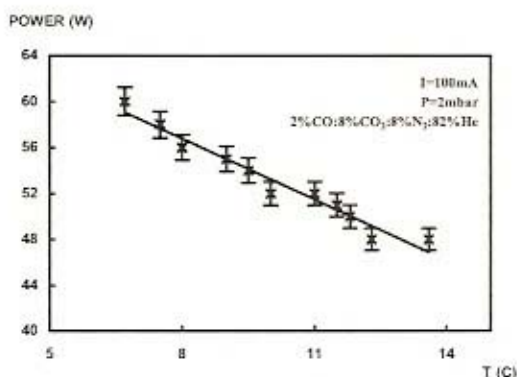
جرى تقويم هذه المقالة من قبل مقيمين في وحدة أبحاث الليزر / الجامعة التكنولوجية ، بغداد ، العراق

---

## **Design, Construction and Operation of a Multi-Stage Large-Bore CW CO<sub>2</sub> Laser**

In this work, a CW CO<sub>2</sub> laser system of five discharge stages was designed, constructed and operated with longitudinal electrical discharge and axial gas flow. The laser system was characterized by measuring output laser power as function of output coupler reflectivity, discharge tube length and cooling water temperature. The maximum output power obtained was 135W for the TEM<sub>10</sub> mode.





شكل (8) علاقة درجة حرارة ماء التبريد بقدرة الخرج الليزري

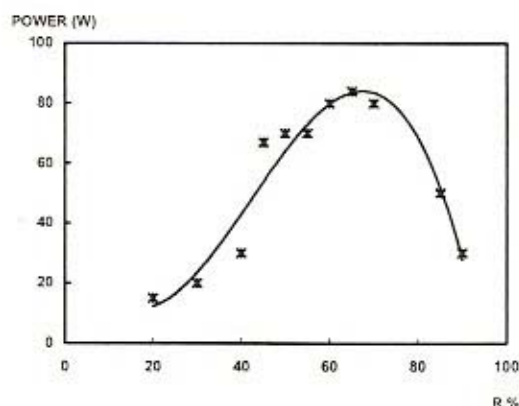
#### ٤- (الاستنتاجات)

أدت زيادة طول الوسط الفعال إلى زيادة قدرة الخرج الليزري بشكل خطي. وقد لاحظنا تغير الأنماط المستعرضة للشعاع الخارج بشكل كبير، فعند طول (1.4m) للوسط الفعال لاحظنا أن شعاع الليزر الخارج يعمل بالنمط (TEM<sub>30</sub>) فيما لاحظنا أن النمط (TEM<sub>10</sub>) يكون هو النمط العامل في حالة طول (3.8m) للوسط الفعال، ويعزى ذلك إلى التغير الحاصل في عدد فرينيل للمرنان البصري. كذلك لاحظنا أن أفضل أسلوب لتهييج الوسط الفعال هو بتجزئة الوسط الفعال إلى جزأين إذ يتم تقليل فرق الجهد المطلوبة لإحداث التفريغ الكهربائي. تحسن أداء منظومة الليزر عند زيادة عدد فتحات خروج الماء الساخن من منطقة التفريغ الكهربائي.

#### (المصادر)

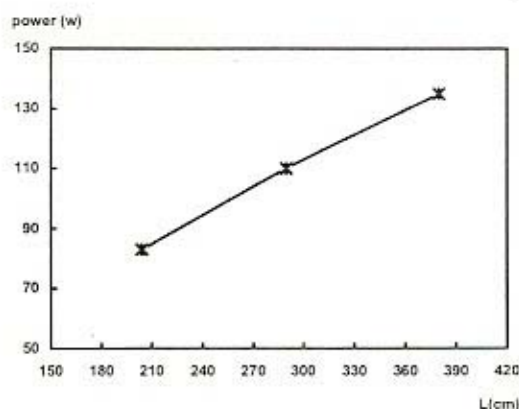
- [1] Patel, C. K., Faust, W., and McFarlane, R., *Bull. Amer. Phys. Soc.*, 9, 500 (1964).
- [2] Patel, C. K., Tien, P. K. and McFee, J. H., *Appl. Phys. Lett.*, 7, 11 (1965).
- [3] Sobolev, N. and Sokovikov, V., *Sov. Phys. USPEKHI*, 10(2), 153 (1967).
- [4] Wood, O. R., *Proc. IEEE*, 62(2), 353 (1974).
- [5] Al-Rubaiey, N., Hamadi, O. and Raouf, D., *Iraqi J. Laser A*, 1(1), 1-6 (2002).
- [6] Harry, J. and Evans, D., *IEEE J. Quantum Electron.*, 24(3), 503 (1988).
- [7] Jirmann, J. and Stanik, K., *Electron Lett.*, 18, 790 (1982).
- [8] Carbone, R. J., *IEEE J. Quantum Electron.*, 3(9), 373 (1967).
- [9] Dyer, P. E. and Raouf, D. N., *Opt. Commun.*, 53(1), 36 (1985).
- [10] Dyer, P. E. and Raouf, D. N., *Appl. Opt.*, 24, 3512 (1985).
- [11] Kingslake, R., *Applied Optics and Optical Engineering*, Vol.1, Academic Press (NY) (1974), 170-174.

حيث تمثل  $R$  الانعكاسية و  $L$  طول المرنان البصري و  $D$  قطر منطقة التفريغ.



شكل (6) تأثير تعكسية مرآة الخرج على قدرة الخرج الليزري لخمس مراحل للمنظومة عند  $T=7.5^{\circ}\text{C}$  وخليط غازي  $10\% \text{CO}_2, 6\% \text{N}_2, 84\% \text{He}$

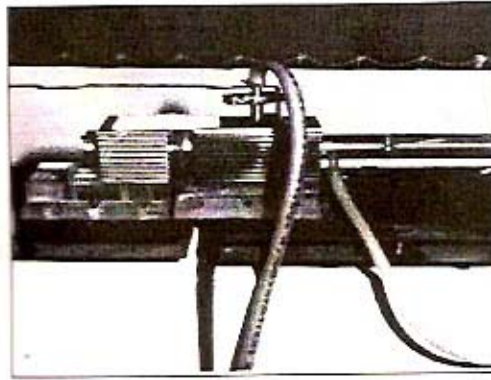
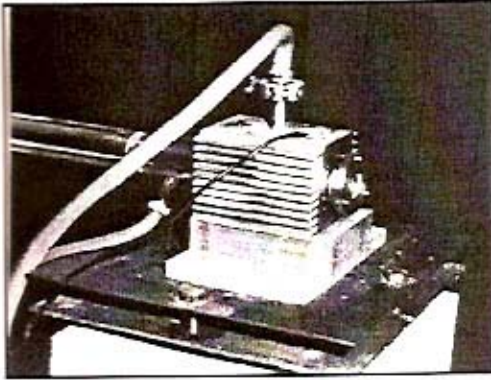
إن انخفاض قدرة الخرج الليزري تعزى إلى ضعف أداء منظومة التبريد. كما لاحظنا أن زيادة طول الوسط الفعال أدت إلى زيادة قدرة الخرج الليزري بنسبة (25W/m) إذ حصلنا على أعلى قدرة خرج ليزري (135W) عند النمط (TEM<sub>10</sub>) وطول وسط فعال (3.8m)، وكما في الشكل (7).



شكل (7) علاقة طول أنبوب التفريغ الكهربائي بقدرة الخرج الليزري

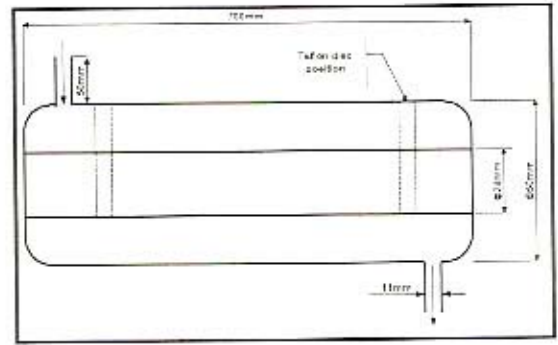
إن مقدار قدرة الخرج الليزري المستحصلة هي أقل مما هو متوقع بسبب ارتفاع درجة حرارة ماء التبريد، والشكل (8) يبين تأثير درجة حرارة سائل التبريد على قدرة الخرج الليزري إذ لاحظنا أن منظومة التبريد لم تتمكن من تبريد منطقة التفريغ الكهربائي بالشكل المطلوب. وهذا يتطلب تصنيع منظومة تبريد بقدرة تبريد أكبر لكي يعمل الليزر بالشكل الأمثل.

جرى تهييج الوسط الفعال بواسطة مجهز ذي قدرة مستمرة (DC Power Supply) مصممين محلياً بجهد الأول (15kV, 200mA) والثاني (30kV, 500mA). وقبل الشروع بتشغيل منظومة الليزر، تم سحب الهواء من منطقة التفريغ الكهربائي بواسطة مضخة تفريغ دوارة ذات مرحلتين نوع (Leybold-Heraeus D30A) تعمل بمعزل سحب (150/min) إذ تم الحصول على ضغط داخل أولي بحدود ( $10^{-3}$  Torr) عند النقطة القريبة من فتحة خروج الغازات. جرى قياس الضغط داخل المنظومة باستخدام مقاييس بيزانسي رقمي نوع (Edward PRM10). أدخل الخليط الغازي إلى منطقة التفريغ الكهربائي وجرى قياس ضغطه عند فتحات الدخول والخروج إذ يتم تحديد ضغط الخليط الغازي حسب الحاجة من عملية التشغيل الشكل (5) يمثل صورة فوتوغرافية لمنظومة الليزر ذات المراحل المتعددة.

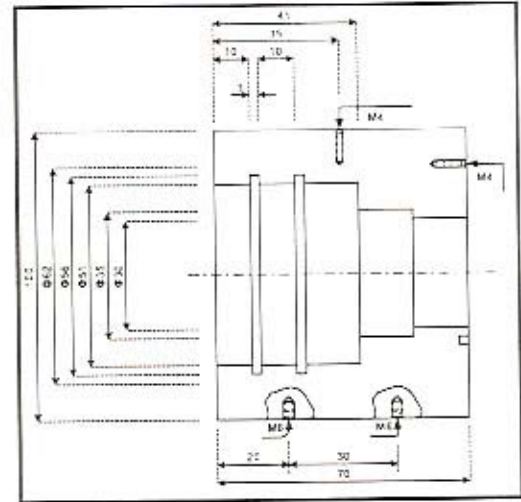


شكل (4) صورة فوتوغرافية لحامل المرايا الخلفية (الأعلى) والأمامية (الأسفل)

في الشكل (3)، يحتوي القطب على مشعات (زعانف) للتبريد من خلال ملامسة القطب للهواء إذ تعمل هذه المشعات على زيادة المساحة السطحية للانتشار الحراري وكانت المسافة ما بين كل مشعين متعاقبين (0.65cm) وعمق (1.5cm) ويواقع عشرة أخاديد على كل من جانبي القطب كما احتوت هذه الأقطاب على فتحات لدخول وخروج الغازات التي ومن منطقة التفريغ الكهربائي. لأجل منع تسرب الغازات من داخل حيز التفريغ، وضعت حلقات مطاطية (O-ring) أبعادها (4.1cm(L)x5cm(Φ)) داخل التجويف الأسطواني للقطب، والشكل (4) يبين صورة فوتوغرافية لحامل المرايا الخلفية والأمامية وزعانف التبريد.



شكل (1) مخطط لأجود التفريغ الكهربائي



شكل (2) مخطط لقطب التفريغ الكهربائي لحامل المرايا

### ٣- النتائج ومعايرة المنظومة

جرى معايرة منظومة الليزر للحصول على أفضل أداء لها وكانت قدرة الخرج الليزري تزداد بزيادة العكاسية مرارة الخرج وقد بلغت ذروتها عند انعكاسية (65%) إلا أنها بدأت بالانخفاض بعد هذه القيمة وكما في الشكل (6)، إن قيمة الانعكاسية التي تم الحصول عليها على أفضل قدرة خرج مقاربة لقيمة (69%) وهي محسوبة من المعادلة الآتية:

$$R(\%) = 1 - \frac{L}{500D} \quad (1)$$

جرى تثبيت الأقطاب الكهربائية على قواعد من مادة البيرسبيكس تحسوي على لوالب ترصيف الأقطاب على استقامة المحاور البصري. استخدمت قواعد كونكريتية بشكل متوازي الأضلاع كمنضدة بصرية لتصب حوامل الأقطاب.

تألف المرنان البصري من مرارة خلفية مقعرة مصنوعة من مادة السحاس المعطى بالذهب بقطر (5cm) وسمك (1cm) ونصف قطر تكور (10m) وانعكاسية (98%). يمتلك هذا النوع من المرايا توصيلية حرارية تبلغ ( $393W.m^{-1}.K^{-1}$ ) ومعامل تمدد حراري ( $1.7 \times 10^{-5} K^{-1}$ ) وانعكاسية (1.2%). أما مرارة الخرج فكانت مستوية مصنوعة من بلورة سيلينيد الزرنيخ (ZnSe) بقطر (5cm) وقد تم توظيف عند منها تراوحت انعكاسيتها ما بين (20%-80%).

ضياء نوري رؤوف<sup>(١)</sup>  
نجم عبد الكاظم الربيعي<sup>(٢)</sup>  
سهى إبراهيم عبد اللطيف

(١) قسم العلوم التطبيقية  
الجامعة التكنولوجية  
بغداد - العراق  
dnraouf2005@yahoo.com

(٢) قسم العلوم التطبيقية  
الجامعة التكنولوجية  
بغداد - العراق  
nakalrub@yahoo.com

## تصميم وبناء وتشغيل منظومة ليزر ثنائي أوكسيد الكربون المستمر ذات المراحل المتعددة وبقطر تفريغ كبير

جرى في هذا العمل تصميم وبناء وتشغيل منظومة ليزر ثنائي أوكسيد الكربون المستمر بخمسة مراحل للتفريغ الكهربائي الطولي والجريان المحوري للغاز وبقطر تفريغ كبير (2.4cm). جرت معايرة منظومة الليزر من خلال قياس قدرة الخرج الليزري كدالة لانعكاسية مرآة الخرج وطول أنبوب التفريغ الكهربائي ودرجة حرارة ماء التبريد. وقد بلغت اعظم قدرة خرج ليزري (135W) وبالمنظومة TEM<sub>10</sub> لشعاع الليزر الخارج.

Keywords: CO<sub>2</sub> Laser, CW Laser, Multistage Discharge, Axial-Flow Gas

استلام: ١ آب ٢٠٠٤، تصحیحات: ١٤ لیلول ٢٠٠٤، قبول: ١٤ تشرين أول ٢٠٠٤

تصل إلى أكثر من (10kW)، كما جرى تضيق عرض النطاق الترددي لحزمة الليزر إلى أقل من (0.5GHz) والعمل بالمنظومة الأساسية (TEM<sub>00</sub>) [9-10] لأجل استخدامها في الدراسات الطيفية ومنظومات الاتصالات البصرية.

### ٢- الجزء العملي

جرى تصنيع أنبوب التفريغ الكهربائي من مادة البايروكس بطول (70cm) وهو عبارة عن أنبوبين منطقي المحور البصري قطر الداخلي (2.4cm) وقطر الخارجي (5cm) وهما مغلقين من الجانبين، وكما في الشكل (1). أخسبر البايروكس تكون معامل تمدده الحراري قليل (بحدود  $3 \times 10^{-7} \text{ mm}^{\circ}\text{C}$ ) ونقطة التليين له بحدود  $(565^{\circ}\text{C})$  ونقطة التليين بحدود  $(820^{\circ}\text{C})$  [11] وهذا يتناسب مع درجة حرارة التفريغ الكهربائي التي تكون بحدود  $(400^{\circ}\text{C})$  عند ضغط 14torr للغاز. الأنبوب الخارجي يحتوي فتحيتين إحداهما لدخول ماء التبريد والأخرى لخروجه. جرى ترصيف مجموعة من أنابيب التفريغ الكهربائي على استقامة المحور البصري للحصول على وسط فعال بطول (3.8m) وطول مرئان بصري (3.9m).

استخدمت أقطاب كهربائية مصنوعة من كتل معبئة الشكل من مادة الفولاذ المقاوم للصدأ حيث بلغت أبعاد القطب الواحد  $10(\text{W}) \times 10(\text{H}) \times 13(\text{L}) \text{ cm}^3$ . ثقبقت بعض الأقطاب بثقب داخلي أسطواني الشكل ومن الجانبين بقطر (5cm) وعمق (4.1cm) لغرض ربط أنابيب التفريغ الكهربائي على جانبيه للحصول على منطقة تفريغ مستعدة للمراحل. كما جرى عمل أختود دائري على الوجه الجانبي للقطب لتثبيت حنكة مطاطية مع لولب لتثبيت المرايا الخلفية والأمامية عليها وكما في الشكل (2). استخدم عدد من الأقطاب المعدنية كقطب كاثود (Cathode) وعند أخر كقطب أنود (Anode)، وكما

### ١- النظرية

جرى تشغيل أول منظومة ليزر ثنائي أوكسيد الكربون ذي الموجة المستمرة عام ١٩٦٤ من قبل Patel [1]. وقد تحسن أداء منظومات الليزر من حيث قدرة الخرج الليزري والكفاءة بإضافة غازي النتروجين والهيليوم [2] وكذلك تبريد منطقة التفريغ الكهربائي بالماء [3]. يعمل غاز النتروجين في الخليط الغازي لليزر ثنائي أوكسيد الكربون كمستودع للمستوي العنوي لجزيئة ثنائي أوكسيد الكربون فيعمل غاز الهيليوم على مجانسة منطقة التفريغ الكهربائي وتبريد الوسط الفعال المنتج لليزر. كذلك استخدمت نسب خلط مختلفة من الغازات الثلاث (CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub>:He) للحصول على أفضل أداء لمنظومة الليزر وإن هذه النسب تعتمد على مواصفات ليزر ثنائي أوكسيد الكربون المطلوب [3-5]. جرى تبريد الوسط الفعال بزيادة سرعة جريان الخليط الغازي داخل حيز التفريغ وادي ذلك إلى تخليص منطقة التفريغ الكهربائي من الغازات الساخنة نتيجة عملية التفريغ الكهربائي ووفر خليطاً كانت فيه جزيئات الوسط الفعال في المستوى الأرضي [6].

نظراً للتطبيقات العلمية والصناعية والطبية واسعة النطاق للليزر ثنائي أوكسيد الكربون، فقد تطلب الأمر تقسيم منها أن تعمل بقدرات خرج واطنة ونسب تشغيل مستو ومهيجة بوساطة الترددات الراديوية (RF) [5,7] أو أن تعمل بقدرات خرج وطاقات ومعدلات تكرارية عالية مما يحتم عملها في بعض الأحيان بضغط خليط غازي عال جداً يصل إلى عدة ضغوط جوئية وأن تعمل بالتهييج المستعرض (TE) (Transverse Excitation) أو عند الضغط الجوي (TEA) [5,9]، وقد ساعد ذلك على تهييج الوسط الفعال بغولتسيات قليلة. لقد استخدمت ليزرات ثنائي أوكسيد الكربون بكثرة في عمليات القطع واللحام خصوصاً تلك التي يتم تشغيلها بمنظومة TEA ذي الموجة المستمرة والحصول منها على قدرة خرج ليزري