# ديناميكية تشغيل ليزر ثاني اوكسيد الكاربون المستمر ودراسة بعض معلمات البلازما المنتجة باليزر

**الدكتورة عواطف صابر جاسم**

جامعة تكريت / كلية العلوم / قسم الفيزياء

**الخلاصة:**

تم في هذه الدراسة تأهيل منظومة ليزر ثاني أوكسيد الكاربون المستمر ( CW $Co_2$ Laser ) حيث تم تغير بعض المكونات الأساسية للمنظومة ، ومن هذه المكونات مجهز القدرة الكهربائي المستمر بفولتية خرج مقدارها ( 12KV) وتيار (100 mA) . لغرض قياس درجة الحرارة تم ربط المنظومة بمقياس رقمي (Digital Thermometer) حيث تم من خلاله دراسة تأثير درجة حرارة الوسط الليزري على المعلمات الأساسية.

تم خلال هذه الدراسة قياس بعض المعلمات الأساسية وتأثيرها على قدرة الخرج الليزري واختيار الشروط المثلى للتشغيل المنظومة في حالتي تشغيل المنظومة باستخدام ثلاث أسطوانات للغازات ($CO_2$ -$N_2$ -He) على انفراد ، والحالة الثانية استخدام خلطة غازية مجهزة من قبل شركة (PHWY) الألمانية وبنسب (He:82% -$N_2$:13.5% -$CO_2$:4.5%) . وتم دراسة بعض المعلمات وتأثيرها على قدرة خرج ليزر $CO_2$ من خلال دراسة تغيير ضغط الخليط الغازي داخل انبوبة التفريغ الكهربائي ، وكذلك تأثير تغيير تيار التفريغ الكهربائي إضافة إلى تأثير تغيير نسبة غاز He في خليط الغازات على هذه القدرة . أظهرت النتائج العملية ان أفضل ضغط لخليط الغازات الجاهزة لتوليد الليزر هو (30 mbar) بينما كان أفضل ضغط عند استخدام الغازات كلٌ على انفراد هو ( 25 mbar ) بنسب (10:15:75) %للغازات ( $CO_2$ , $N_2$ , He) على التوالي عند تيار التفريغ مختلفة ، اما أفضل تيار تفريغ فكان ( 12 mA ) ، اما أفضل نسبة لغاز الهليوم في خلطة الغازات كانت ( 75% ) .وكذلك تم دراسة خصائص بلازما ليزر $CO_2$ والتوصل الى القيمة النظرية لقدرة الخرج الليزري ومقارنة هذه القيمة مع القيمة العملية المحسوبة.

**الكلمات المفتاحية**: ليزر ثاني أوكسيد الكاربون، الهليوم، النتروجين، خليط غازات، بلازما، تيار التفريغ الكهربائي.

## Introduction المقدمــة

أكتشف ليزر الياقوت عام ( 1960 ) من قبل العالم ( Maimen ) وكان من النوع النبضي ، وعلى ضوء التطور العلمي والتكنولوجي تم بناء ليزرات كثيرة تختلف من حيث أوساطها الفعالة عن بعضها البعض ، فقد تكون هذه الأوساط ( صلبة ، سائلة ، شبه موصله، غازية) وبالتالي فأن اختلاف هذه الأوساط يسبب توليد أشعة ليزرية بأطوال موجية مختلفة[١]. وفي عام ( 1964 ) صمم العالم ( Patel ) أول ليزر ثاني أوكسيد الكاربون بقدرة خرج ليزري ( 1mW ) ،حيث يصنف هذا اليزر ضمن الليزرات الغازية الجزيئية وذلك لأن الوسط الفعال عبارة عن جزيئات ثاني أوكسيد الكاربون المتهيجة التي تستطيع تضخيم الأشعة الكهرومغناطيسية بطول موجي معين عند توفر شرط التوزيع العكسي[2,3]. يتكون الوسط الفعال لليزر $CO_2$ بشكل عام من خليط لثلاث غازات هي : ثاني اوكسيد الكربون $CO_2$ ، والنتروجين $N_2$ ، والهليوم He وتعتمد نسبة خلط هذه الغازات على عوامل عديدة منها : الضغط الكلي للخليط الغازي ، ودرجة حرارة الغاز التي بدورها تؤثر في القدرة الخارجة لليزر ، ومهما اختلفت نسب هذه الغازات ضمن الخليط الواحد من منظومة لاخرى فان الصفة المشتركة لها هي احتوائها على نسبة عالية من غاز He يليه غاز $N_2$ ، ثم غاز $CO_2$[4].

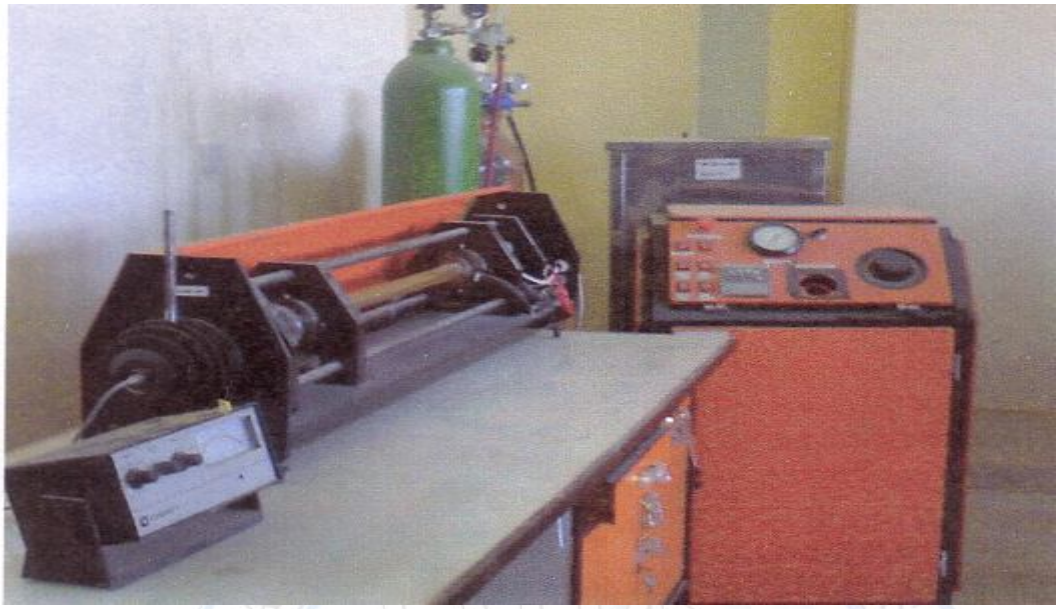
قدمت الكثير من الدراسات والبحوث حول تأثير المعلمات المختلفة التي تؤثر في قدرة خرج ليزر $CO_2$ كما تم دراسة التاثيرات الحرارية السلبية على كفاءة تحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة بصرية مما دعى الى استحداث وسائل متنوعة لتبريد منظومات الليزر . كما اوضح الباحثون تأثير جريان الغاز المستمر داخل انبوبة التفريغ الكهربائي وتأثير معدل الجريان العالي للغاز في تحسين عمل ليزر $CO_2$[٥]. يمتاز ليزر $CO_2$ بامكانية انتاجه لقدرات عالية مقارنة مع كثير من الليزرات الغازية فضلاً عن امكانية تصنيعه باحجام مختلفة ، ان الاطوال الموجية الناتجة عن عملية الفصل الليزري في ليزر $CO_2$ تقع ضمن المنطقة تحت الحمراء في الطيف الكهرومغناطيسي وبالتحديد عند الطولين الموجيين 10.6μm و 9.6μm[٦]. إن ما يتميز به ليزر $CO_2$ كونه شعاع غير مرئي وذو قدرة عالية والتي قد تصل في بعض الحالات الى مراتب عالية ، فمن الطبيعي ان تكون لأشعة الليزر استخدامات متعددة في حقول الابحاث العلمية والتقنيات المختلفة.. في مجال الصناعة يستخدم ليزر $CO_2$ في عمليات القطع واللحام وتثقيب العديد من المعادن ، كما يستخدم في دراسة الاندماج بتاثير الليزر والكتابة والنقش على رقائق اشباه الموصلات وكذلك في مجال الاتصالات على الارض وفي الفضاء ويستخدم كذلك في انظمة التعقب وانظمة التحذير، فضلاً عن استخدامه في مجال الطب والمجالات العسكرية[٧].

**الجانب العملي :**

يتضمن هذا الجانب وصفا" لمنظومة ليزر ثاني أوكسيد الكاربون المستمر المستخدمة في البحث بصورة عامة،والتغيرات التي أجريت على المنظومة للحصول على أفضل شروط للتشغيل لغرض إجراء القياسات المطلوبة.

**١ـ منظومة ليزر ثاني اوكسيد الكاربون المستمر:**

منظومة ليزر ثاني اوكسيد الكاربون المستمر المستخدمة في البحث مصنعة محليا" من قبل وزارة العلوم والتكنولوجيا العراقية، وهي تعمل بنمط الجريان الطولي بقدرة خرج مقدارها (10W) ،والشكل(1) يوضح المنظومة وندرج أدناه المكونات الأساسية للمنظومة:



**شكل (1) :صورة فوتوغرافية لمنظومة ليزر $CO_2$ للجريان الطولي المستمر الموجة.**

**أولا" : الحجرة (الفجوة) البصرية Optical Cavity**

تشمل الحجرة البصرية أنبوب التفريغ الكهربائي ومجموعة من المرايا والنوافذ ،حيث أن أنبوب التفريغ مصنوع من زجاج البايركس بطول (60Cm) وقطر داخلي حوالي (0.7Cm) ،ولغرض تبريد المنظومة بصورة مستمرة فقد أحيط أنبوب التفريغ بغطاء من زجاج البايركس لمرور ماء التبريد . أما مجموعة المرايا المستخدمة فقد تضمنت مرآة خلفية مصنوعة من معدن مطلي بالذهب وذات انعكاسية تصل إلى ( 99.8 %) ومرآة أمامية فتكون مستوية ومصنوعة من مادة سليانيد الخارصين (ZnSe) وذات انعكاسية تصل الى (80 %) . أن نوع المرنان المستخدم هو من النوع النصف كروي ويمتاز بأنه يقع ضمن منطقة الأستقرارية.

**ثانيا": مجهز القدرة Power Supply.**

للحصول على قدرة خرج ليزري يجب تزويد خليط الغازات بالطاقة الكامنة لأحداث عملية التفريغ الكهربائي داخل أنبوب الليزر ،ويتم ذلك باستخدام مجهز قدرة مستمر (H.V.Power Supply) الذي يقوم بتحويل التيار الكهربائي المتناوب (Ac 220 V) الى تيار كهربائي مستمر (12 KV) وتيار (100 mA) ، ولهذا الغرض تم استخدام مقياس تيار وفولتية مناسبة حيث تم ذلك بربط مقياس فولتية (0-30)V وإضافة مقاومة على التوالي مع مقاومة المقياس كحصيلة لقياس الفولتية الى حدود (20KV) ، تم أضافة المقاومة على شكل مقاومات مربوطة على التوالي وذلك للحصول على مقاومة نهائية ذات قدرة عالية تتحمل الفولتية العالية المسلطة حيث كانت قيمة المقاومة الكلية (120 KΩ) المربوطة مع المقياس ،وبسب الفولتية العالية كانت هناك صعوبة في أختيار جهاز لقياس التيار المار بالدائرة الكهربائية لذلك تم استخدام مقياس يتحمل لحد أكثرمن (2 kV) وتيار مقداره (10A) نوع (MF500B) حيث تم ربطه على التوالي لحساب التيار المار في الدائرة.

**ثالثا": منظومة التبريد Cooling System .**

منظومة ليزر ثاني أوكسيد الكاربون مزودة بمنظومة تبريد مغلقة تتكون من مبرد (Chiller) يقوم بتبريد الماء ، ويتكون كذلك من مضخة لضخ ماء التبريد الى أنبوب التفريغ الكهربائي وتدويره بطريقة مستمرة ومن ثم أعادته الى الخزان . وتتم السيطرة على درجة الحرارة من خلال منظم موجود في المبرد.

**رابعا": منظومة التفريغ Vacuum System .**

تتكون منظومة التفريغ من مضخة دوارة (Rotary Van Pump) لها القدرة بسحب نواتج تحلل الغازات من أنبوب التفريغ الكهربائي بضغط يصل الى حدود (5mbar) وتكون المضخة مربوطة الى مقياس لدرجة الفراغ داخل الأنبوب الزجاجي . علما" أن المضخة المستخدم من النوع ذات المرحلة الواحدة.

**خامسا" : وحدات تجهيز الغازات Gas system**

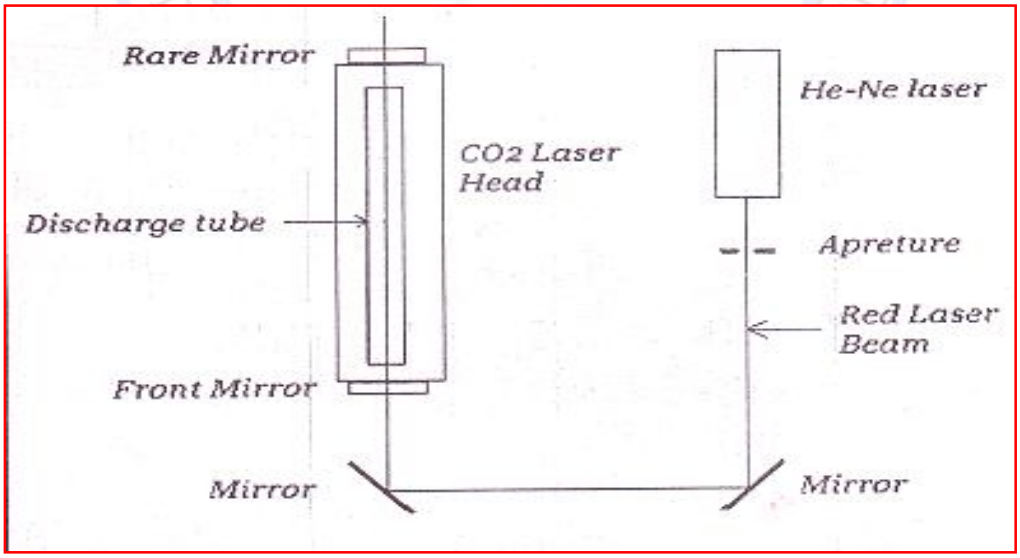
تضمنت وحدات تجهيز الغازات ثلاث أسطوانات لغازات ($He,N_2,CO_2$) تحتوي على مقياس ضغط وتربط الى خلاط للغازات مصنوع من مادة الفولاذ المقاوم للصدأ بسمك (3mm) ،حيث أن قناني الغازات مزودة بصمامات للتحكم بنسب الغازات المطلوبة.

**سادسا": مقياس القدرة Power meter .**

تم استخدام مقياس قدرة خلال العمل نوع (Coherent) موديل (Series Power Meter 1915) يمتلك مدى حساسية تسمح له الكشف السريع لتغير القدرة بحدود (1mW) ، وأن أقصى قدرة يتحسس بها بحدود (10 W) .أن الكاشف مربوط مع دائرة الكترونية تقوم بتحويل الأشعة تحت الحمراء التي يتحسسها الكاشف الى أشارة كهربائية يتم قياسها عن طريق مؤشر ميكانيكي.

**2- ترصيف وتشغيل المنظومة:**

لغرض ترصيف المنظومة يستخدم ليزر He-Ne ذات القدرة (1mW) ،حيث تم وضع أنبوب التفريغ على استقامة مع شعاع الليزر وتم تحريك المحورين الأفقي والعمودي ، أما نافذة بروستر في حالة ليزر $CO_2$ فصنع من مادة ZnSe لأن هذه المادة تمتلك نفوذية عند الأطوال الموجية تحت الحمراء[٨]. والشكل (2) يمثل الترصيف الضوئي المستخدم . وبعد أجراء عملية الترصيف للمنظومة تم تشغيل المنظومة مع التحكم في مواصفات الخلطة الغازية مع التيار والفولتية للحصول على أفضل شروط تشغيل مبينة في الجدول رقم(1) .



**شكل (2) : الترصيف الضوئي لممنظومة لليزر $CO_2$ .**

**جدول رقم ( 1) يوضح أفضل شروط للتشغيل**

| ت | المعاملات | الشرط |
|---|---|---|
| ١ | القدرة الخارجة | 7 W |
| ٢ | تيار التشغيل | 12 mA |
| ٣ | درجة الحرارة | $11C^0$ |
| ٤ | فولتية التشغيل | 6.5 Kv |
| ٥ | ضغط الغاز | 25 mbar |
| ٦ | نسبة خلط الغازات | (10:15:75)% لغازات ($CO_2$-$N_2$-He) |

## النتائج والمناقشة:

**تم الحصول على النتائج التالية وقد تم أدراجها ضمن محاور متعددة وهي:**

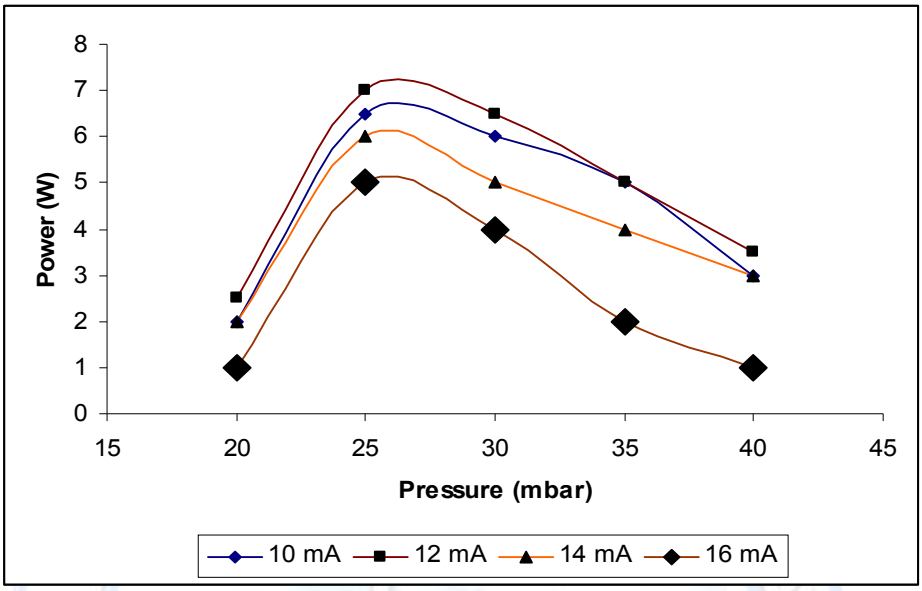
**أولا": دراسة العوامل الموثرة على قدرة خرج ليزر $CO_2$.**

- **دراسة تأثير ضغط الغاز على القدرة الخارجة عند تيار تفريغ معين ودرجة حرارة معينة.**

لغرض دراسة تأثير ضغط خليط الغازات الكلي على قدرة خرج ليزر $CO_2$ عند تيار تفريغ كهربائي معين ودرجة حرارة معينة، تم تهيئة المنظومة وتشغيلها للحصول على حرج ليزري، واجريت الدراسة لحالتي تشغيل للمنضومة.

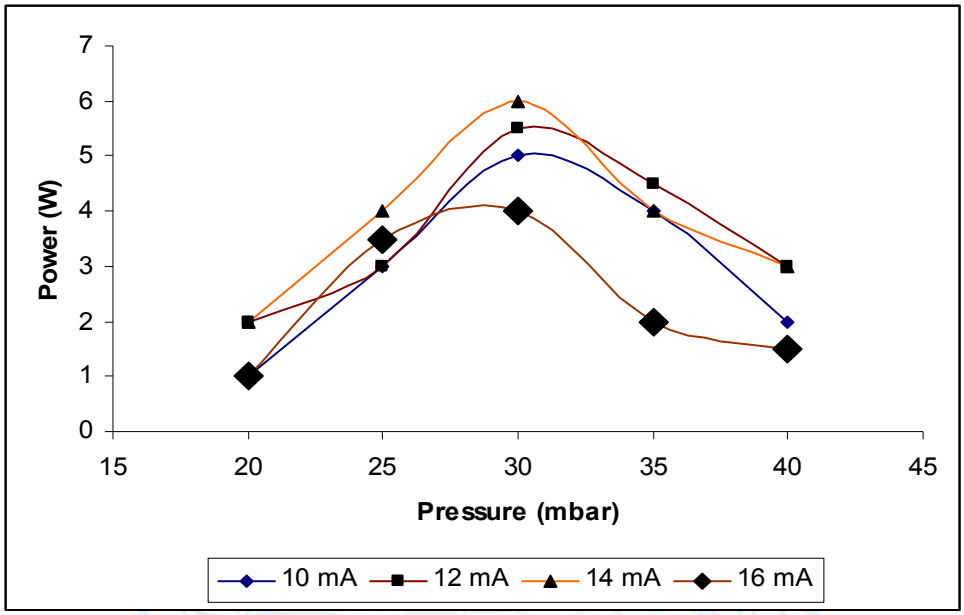
**الحالة الاولى**:عند استخدام خلطة غازية من ثلاث اسطوانات للغازات($CO_2$,$N_2$ He) وتسليط عدة قيم لضغط الغاز داخل انبوب التفريغ الكهربائي ابتداء" من (20)mbar الى (40)mbar وبزيادة (5)mbar في كل مرة، واعيدت هذه الضغوط لاربعة فيم من تيار التفريغ الكهربائي وهي(10,12,14,16)mA وفي جميع الحالات كانت المنظومة تعمل عند افضل درجة حرارة $C^0$(11) . يوضح الشكل (3) علاقة تغيرضغط خليط الغازات داخل انبوب التفريغ الكهربائي مع القدرة الحارجة عند قيم مختلفة لتيار التفريغ الكهربائي ودرجة حرارة $C^0$(11) . حيث نلاحظ من الشكل أن أفضل قدرة تم الحصول عليها هي (7Watt) عند تيار مقداره (12mA) وفولتية تشغيل (6.5 KV) ، نلاحظ من الشكل أن القدرة الخارجة تزداد مع زيادة الضغط أبتداءا" من (20mbar) الى أن نحصل على أفضل قدرة عند أفضل ضغط تشغيلي هو (25mbar) بعدها تبدأ القدرة بالنقصان.ان سبب ازدياد قدرة الخرج تدريجياً عند الضغوط الاقل من ( 25 mbar ) هو زيادة كثافة جزيئات الوسط الفعال والذي يؤدي الى ازدياد عدد التصادمات بين تلك الجزيئات والكترونات التفريغ الثانوية الذي يؤدي بدوره الى زيادة عمليات التأين والتهيج بازدياد معدل انتقال الطاقة بين تلك الالكترونات وجزيئات ( $CO_2$ , $N_2$ ) ، مما يعزز عملية التوزيع العكسي وصولاً الى حالة ألاشباع عند الضغط ( 25mbar ) عندها تكون القدرة اعظم ما يمكن ، اما سبب نقصان القدرة عند زيادة الضغط لقيم اعلى من ( 25 mbar ) فيعزى لزيادة كثافة الجزيئات بحيث ان المجال المسلط يكون غير كافٍ لتهيج او ضخ الجزيئات الإضافية وجعلها تسهم في الفعل الليزري ففي حالة الضغوط العالية

تفقد الكترونات التفريغ طاقتها بالتصادمات غير المؤينة والمهيجة على شكل حرارة والذي يؤدي بدوره الى نقصان معدل المسار الحر لتلك الالكترونات وبالتالي نقصان كفاءة التهيج والتأين[٩].




**شكل ( 3): تغير قدرة خرج الليزر مع تغير الضغط الكلي باستخدام ثلاث اسطوانات غاز عند تيار تفريغ كهربائي مختلفةعند ($C^{o}$ 11 ).**

**الحالة الثانية:** عند استخدام خلطة غازية في أسطوانة واحدة بنسبة خلط ثابتة وهي- ($He$:82% -$N_2$:13.5% $CO_2$:4.5%) فالشكل (4) يبين العلاقة بين ضغط الغاز والقدرة الخارجة لنفس تيارات التفريغ ودرجة الحرارة السابقة، ونلاحظ من الشكل أن أعظم قدرة تم الحصول عليها هي (6Watt) عند الضغط (30) وتيار تشغيل (14mA) وفولتية تشغيل (7KV) ،حيث نلاحظ عند مقارنة النتائج مع الحالة الأولى أن القدرة كانت أعلى وهي (7W) وهذا يدل على تأثير نسب أو ضغوط الغازات على قدرة الخرج الليزري مما يؤثر على شروط التشغيل الأخرى.

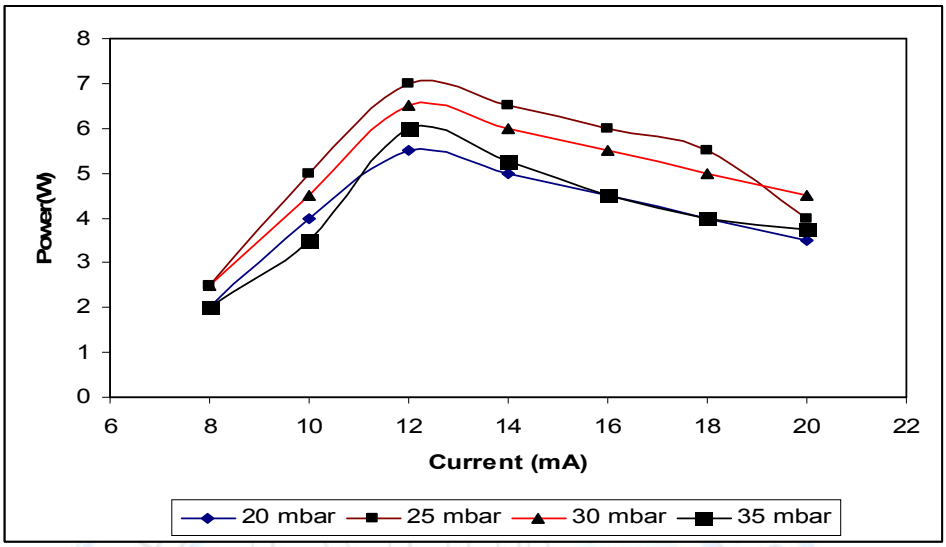



**شكل (4): تغير قدرة خرج الليزر مع تغير الضغط الكلي باستخدام اسطوانة غاز واحدة عند تيارات تفريغ كهربائي مختلفة ودرجة حرارة ($C^o$ 11).**

- **دراسة تأثير تيار التفريغ الكهربائي على القدرة الخارجة عند ضغط معين ودرجة حرارة معينة.**

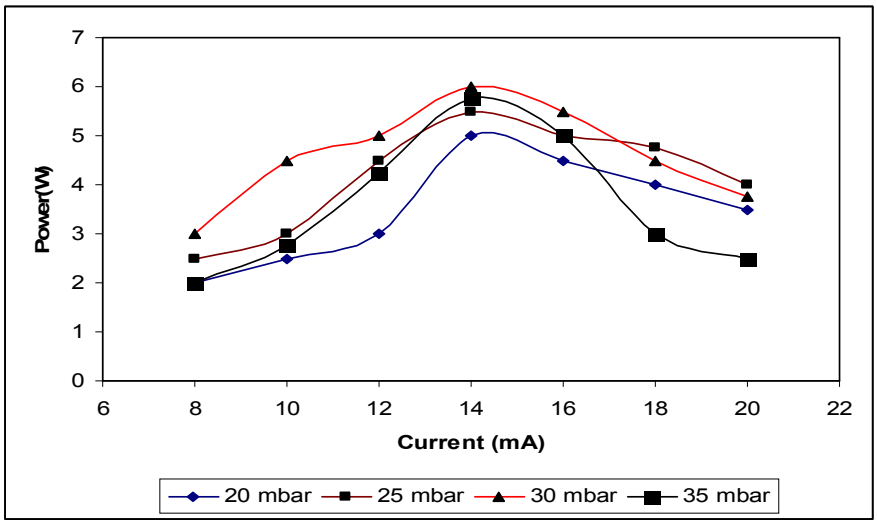
لتحديد أفضل تيار تفريغ كهربائي(current discharge) والحصول على افضل قدرة خرج ليزري ،تم تشغيل المنظومة لمدى من قيم تيار التفريغ الكهربائي ابداء" من (8) mA الى (20) mA وبزيادة (2) mA في كل مرة، كما اعيدت القياسات لاربعة قيم من ضغط حليط الغازات وهي (20,25,30,35) mbar مع بقاء درجة حرارة الوسط اليزري ثابتة وهي $C^0$(11) ،واجريت الدراسة لحالتي التشغيل للمنظومة وهما:

**الحالة الاولى**:عند استخدام خلطة غازية من ثلاث اسطوانات للغازات($CO_2$,$N_2$ He) كلا" على انفراد، ويوضح الشكل(٥) علاقة تيار التفريغ الكهربائي مع القدرة الخارجة لقيم مختلفة من ضغط الغازات ودرجة حرارة ثابتة $C^0$ (11) . ونلاحظ ان افضل قدرة خرج تم الحصول عليها هي W (7) عند تيار تفريغ كهربائي (12) mA وضغط (25) mbar ، ويلاحظ انة عند كل قيمة لضغط الغاز تزداد قدرة الخرج اليزري ،نتيجة زيادة كثافة التيار الكهربائي وبالتالي زيادة عدد التصادمات المهيجة والمؤينة ،اذا يصبح التفريغ الكهربائي اكثر شدة وعلى اكبر حجم ممكن بين القطبين فيبدء معامل الربح الاشارة الصغيرة بالنمو وزيادة نسبة الاستيطان المعكوس للمستويات العليا لجزيئة $CO_2$ بصورة كبيرة والوصول الى اعلى قدرة خرج عند تيار تفريغ (12) mA ، بعدها تبدء بالتناقص ضمن المدى (12-20) m A وذلك بسبب ازدياد التيار الالكتروني وبالتالي زيادة معدل التصادم وتتبدد طاقة الالكترونات على شكل حرارة فتزداد بذلك درجة حرارة الوسط اليزري فيقترب التفريغ التوهجي من التفريغ القوسي مسببا" اضطرابا" في البلازما موديا" الى تقليلنسبة الاستيطان المعكوس وبالتالي تناقص معامل الربح ولكن بعدل ابطاء من التزايد.




**شكل (5) :تغير تيار التفريغ الكهربائي مع تغير قدرة الخرج باستخدام ثلاث اسطوانات غاز عند ضغوط غاز مختلفة ودرجة حرارة ( 11 $C^o$).**

**الحالة الثانية:** عند استخدام خلطة غازية في أسطوانة واحدة بنسبة خلط ثابتة وهي- ($He$:82% -$N_2$:13.5% $CO_2$:4.5%) ، ويوضح الشكل(6) علاقة تيار التفريغ الكهربائي مع القدرة الخارجة لقيم مختلفة من ضغط الغازات ودرجة حرارة ثابتة 11 ($C^0$) ، ونلاحظ من الشكل أن أعظم قدرة تم الحصول عليها هي (6Watt) وتيار تشغيل (14) mA و ضغط (30) وفولتية تشغيل (7KV) ،حيث نلاحظ عند مقارنة النتائج مع الحالة الأولى أن القدرة كانت أعلى وهي (7W) وهذا يدل على تأثير نسب خلط الغازات على قدرة الخرج الليزري مما يؤثر على شروط التشغيل الأخرى.

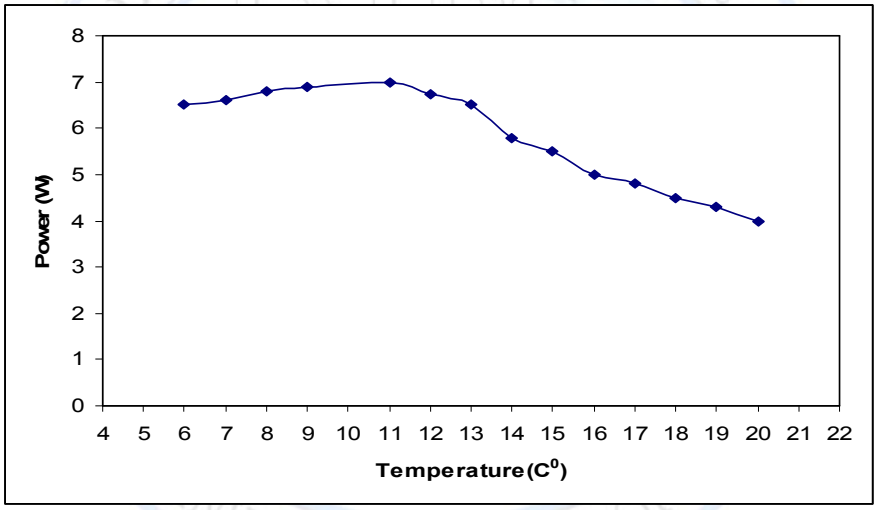



**شكل (6): تغير تيار التفريغ الكهربائي مع تغير قدرة الخرج باستخدام اسطوانة غاز واحدة عند ضغوط غاز مختلفةودرجة حرارة ( 11 $C^o$).**

- **دراسة تأثير درجة الحرارة على القدرة الخارجة لليزر $CO_2$ عند الضغط الامثل وتيار التفريغ الكهربائي الامثل**

تم دراسة تأثير درجة حرارة الوسط الليزري على القدرة الخارجة من خلال ربط Thermometer مع المنظومة وملاحظة درجة حرارة ماء التبريد في حالة التشغيل وتأثيره على قدرة الخرج عند درجة حرارة المختبر ˚ T = 31 C . وبالاعتماد على القيم المثلى لتشغيل المنظومة التي تم الحصول عليها من الدراستين السابقتين من ضغط وتيار تفريغ كهربائي في كلا حالتي التشغيل للمنظمة فى ثلاث اسطوانات للغاز واسطوانة واحدة وكالاتي:

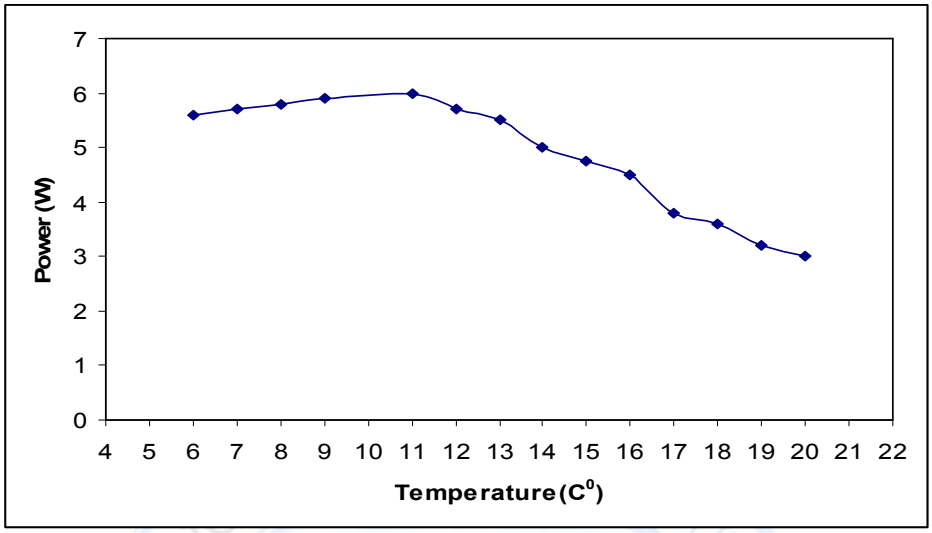
**الحالة الاولى:** عند استخدام خلطة غازية من ثلاث اسطوانات للغازات($CO_2$,$N_2$ He) كلا" على انفراد، ويوضح الشكل(7)علاقة درجة الحرارة مع القدرة الخارجة عند الضغط الامثل (25) mbar وتيار التفريغ الكهربائي (12) mA ، نلاحظ من الشكل انة كلما قلت درجة الحرارة تزداد قدرة الخرج اليزري الى ان تصل لدرجة حرارة معينة$C^0$(11) يحدث فيها الاستقرار في القدرة الخارجة وهي W (7) ، بعدها تبدء القدرة تتناقص وتزداد درجة حرارة الوسط اليزري أن سبب ارتفاع الحرارة هو زيادة الطاقة الحركية لذرات الهليوم نتيجة التصادم مع جزيئات ثاني أوكسيد الكاربون في المستوي (010) لتحقيق شروط التوزيع العكسي لذا فأن عملية التبريد تتم بصورة أساسية عن طريق ذرات الهليوم وذلك بتصادمها مع جدران الأنيوب . وهناك عدة عوامل تؤدي الى زيادة درجة حرارة الأنبوب منها زيادة تيار التفريغ ما بعد القيمة التشغيلية المعتمدة ونصف قطر الأنبوب[٢].




**شكل(7) :تأثير درجة الحرارة على القدرة الخارجة لمنظومة ليزر $CO_2$ المستمر بثلاث اسطوانات للغاز.**

**الحالة الثانية:** عند استخدام خلطة غازية في أسطوانة واحدة بنسبة خلط ثابتة وهي- ($N_2$:13.5% -He:82% $CO_2$:4.5%) ، ويوضح الشكل(8) علاقة درجة الحرارة مع القدرة الخارجة عند الضغط الامثل (30) mbar وتيار التفريغ الكهربائي (14) mA ، نلاحظ من الشكل انة كلما قلت درجة الحرارة تزداد قدرة الخرج اليزري الى ان تصل لدرجة حرارة معينة$C^0$(11) يحدث فيها الاستقرار في القدرة الخارجة وهي W (6) ، بعدها تبدء القدرة تتناقص وتزداد درجة حرارة الوسط اليزري أن سبب ارتفاع الحرارة هو زيادة الطاقة الحركية لذرات الهليوم نتيجة التصادم مع جزيئات ثاني أوكسيد الكاربون في المستوي (010) لتحقيق شروط التوزيع العكسي لذا فأن عملية التبريد تتم بصورة أساسية عن طريق ذرات الهليوم وذلك بتصادمها مع جدران الأنيوب . وهناك عدة عوامل تؤدي الى زيادة درجة حرارة الأنبوب منها زيادة تيار التفريغ ما بعد القيمة التشغيلية المعتمدة ونصف قطر الأنبوب[٩]. ونلاحظ هنا ان القدرة الخارجة هي اقل من الحالة الاولى عند استخدام ثلاث اسطوانات للغاز وهذا يشير الى تأثير نسبة خلط الغازات على القدرة الخارجة لليزر $CO_2$

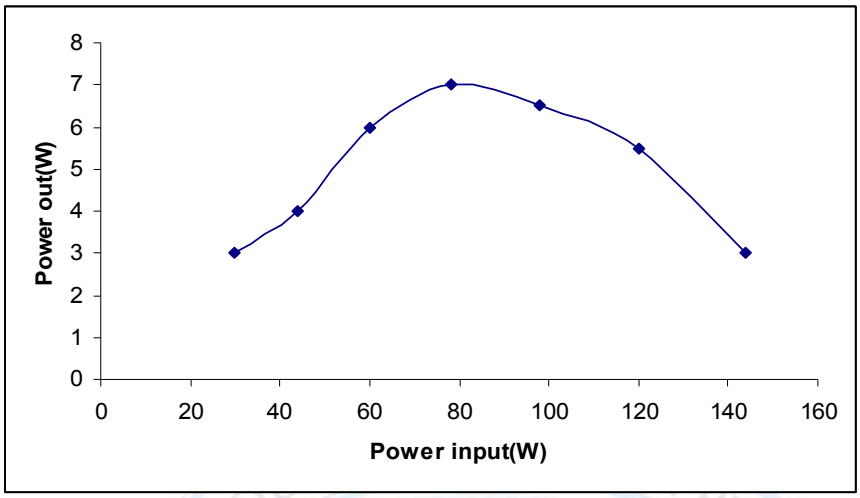
.




**شكل(8): يوضح تأثير درجة الحرارة على القدرة الخارجة لمنظومة ليزر $CO_2$ عند استخدام خلطة غازية في اسطوانة واحدة.**

**ثانيا": دراسة تأثير القدرة الداخلة على القدرة الخارجة.**

تم دراسة تأثير علاقة القدرة الكهربائية المجهزة للمنظومة والتي **Pin=IV** مع قدرة الخرج اليزري عند الشروط المثلى للتشغيل في حالتي التشغيل للمنظومة. الشكل (9) يبين علاقة القدرة الكهربائية الداخلة مع قدرة الخرج الليزري في حالة تشغيل المنظومة باستخدام ثلاث أسطوانات غاز والتحكم في قدرة الداخلة ،حيث نلاحظ من الشكل أن الزيادة في قدرة الدخل تؤدي الى زيادة قدرة الخرج الى أن تصل الى قيمة مثلى لقدرة الخرج وهي (7W) بعدها تبدأ القدرة بالنقصان ، وذلك لأن زيادة قدرة الدخل عن طريق زيادة تيار التفريغ وفولتية التشغيل سيؤدي بدوره الى زيادة طاقة الكترونات التفريغ الكهربائي التي تعتبر أساس عملية التهيج في هذا النوع من الليزرات الغازية التي تمثل أساسا" زيادة التصادمات بشكل عام وبالتالي زيادة عدد الجزيئات المتهيجة.



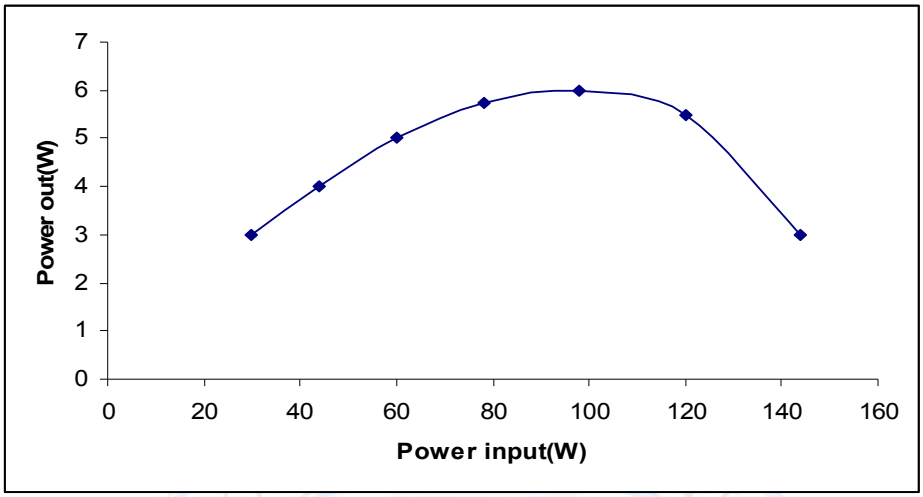

**شكل (9): تغير قدرة الخرج الليزري مع تغير القدرة الداخلة للمنظومة باستخدام ثلاث اسطوانات غاز عند ضغط ( 25 mbar ).**

أما علاقة القدرة الكهربائية الداخلة مع قدرة الخرج الليزري عند ظروف شروط التشغيل المثلى باستخدام أسطوانة واحدة فالشكل (10) يوضح هذه العلاقة وبنسب غازات ثابتة ، حيث نلاحظ أن القدرة التي تم الحصول عليها هي (6W) وهي أقل قيمة" من القدرة في حالة التشغيل باستخدام خلطة من ثلاث أسطوانات ،وذلك لأن الخلطة بنسب ثابتة أثرت على شروط التشغيل المثلى وهذا بدوره يؤثر على قدرة التشغيل . وأن أفضل قدرة تشغيل يتم حسابها في الحالتين باستخدام العلاقة:

$$P_{in} = IV = 6.5 \times 12 = 78\ W$$

أما بالنسبة للمنظومة ذات الخلطة الثابتة فتكون قيمنها مساوية الى الأتي:

$$P_{in} = IV = 6.5 \times 14 = 91\ W$$



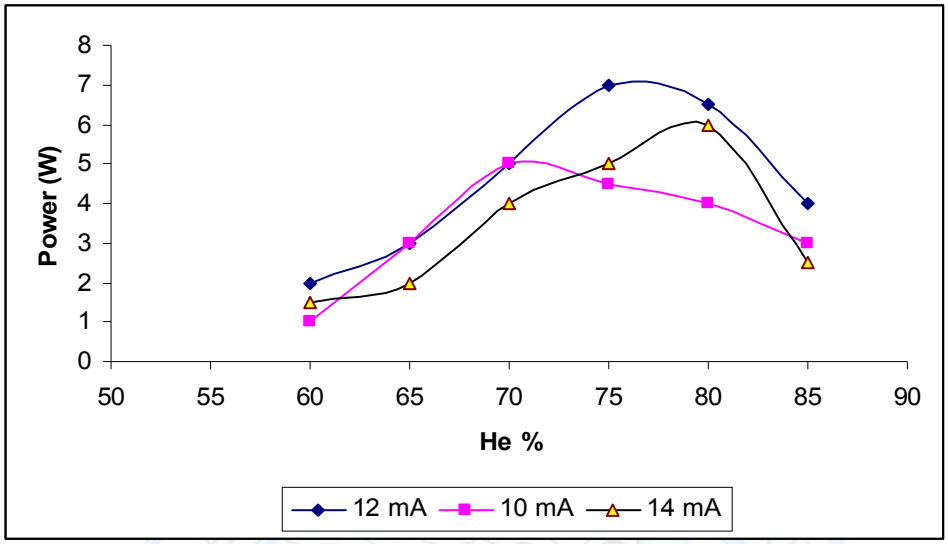

**شكل (10) : تغير قدرة الخرج الليزري مع تغير القدرة الداخلة للمنظومة ذات الخلطة الجاهزة عند ضغط (30 mbar ).**

**ثالثا":دراسة تأثير تغيير نسبة الهليوم He في خليط الغازات على قدرة الخرج الليزري عند تيار معين .**

إن تأثير غاز Heيكون ملحوظاً على قدرة الخرج الليزري ولقيم محددة لتيار التفريغ10mA , 12mA , 14mA , اذ ان زيادة الضغط الجزيئي لغاز الهليوم تزيد من احتمالية جعل المستوى الأرضي خالياً مما يدعم عملية التوزيع العكسي وبالتالي زيادة قدرة الخرج الليزري .

$$CO_2\ (000) + He \longrightarrow He + CO_2\ (010)$$

علاوة على ذلك ان زيادة الضغط الجزيئي لغاز He تعمل على تحسين تجانس التفريغ الكهربائي ولان الهليوم يملك توصيلة عالية للحرارة سوف يزيد من نقل الحرارة المتولدة عن التفريغ الكهربائي الى جدران انبوبة التفريغ لغرض التبريد .ان تركيز ذرات He يكون ذا طاقة مثلى يتم الحصول عندها على أعظم قدرة خرج وان الزيادة الأكبر في الضغط الجزيئي لغاز الهليوم يكون على حساب تقليل الضغوط الجزيئية لغاز $CO_2$ و $N_2$ في الخلطة الغازية وهذا يعني تقليل تركيز الوسط الفعال وبالتالي يحد من قدرة الخرج . ان النسبة المئوية لغاز الهليوم في كل خلطة [ 75% , 80%,85% ,70%, 65% , 60 % ] على التوالي الشكل ( 11 ) يوضح مقارنة بين النتائج التي تم الحصول عليها .




**شكل (11) : تغير قدرة الخرج مع تغير نسبة He في خليط الغازات عند قيم مختلفة لتيار التفريغ الكهربائي.**

يمكن ان نستنتج بان أفضل ضغط تشغيلي للمنظومة هو ( 25 mbar ) عند تيار التفريغ ( 12 mA ) ونسبة خلط % ( 75 : 15 : 10 ) أي أن النسبة المئوية لغاز الهليوم كانت ( 75 % ) وكانت اعلى قدرة خارجة ( 7 Watt ).

**رابعا":حساب كفائة التشغيل لمنظومة ليزر $CO_2$.**

لتحديد كفاءة المنظومة تطبق علاقة قدرة الخرج الليزري بالقدرة المجهزة وهي[٩].

$$\eta = \frac{Pout}{Pin} * 100\% = \frac{Pout}{IV} * 100\%$$

حيث تم حساب اعلى كفاءة كلية للمنظومة عند ضروف التشغيل المثلى وفي حالتي التشغيل وكالاتي:

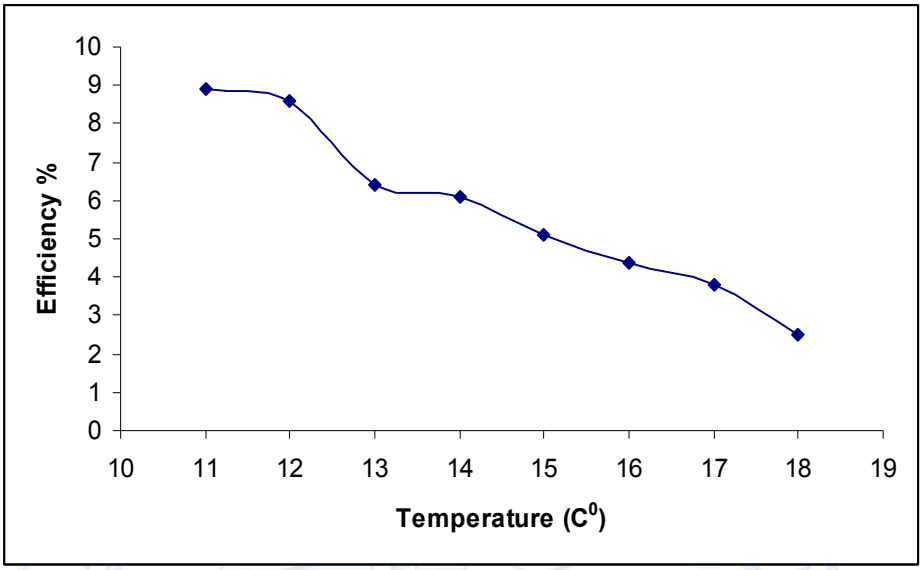
**الحالة الاولى:**عند استخدام خلطة غازية من ثلاث اسطوانات للغازات($CO_2$,$N_2$ He) كلا" على انفراد، كانت كفائة المنظومة هي:

$$\eta = \frac{Pout}{Pin} * 100\% = \frac{Pout}{IV} * 100\% = 8.9\ \%$$

**الحالة الثانية**: عند استخدام خلطة غازية في أسطوانة واحدة بنسبة خلط ثابتة وهي- ($N_2$:13.5% -He:82% ، $CO_2$:4.5%) كانت كفائة المنظومة هي:

$$\eta = \frac{Pout}{Pin} * 100\% = \frac{Pout}{IV} * 100\% = 6.12\ \%$$

اما الشكل (12) فيوضح العلاقة بين كفائة المنضومة وزيادة درجة خرارة ماء التبريد، اذ يلاحظ انخفاض الكفائة تدريجيا" مع زيادة درجة الحرارة بسبب انخفاض قدرة الخرج .




**شكل12): العلاقة بين كفاءة المنظومة وزيادة درجة حرارة ماء التبريد.**

**خامسا": تحليل بلازما الليزر.**

يكون التفريغ الكهربائي للمنظومة هو من نوع التفريغ ذو الإدامة الذاتية ( Self Sustaining Discharge )،لذا فأن قيمة ( E/N ) المتوقعة هي ( $E/N=4.9\times10^{-16}$ V.cm$^2$ ) ، حيث ( E ) يمثل شدة المجال الكهربائي المسلط بين الأقطاب و( N ) يمثل عدد جزيئات الغاز في التفريغ الكهربائي. ولكون هذا النوع من التفريغ من نوع التفريغ ألتوهجي ( Glow Discharge) وأن قيمة أزواج ( الكترون – ايون ) ، ( e-i Rairs ) يكون بحدو

د$cm^3$ ($N_e=4\times10^{10}$) [8]،عندئذ يمكن التعبير عن كثافة التيار كما يأتي [9,10]:

$$J=N_e.e.\ v_d \quad \text{.....} \quad (1)$$

حيث أن :

$v_d$ : تمثل سرعة الانجراف ( Drift velocity ) للإلكترونات في التفريغ الكهربائي وهي بحدود ( $V_d = 5.49$ x $10^6$ cm/sec) وهذه تعتمد على قيمة E/N.

حيث ان e: شحنة الإلكترون تساوي $e = 1.6 \times 10^{-19}$ Columb

**لذا فأن كثافة التيار تسكون :**

$$J = 35 \times 10^{-3} \ A / cm^{-3}$$

*وبما ان قطر انبوب التفريغ الكهربائي الداخلي بحدود ( 0.7 cm ) لذا فأن تيار التفريغ الكهربائي يساوي :*

$$I = 35\ mA \times ( \pi r^{2} )$$

*حيث ان r : نصف قطر أنبوب التفريغ الكهربائي* $r = 0.35\ cm$

*$\pi$ : النسبة الثابتة* $\pi = 3.14$

$$I = 13.4\ mA$$

*وهذه القيمة قريبة من الناتج العملي وهو ( I = 12 mA ) ، وان التقارب بين القيم النظريه والعمليه يؤكدان حالة البلازما كانت من نوع ( Glow Discharge) وان قيمة الالكترونات المتحررة يقارب المفترض نظريا" **[8]**.*

الآن بما ان قيمة المجال الكهربائي تساوي :

$$E = ( E/N ) \times N \quad \text{.....( 2 )}$$

حيث N تساوي:

$$N = P/ KT \quad \text{.....( 3 )}$$

حيث ان :

P : ضغط الغاز الكلي ومن الناتج العملي P = 24 mbar

K : ثابت بولتزمان $K = 1.38 \times 10^{-23} J . K^{-1}$

T : درجة حرارة التفريغ الكهربائي وتساوي تقريبا" T = 400 K تقريباً

لذا فأن :

$$N = \frac{25 \times 10^{-3} \times 10^{5}\ Nt/m^{2}}{}$$

$$N = 4.٥٢٨ \times 10^{17}\ cm^{-3}$$

وبتعويض قيمة E/N و N في المعادلة ( 2) نحصل على :

$E=4.9 \times 10^{-16} V.cm^{2} \times 4.347 \times 10^{17}.cm^{-3}$

$E= 222\ V/cm$

ولما كان التفريغ الكهربائي في المنطقة على طول المسافة (60Cm) والتي تمثل الحيز المحصور بين أقطاب أنبوب التفريغ ، وأن المنظومة المستخدمة تحتوي على ثلاثة أقطاب اثنتين منهما موجبين على طرفي أنبوب التفريغ الكهربائي والآخر أرضي يقع في منتصف المسافة بين القطبين الموجبين ،أي أن المسافة بين القطب الأرضي وأي من القطبين الموجبين هي (30Cm) لذا تكون الفولتية المسلطة بين أحد القطبين الموجبين والقطب الأرضي هي :

$V = EL = 222 \text{ x}30 = 6.66\ kV$

وهي قريبة من الناتج العملي (6.5 KV) وهذا يؤكد الحصول على تفريغ ذاتي.

ان الطاقة الكهربائية الداخلة للمنظومة تساوي :

$P_{in} = IV$ ............................................................... (5 )

$P_{in} = 13.4\times10^{-3}\ A\times6.66\times10^{-3} = 89.244\ Watt$

وبالاعتماد على ما تم حسابه سابقا" بالإمكان حساب قدرة الخرج نظريا" باستخدام العلاقة التالية[١١]:

$P_{out} = Pin \times ή \times t$

حيث أن :

ή : الكفاءة الكمية لليزر $Co_2$ المستمر وتساوي تقريبا 40%، أما t: فتمثل نفاذية مرآة الخرج (ZnSe) وتساوي (20 %) عليه تكون القدرة الخارجة مساوية الى :

$P_{out} = 89.244 \times 0.40 \times 0.20$

$P_{out} = 7.13\ Watt$

وهذه القيمة (7.13 W) قريبة من الناتج العملي (7W) .

دينامیكية تشغيل ليزر ثاني اوكسيد الكاربون المستم

ر ودراسة بعض معلمات البلازما المنتجة باليزر

الدكتورة عواطف صابر جاسم

# The dynamical work of continuous $CO_2$ laser and studying some of plasma parameters produced by laser

**Awatif Sabir Jassim**

**University of Tikrit – College of Science – physics department**

## Abstract :

In this paper we introduce a modified continuous $CO_2$ laser ( CW $CO_2$ laser ) hence some changes in the principle constitutions were done, such that , the continuous power supply with output voltage of 12 KV and 100 mA . For the purpose of measuring the effect of temperature of laser medium on basic parameter, the system was connected to digital thermometer. The measurement of some basic parameters and its effect on the output power of laser and the selection of optimum condition for operating the system in case of operating by using three gas cylinders ($CO_2$, $N_2$, He) separately and the other by using gas mixture of ( He: 82%, $N_2$: 13.5%, $Co_2$: 4.5% ) , three factors were subjected to change , first, the change of pressure of gas mixture inside the electric discharge tube, second, the effect of changing the electric discharge current, third, the effect of changing the ratio of He gas in the gas mixture were achieved the experimental results shows that the best pressure for gas mixture to produce the laser is ( 30 mbar ) while it was ( 25 mbar ) in using each gas separately by ratios ( 10: 15: 75 )% for ( $CO_2$, $N_2$, He ) respectively with different discharge currents . 12 mA was found to be the best discharge current and 75% was the best ratio for He in gas mixture . The characteristics of plasma-laser $CO_2$ was studies, the theoretical value of the output power laser were determined and compared with measured value

Keywords: $CO_2$ laser, He, $N_2$ ,plasma, gas mixture, electric discharge current.

## THE REFERENCES المصادر

[1] T. H .Maimam, Nature .vol.187,P.493,1960 .

[2] Dully W.W: $CO_2$ laser effects and application , Academic press ( London ) ( 1976 ) .

[3] E.P Velikhov , Men. USSR Acad. ., MIR publishers, (1981 ) , "molecular gas laser and applications" , Ch.5 ,PP.1847

[4] King slak , R. , Applied Optics and optical Engineering, Vol. 1 , Academic press ( Newyork ) 1968 , pp . ( 190 – 197 ) .

[5] Demaria , A.J. , : Review of CW High Power $CO_2$ laser , J. IEEE. , Vol ( 61 ) No. (6) (1973) , pp ( 133 – 139 ) .

[6] Brown , C.O. and Daivs , J.W. : Closed cycle Performance of High Power electronic Discharging laser , App. Phys. Lett., Vol. ( 21 ), No. (10) , (1972 ) .

[7] J.J.L Lowke ,A.V.Phelpes , and B.W.Irein ," Predicted Electron Transport Coefficients and Operating Characteristics $CO_2$-$N_2$-He Laser Mixing ," J.Appl.Phys . 44(10), 4464-4471,(1973).

[8] Module 3-8 Energy Transfer in Molecular laser ,LEDT Tutorial on Laser , Internet , ( cord . org ) , ( 2001 ).

[9] Ukkonen K.T. : Carbon Dioxed $CO_2$ laser , laser Review series , Vol. ( 12 ) ( 2000 ) , pp. ( 210 – 212 )

[10] Wilksison , M. : The Behavior of Optics at High Power , Laser Beam Products Ltd. , Internet , ( 2003 ) .

[11] Witteman , W.J. : The $CO_2$ laser , Springer – Verlag (Berlin) ( 1987 ) , pp. ( 1 – 162 ) .