جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

الرسم الصناعي

صيانة منظومات الليزر

الصف الثالث

تأليف

أ. د عدوية جمعة حيدر
أ.م.د. أسماء هادي محمد
حيدر موسى حسين
علي جبر عداي

لجنة التنقيح

لجنة من المديرية العامة للتعليم المهني

الطبعة الخامسة المنقحة
2025 م – 1447هـ

LASERSTAR

الفهرست

التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
	الفهرست	3
	المقدمة	4
الفصل الأول	المخططات الكربائية لمنظومات الليزر	6
	الرسم التخطيطي الإلكتروني بالرموز	7
	ليزر أشباه الموصلات	10
	رسم الدوائر الالكترونية لمجهزات القدرة	11
	مجهزات القدرة لليزر الغاز	13
الفصل الثاني	رسم مساقط معدات أنظمة الليزر	17
	تميد	18
	مساقط اشباه الموصلات	18
	ليزر الحالة الغازية (التركيب الميكايكي)	21
	ترصيف ليزر الهليوم - نيون	23
	ليزر ثانى أوكسيد الكربون	25
	تصميم الملحقات البصرية Design of Optical Accessories	30
الفصل الثالث	دوائر القدح الالكترونية	32
	تمهيد	33
	منظومات السيطرة ومجهزات القدرة لليزر CO_2 المستعرض	35
الفصل الرابع	التراكيب الميكانيكية لأغلب تصاميم منظومات الليزر الشائعة الاستعمال وملحقاتها البصرية	39
	ليزر الحالة الصلبة	40
	المصابيح الوميضية	41
	حجرة الليزر	42
	ليزر الحالة السائلة (ليزر الصبغة)	43
	ليزر الهليوم – زئبق	45
	ليزر الغاز النبضي متعدّد المراحل Multi-Stages Gas Laser	51
	ليزر الحالة السائلة (ليزر الصبغة) Dye Laser	53

المقدمة

لغرض التواصل مع التطور التكنولوجي الحاصل في المجالات الصناعية كافة ، وبتوفيق من الله – عز وجل ، نقدم هذا الكتاب المتخصص في الرسم الصناعي ضمن اختصاص صيانة أجهزة الليزر، وبإسلوب عرض يتوافق مع الاسلوب والمنهجية نفسها في كتابي الرسم الصناعي للمرحلتين، فهو يحتوي على توضيح للمعلومة قبل رسمها فضلاً عن كون هذا التخصص من الأهمية التي تستوجب تركيز المعلومة وان تكون متواصلة ومتكاملة مع ما يتعلمه الطالب في العلوم الصناعية والتدريب العملي.

تضمن الكتاب فصول ، تناول الأول رسم للعديد من الدوائر الالكترونية والكهربائية ابتداءا من رسم والتذكير بالرموز التي تم عرضها في المرحلة الدراسية السابقة ليتم التدريب على رسمها لتنفيذ الدوائر الالكترونية ، أما الفصل الثاني فيتعرف من خلاله الطالب على انواع الليزرات الاكثر شيوعا، مع التدريب على رسم التركيبات المثالية لمنظومات الليزر بحالاته الثلاث، الغازية والسائلة والصلبة فضلا عن المساقط لبعض الاجزاء الرئيسية لمنظوات الليزر الشائعة.

وختاما نتقدم بالشكر إلى السادة الخبراء العلميين والخبير اللغوي لجهودهم في مراجعة الكتاب ليظهر على ما هو عليه، آملين أن تكون هذه المعلومات ذات فائدة عملية تؤهل الطالب في اختصاصه وأساساً لتكملة دراسته في هذا المجال التقني ونسأل الله أن يجعل هذا الكتاب من العلم الذي ينتفع به، آملين أن نكون قد وفقنا في تقديم ما يخدم ويعزز التوجه لدى أبنائنا الطلبة في مسيرتهم العلمية والمهنية، والله وليّ التوفيق.

المؤلفون

2014 م - 1435هـ

Transparent
Tape

الفصل الأول

المخططات الكهربائية لمنظومات الليزر

Electric Schemes of Laser Systems

المحتويات

1. الشكل(1 -1): الرموز الكهربائية والالكترونية المستعملة في الدوائر الكهربائية.
2. الشكل(1 -2): الرموز الكهربائية والالكترونية المستعملة في الدوائر الكهربائية.
3. الشكل (1 -3) : الدائرة الالكترونية الخاصة بضخ ليزر الدايود
4. الشكل (1 -4) : الدائرة الالكترونية الخاصة بضخ ليزر الدايود (دائرة تيار السوق)
5. الشكل (1 -5): الدائرة الالكترونية لمجهز قدرة مستمر باستعمال (معدل نصف الموجة)
6. الشكل (1 -6): الدائرة الالكترونية لمجهز قدرة مستمر باستعمال (معدل الموجة الكاملة)
7. الشكل (1 -7): الدائرة الالكترونية لمجهز قدرة مستمر باستعمال (معدل الموجة الكاملة باستعمال القنطرة)
8. الشكل (1 -8): الدائرة الالكترونية لمجهز القدرة باستعمال الترانزستور .
9. الشكل (1 -9) : مخطط للدائرة الالكترونية الخاصة بمجهز قدرة جهاز ليزر He-Ne .
10. الشكل (1 -10) الشكل (2-22) مخطط يوضح منظومة ليزر ثاني أوكسيد الكربون ذات التدفق الغازي المستعرض مع دائرة مجهز القدرة .

الرسم التخطيطي الإلكتروني بالرموز

تزوّد كلّ الأنواع المختلفة للرسوم الإلكترونية بمخططات إلكترونية تفصيلية ومعلومات حول الدائرة الكهربائية، إذ يصور كلّ مكون إلكتروني في الدائرة بشكل رسم رمز متفق عليه عالميا، ومنعا للالتباس الذي قد يحصل تكتب بجانبها المعلومات اللازمة لنوع التطبيق المناسب لذلك المكون، والذي سوف يساعد كثيرا في فهم المخططات وإجراء عمليات الصيانة عند الحاجة. يعد هذا النوع من المخططات من أدق الرسومات الكهربائية من حيث القراءة، لكونه يحتاج لمعرفة واسعة في كيفية تأثير كلّ من الأدوات الإلكترونية ، أو مقدار تأثّرها بالتيار الكهربائي . وسوف نراجع في هذا الفصل فقط الرموز شائعة الاستعمال في تصوير العديد من المكوّنات في الأنظمة الإلكترونية.

من المناسب ان نعلم عدد من الاختصارات المستعملة في الكتابة على بعض الرموز الالكترونية في الدوائر الكهربائية وهي :

الترانزستور Transistor (Q)

المتسعة Capacitor (C)

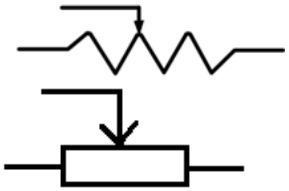
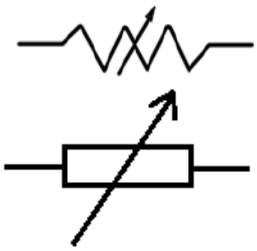
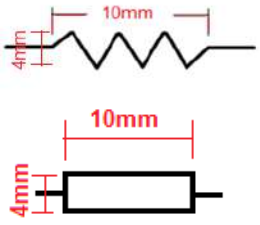
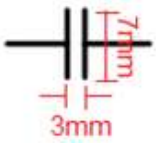
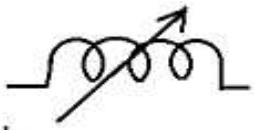
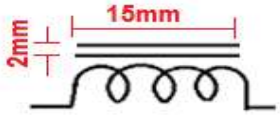
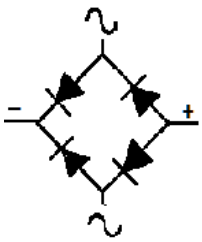
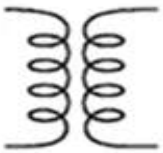
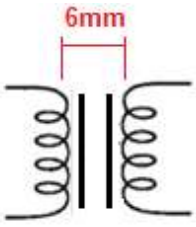
المقاومة Resister (R)

المستحث Inductor (L)

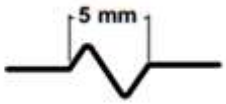
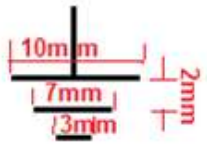
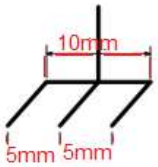
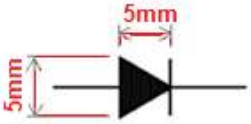
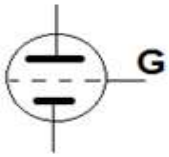
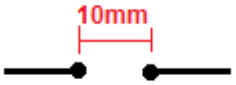
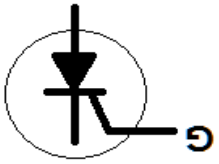
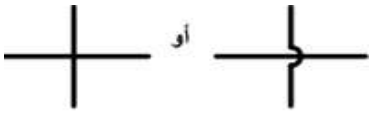
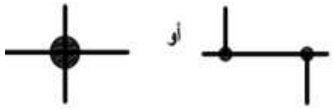
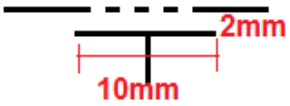
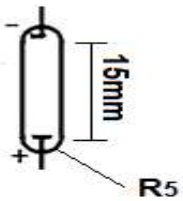
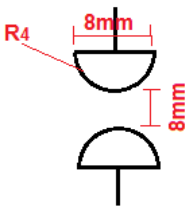
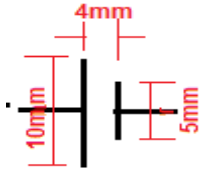
الثنائي (الدايود) Diode (D)

مفاتيح الفولتية العالية مثل فجوة القدح SG والثايرستر SCR...

يبين الشكلين (1-1) و (1-2) بعضا من رموز المعدات الالكترونية، المطلوب التدرب على رسم اللوحتين بمقياس رسم مناسب لأهميتها عند قراءة وتنفيذ الدوائر الالكترونية.

 مقاومة متغيرة **Variable Resistor**	 مقاومة متغيرة **Variable Resistor**	 مقاومة ثابتة **Fixed Resistor**
 متسعة متغيرة **Variable Capacitor**	 متسعة كيمياوية	 متسعة ثابتة (سيراميك) **Fixed Capacitor**
 ملف متغير **Variable Inductor**	 ملف ذو قلب مغناطيسي **Magnetic Core Inductor**	 ملف ثابت **Fixed Inductor**
 القنطرة **Bridge**	 محولة بقلب هوائي **Air Core Transformer**	 محولة بقلب مغناطيسي **Magnetic Core Transformer**

الشكل (1-1) الرموز الالكترونية (1)

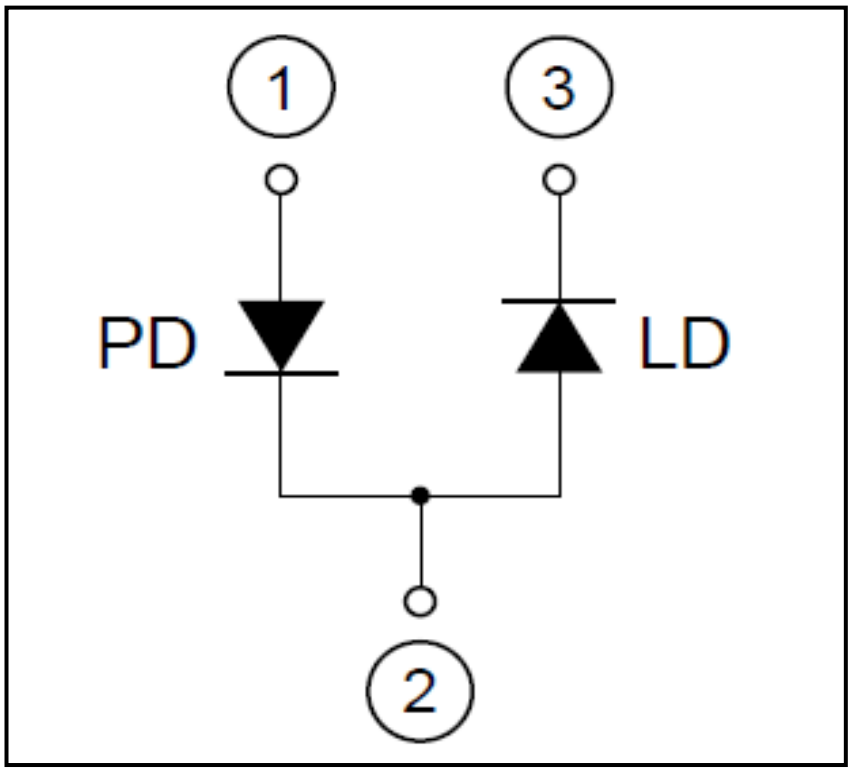
 مرحل **Relay**	 ارضي الدائرة **Circuit Ground**	 ارضي الهيكل **Chassis Ground**
 ثنائي زينر **Zener Diode**	 ثنائي باعث للضوء **Light Emitting Diode**	 ثنائي بلوري **Diode**
 **Thyratron Trigger**	 قادح **Trigger**	 قادح **SCR**
 توصيلة عبور **Crossing Conductor**	 ربط التوصيلات **Conductor Junction**	 التأين الأولي **Preionization**
 مصباح وميضي **Flash Lampe**	 اقطاب الليزر **Laser Electrodes**	 بطارية

الشكل (1-2) الرموز الالكترونية (2)

2-1 ليزر أشباه الموصلات Semiconductor Laser

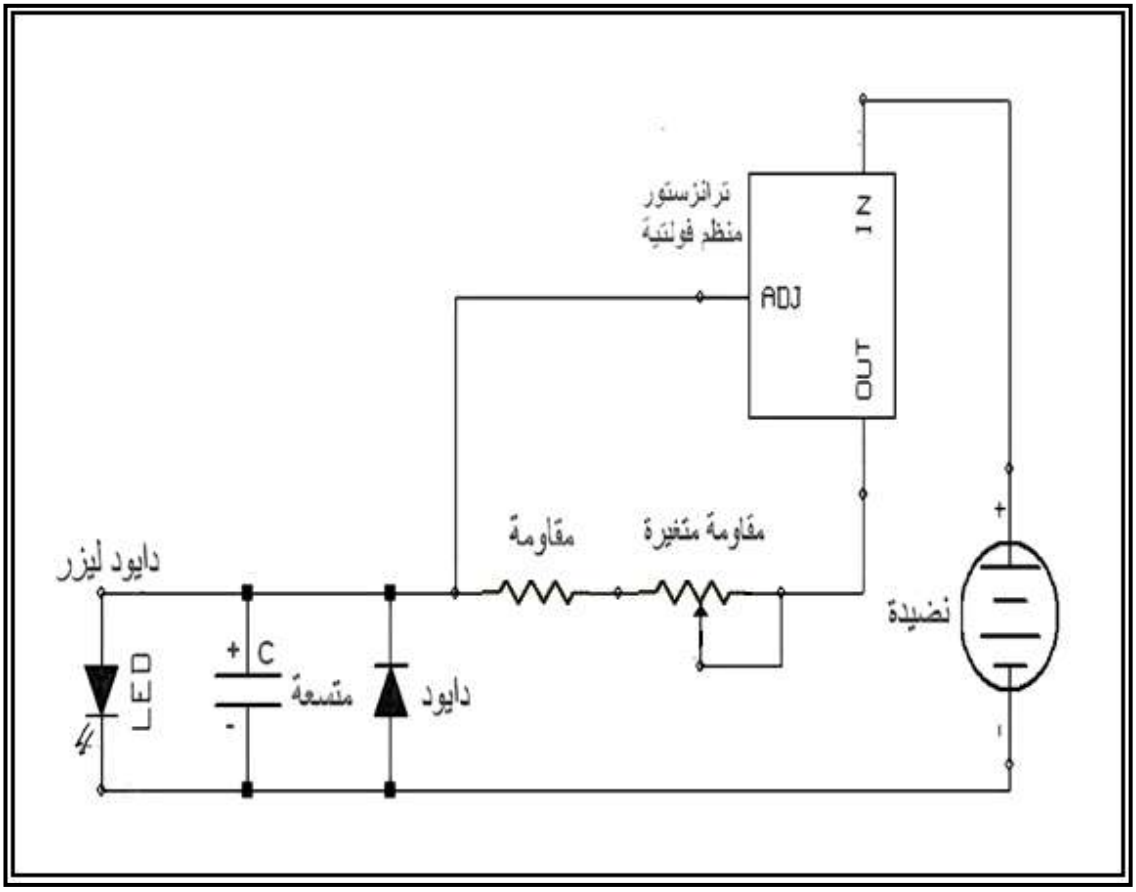
يطلق على ليزر اشباه الموصلات أحياناً بليزر الدايود Laser diode (LD) أو الليزر شبه الموصل وتستعمل المواد شبه الموصلة كأوساط فعالة له مثل زرنيخ الكاليوم GaAs ، يمتاز هذا النوع بحجم واستهلاك طاقة قليلة للغاية (بحدود قدرة 1000mW) ولذلك أصبح يستخدم على نطاق واسع في العديد من التطبيقات والأجهزة الدقيقة كما ويدخل في صناعة الاقراص المدمجة (CD،DVD) وطابعات الليزر وأدوات القياس الدقيقة للمسافات والأطوال والأجهزة البصرية وأقلام التأشير وألعاب الليزر وقد تعددت الوانه فمنه الأحمر والأخضر والأزرق ، أما عملية الضخ فتتم عن طريق تمرير تيار في هذه الوصلة ويسمى بتيار السوق (Driver Current) ، وإذا ما تجاوزت قيمة التيار قيمة العتبة (Threshold) فإن الثنائي يبدأ بتوليد اشعة الليزر.

يمكن ان يمتاز هذا الليزر بقدرة خرج عالية High output power تصل الى 1kW وذلك باستعمال صف من الدايودات. ويبين الشكل (1-3) توصيل الدائرة الكهربائية الداخلية لضخ دايود الليزر.



الشكل (1-3) الدائرة الكهربائية الداخلية لضخ دايود الليزر

يبين الشكل (1- 4) الدائرة الالكترونية الخاصة بضخ ليزر الدايود وهي دائرة تيارالسوق (Driver Current) وكما موضحة تفاصيلها في كتابي العلوم الصناعية والتدريب العملي.



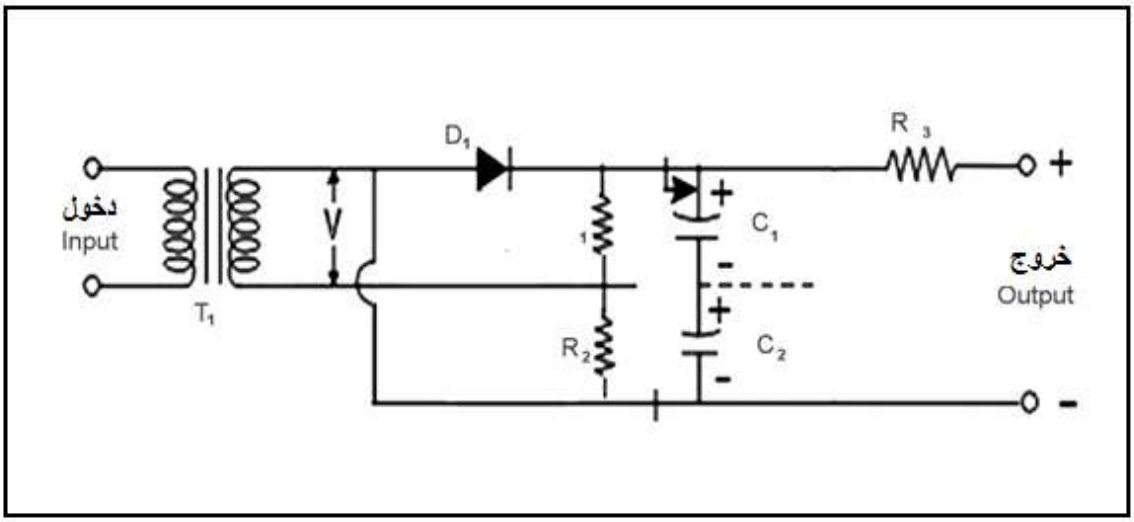
الشكل (1- 4) الدائرة الالكترونية الخاصة بضخ ليزر الدايود (دائرة تيار السوق)

ترسم بمقياس رسم مناسب

رسم الدوائر الكهربائية والالكترونية لمجهزات القدرة للتيار المستمر

1- مجهز قدرة نصف موجة Half wave power supply:

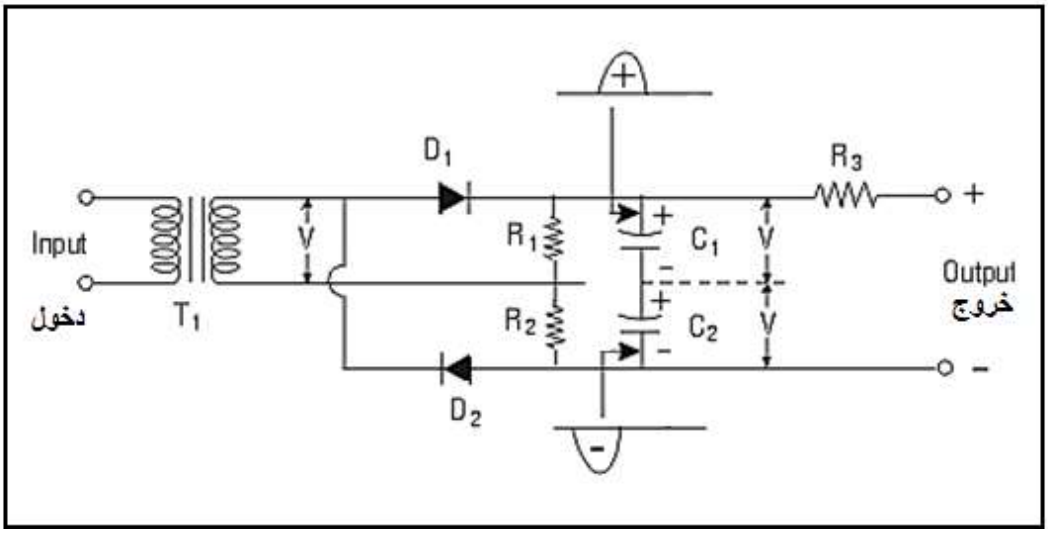
يبين الشكل (1- 5) الدائرة الكهربائية لمجهز قدرة معدل نصف موجة



الشكل (1- 5) الدائرة الكهربائية لمجهز قدرة مستمر باستعمال معدل نصف موجة

2- مجهز قدرة معدل موجة كاملة Full wave (Rectifier) power supply:

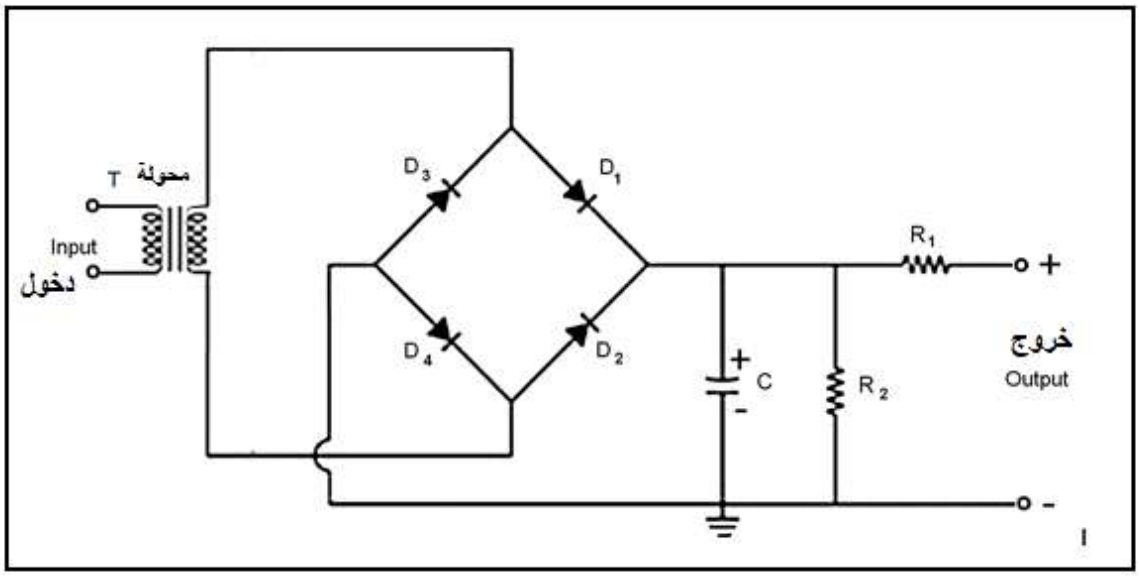
يبين الشكل (1- 6) الدائرة الكهربائية لمجهز قدرة مستمر معدل موجة كاملة باستعمال محول ذو مأخذ وسطي Center-Tap.



الشكل (1-6) الدائرة الكهربائية لمجهز قدرة معدل موجة كاملة

3- مجهز قدرة موجة كاملة باستعمال القنطرة Full-wave bridge operating supply:

يبين الشكل (1-7) دائرة كهربائية لمجهز قدرة موجة كاملة باستعمال أربعة دايودات على شكل قنطرة.



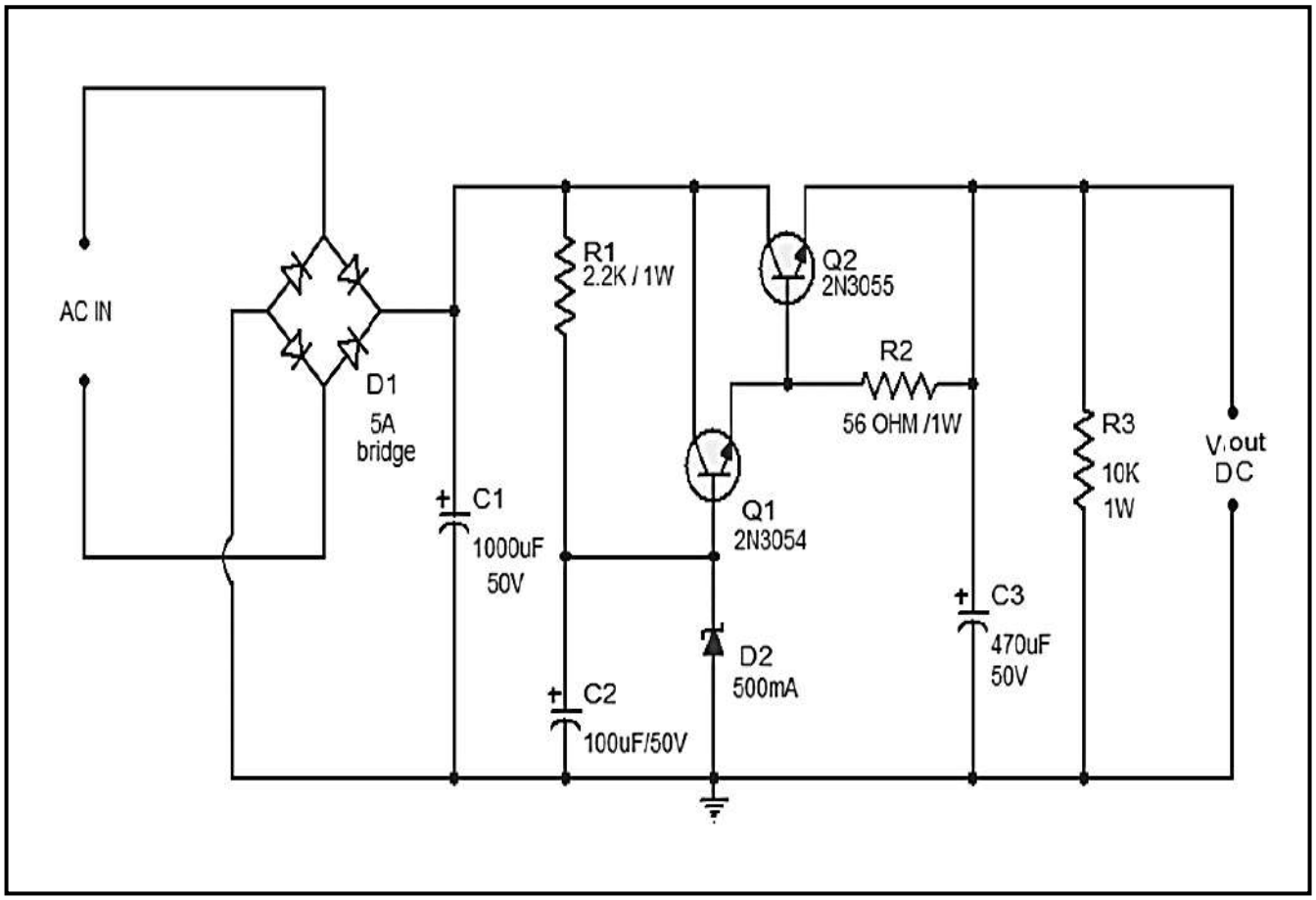
الشكل (1-7) مخطط لدائرة معدل الموجة الكاملة في مجهز القدرة باستعمال القنطرة

مجهزات القدرة لليزر الغاز Gas Laser Power Supplies

انّ مجهز القدرة لليزر الغاز ذا نمط التشغيل المستمر مماثل في التصميم إلى الأنواع المستعملة في مجهزات القدرة للتيار المستمر، لكنها تتصف بكونها تجهز التيار المستمر (DC) بشكل محدد ومنتظم ، وإنّ التصاميم من حيث المبدأ تكون نفسها لكلّ أجهزة الليزر الغازية التي تعتمد في تشغيلها على التفريغ الكهربائي ، لكن التفاصيل والاختلافات تكمن في خصائص الفولتية المسلطة والمناسبة لكل غاز والتركيب والمسافة بين الاقطاب ونوعها والضغط المستعمل ، وهناك ثلاثة عناصر ضرورية مستعملة في تصميم كلّ مجهزات القدرة الكهربائية لليزر الغازي هي :

دائرة انتقال الشحنة (Charge Transfer Circuit)، دائرة القدح (Trigger Circuit)، ودوائر السيطرة الالكترونية (Electrical Control Circuits) .

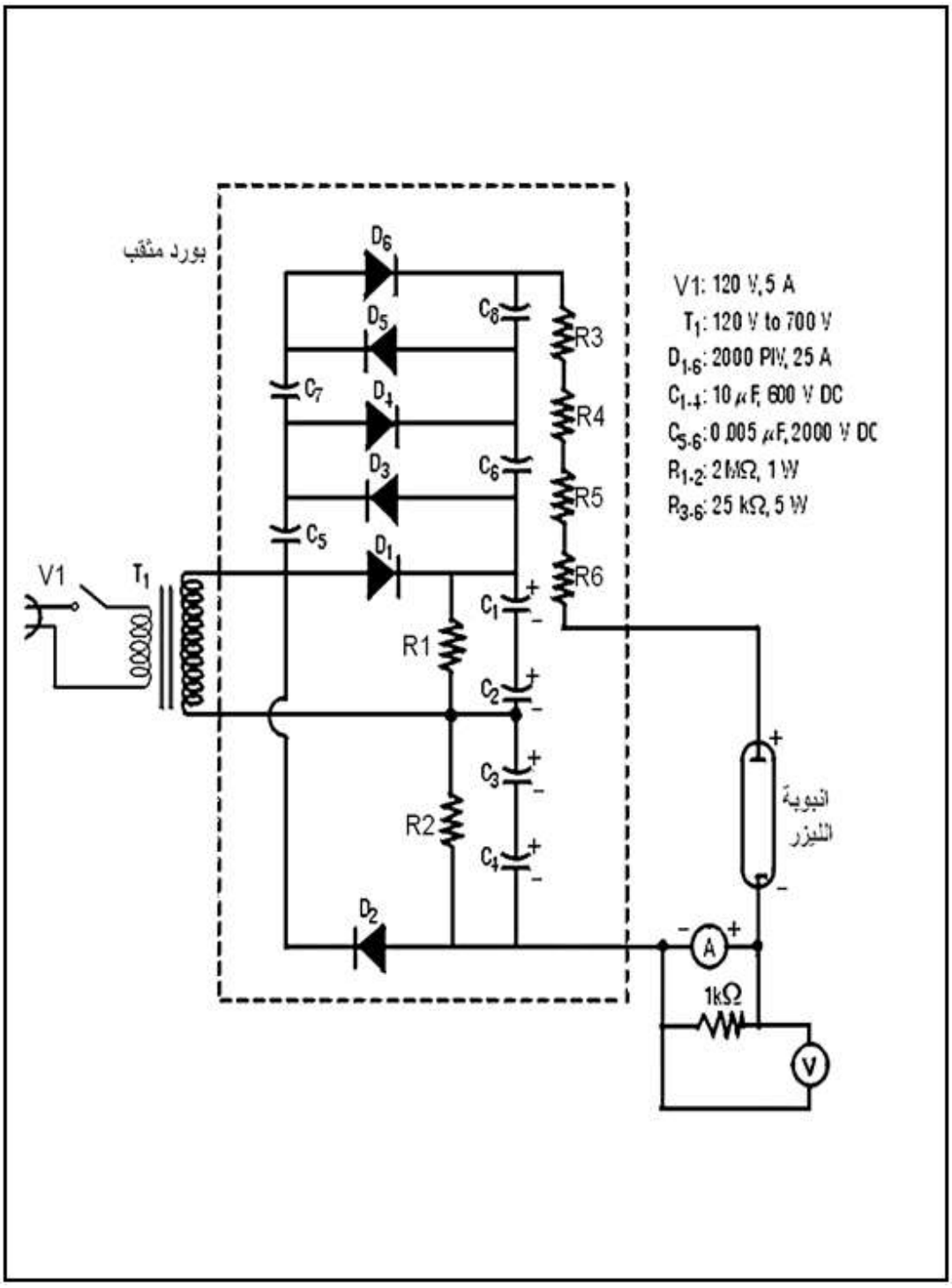
يبين الشكل (1- 8) دائرة الكترونية لمجهز قدرة ومنظم تيار مستمر (Regulated DC Power Supply) باستعمال قنطرة الثنائيات والترانزستور .



الشكل (1-8) الدائرة الالكترونية لمجهز القدرة باستعمال الترانزستر

(ترسم بمقياس رسم مناسب مع تثبيت قيم المكونات)

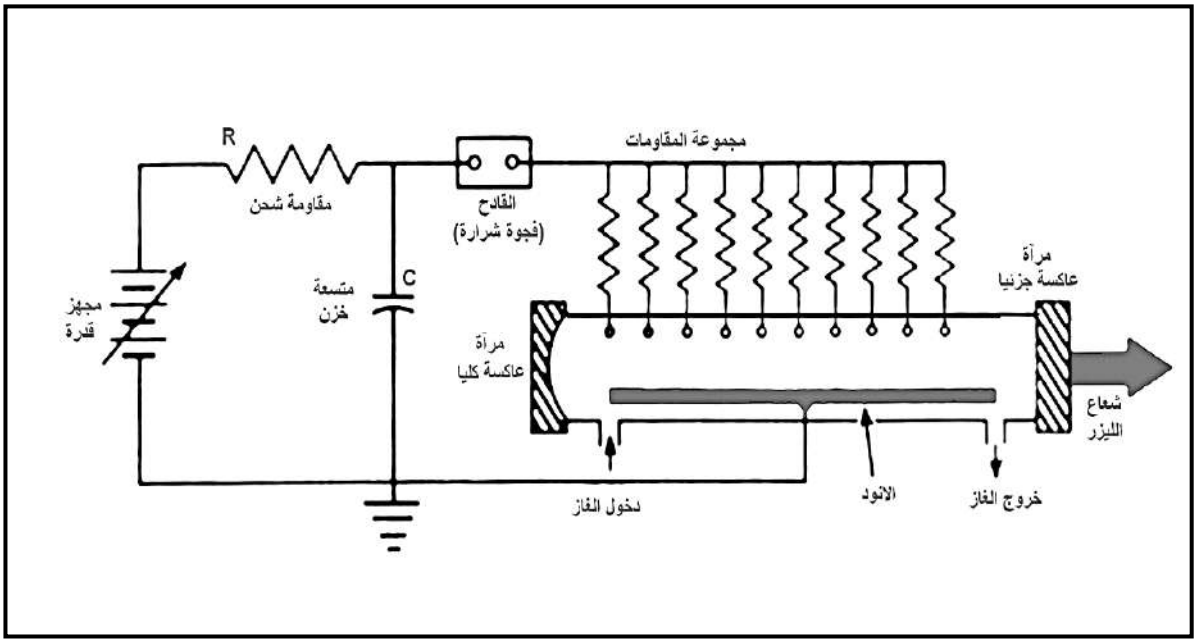
في حين يبين الشكل (1-9) مخطط دائرة الكترونية مبسطة لمجهز القدرة لهذا النوع من الليزر He-Ne مبين فيها قيم المقاومات والمتسعات .



الشكل (1-9) مخطط دائرة الكترونية لمجهز قدرة ليز Ne-He

رسم الدائرة بمقياس رسم 1:1

إنّ مجهز القدرة الأساسي لتشغيل ليزر ثاني أوكسيد الكربون والمبسط في المستويات الكهربائية نسبيا يشمل تجهيز فولتية كبيرة ومقاومة عالية لتحديد التيار، ويبين الشكل (1 - 10) مخططا لليزر ثاني أوكسيد الكربون ذي التدفق المستعرض. المصدر في هذه الحالة قد يكون ببساطة مجهز قدرة بسيط لفولتية عالية يصل لعدة عشرات من الكيلوفولتات، مطلوب رسمها بمقياس رسم مناسب مع تسمية الأجزاء.



الشكل (1-10) مخطط يوضح منظومة ليزر ثاني أوكسيد الكربون ذات التدفق الغازي المستعرض مع دائرة مجهز القدرة، مطلوب رسمها بمقياس رسم مناسب مع تسمية الأجزاء

الفصل الثاني

رسم مساقط معدات الليزر

Drawing Views of Laser Equipments

المحتويات

1. الشكل (2 -1) : المساقط الثلاثة لموحد يستعمل في تطبيقات الليزر
2. الشكل (2 -2) : المساقط الثلاثة والدائرة الداخلية لدايود DPSS
3. الشكل (2 -3) : توصيلات انبوب الليزر HE – NE
4. الشكل (2 -4) : المساقط لأنبوب ليزر هليوم نيون .
5. الشكل (2 -6): المسقط الأمامي والمسقط الجانبي لماسك انبوبة الليزر
6. الشكل (2 -8): مقطع لحاوية ليزر مع الغطاء الخارجي .
7. الشكل (2 -9): المساقط الثلاث حامل الاقطاب الرئيسية والثانوية .
8. الشكل (2 -10) : مقطع عرضي للأقطاب الرئيسية وأقطاب التأين الأولي
9. الشكل (2 -11): حامل المرايا الأمامية والخلفية .
10. الشكل (2-12) مساقط حامل موسع الحزمة
11. الشكل (2 -13) : مسقط امامي نصفه الاعلى مقطوع لحاوية التلسكوب

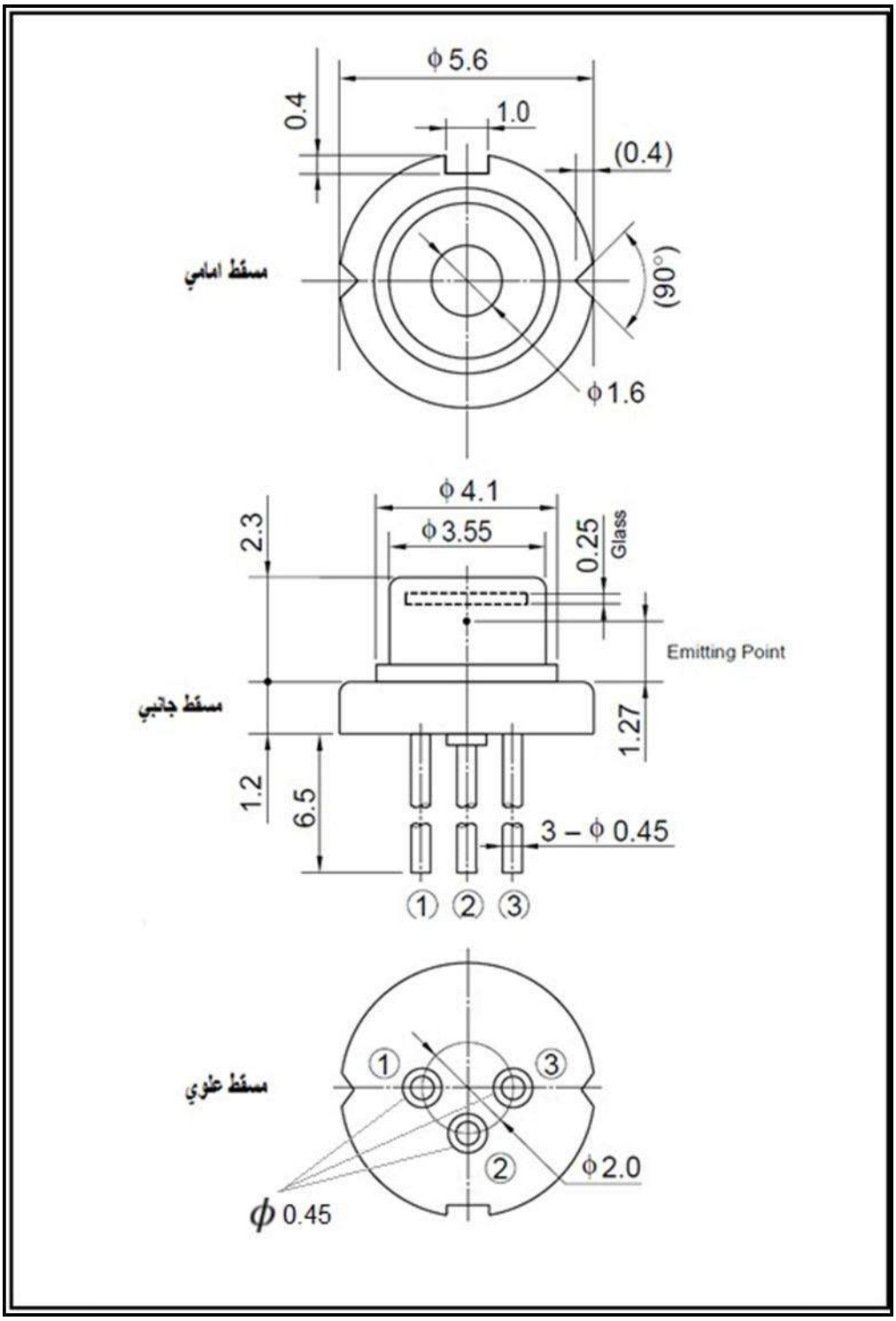
تمهيد

تتكون كل أجهزة توليد شعاع الليزر من الوسط الفعال أو البلورة المنتجة لأشعة الليزر ومصدر الضخ (كهربائي او بصري او بتيار السوق) لضخ الوسط الفعال على توليد اشعة الليزر الضوئية والمرنان (المرايا) ويتكون من مرآتي : مرآة خلفية بانعكاسية عالية 100%،وأخرى أمامية (مرآة الخرج الليزري) وتكون ذات انعكاسية جزئية لخروج الشعاع وهناك تصاميم عديدة لمرنان الليزر تم تناولها في كتب المرحلة الأولى ، بالإضافة الى هذه الاجزاء الرئيسة لمنظومات الليزر، هناك ملحقات بصرية ضرورية لعمل الليزر في التطبيقات العديدة ، من هذه المحلقات : موسع الحزمة (Beam Expander والتلسكوب البصري Optical Telescope)، لذا سنتناول في هذا الفصل رسم بعض التراكيب الميكانيكية لأغلب تصاميم منظومات الليزر الشائعة الاستعمال وملحقاتها البصرية .

مساقط ليزر أشباه الموصلات Semiconductor Laser Views

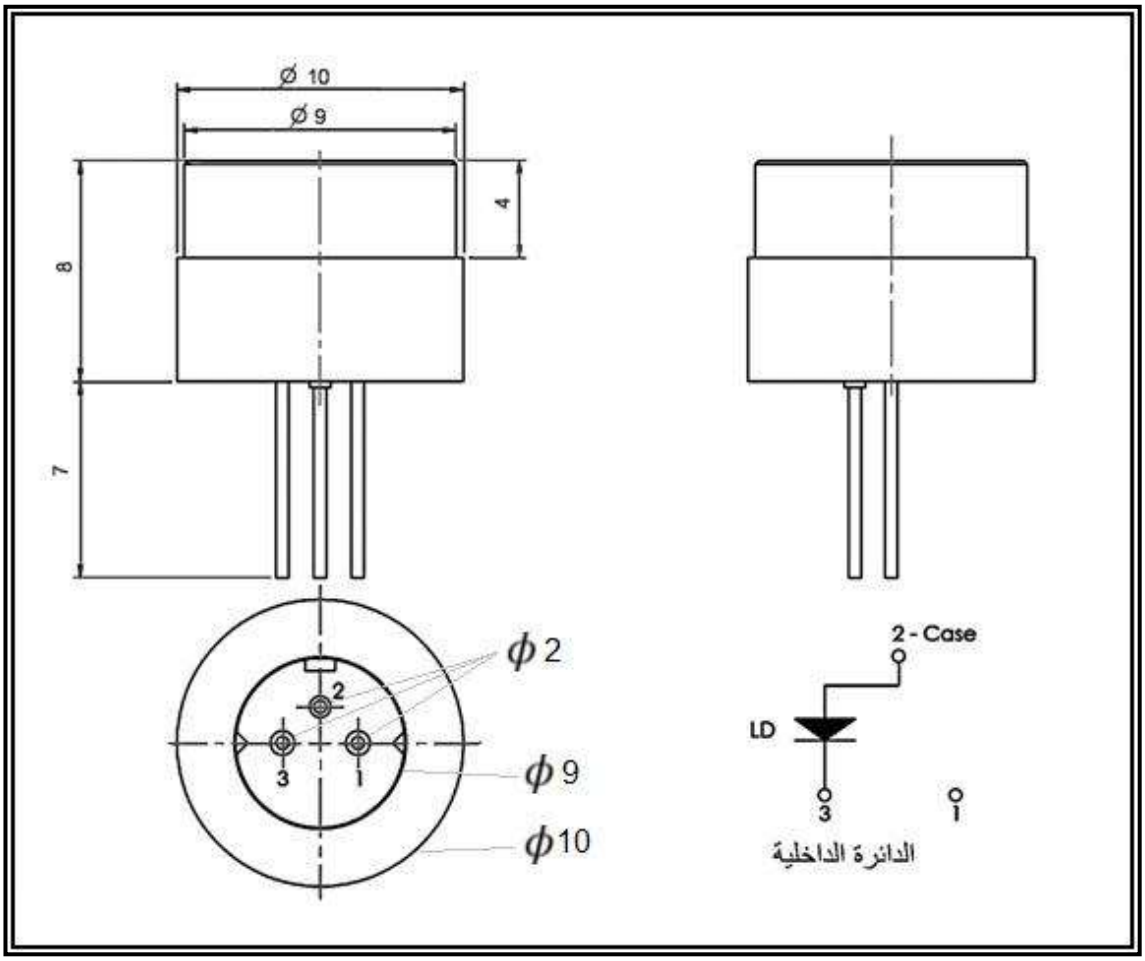
ويطلق عليه أحياناً بليزر الدايود أو ليزر الصمام الثنائي ويعتمد على المواد شبه الموصلة ويمتاز بحجم واستهلاك طاقة قليلة للغاية (مقارنة بالأنواع الأخرى) هو يستخدم على نطاق واسع في العديد من التطبيقات والأجهزة الدقيقة، يتكون ثنائي الليزر بشكل رئيسي من ثلاثة مكونات شبه موصل موجب وشبه موصل سالب وبينهما شبه موصل ذاتي وبهذا تختلف عن الوصلة الثنائية والتي تحول التيار المتردد (AC) الذي تتغير قطبيته باستمرار إلى تيار مستمر (DC) أحادي القطبية.

يبين الشكل (2 - 1) رسم المسقط الأمامي والمسقطين العلويين (من الأعلى ومن الأسفل) ، المطلوب رسم المساقط بمقياس رسم تكبير 10 : 1



الشكل (2 – 1) المساقط الثلاثة لموحد يستعمل في تطبيقات الليزر
(مطلوب رسم اللوحة بمقياس رسم تكبير1:10)

ويبين الشكل (2- 2) نوعا آخرا من تركيب ليزر شبه الموصل المستعمل لضخ ليزر الحالة الصلبة ويدعى بليزر الضخ للحالة الصلبة . Diode Pump Solid State DPSS



الشكل (2- 2) المساقط الثلاثة والدائرة الداخلية لدايود DPSS

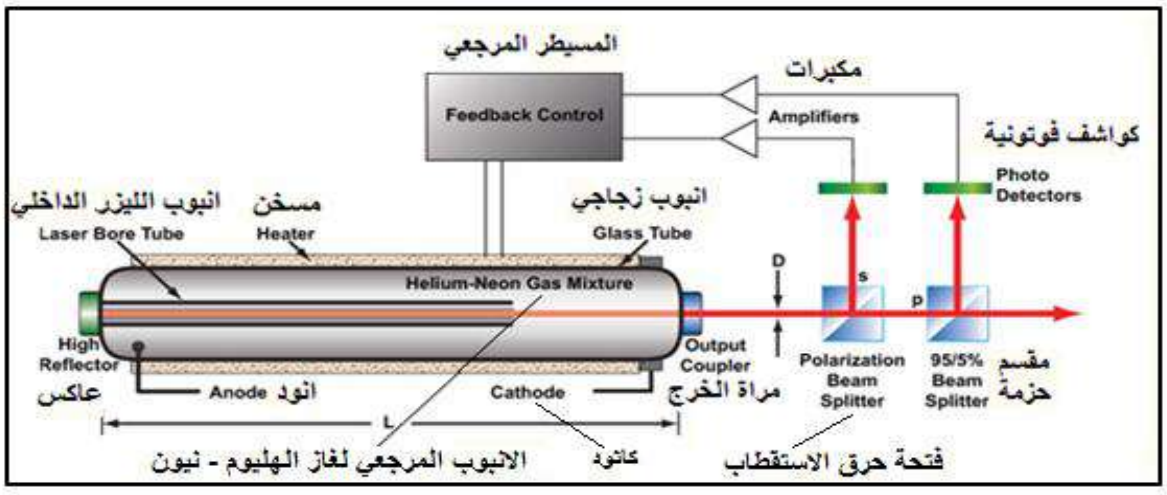
(مطلوب رسم اللوحة بمقياس رسم تكبير 5 : 1)

ليزر الحالة الغازية (التركيب الميكانيكي) Gas Laser (Mechanical design)

يوجد العديد من ليزرات الحالة الغازية منها الذرية مثل ليزر الهليوم– نيون (HeliumNeonlaser) والجزيئية مثل ليزر ثاني أوكسيد الكربون CO_2، والأيونية مثل ليزر أيون الآركون (Laser Ar-ion) والبخارية مثل ليزر بخار النحاس (Cupper Vapor Laser).

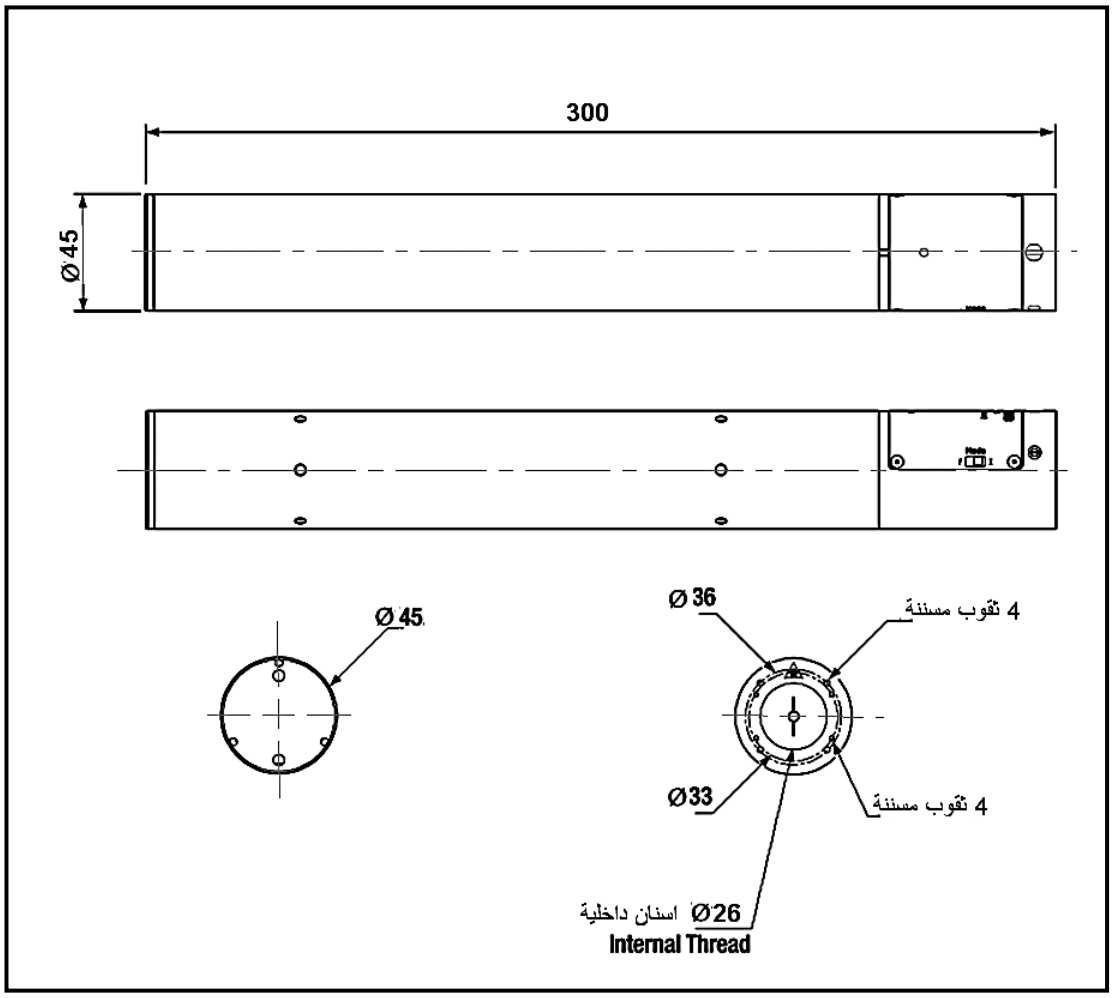
منظومة ليزر الهليوم - نيون He-Ne Laser

يتكون من أنبوب زجاجي (زجاج الكوارتز) فيه خليط من غازي الهليوم والنيون بنسبة 1:10 تحت ضغط (0.6 mmHg) ومرآتان مستويتان متوازيتان ومتعامدتان على محور الأنبوبة إحداهما عاكسة كلياً ((High Reflector (HR) والأخرى عاكسة جزئيا وتمثل مرآة الخرج ((OC) (Output Coupler mirror بنسبة 90% ونافذة بنسبة 10% ، وعادة يكون ليزر He-Ne صغيرا، إذ يتراوح طول تجويفه الزجاجي حوالي من 10 cm الى 1 m. علما ان عمل الليزر وميكانيكية تهيجه موضحة بكتب الليزر للمرحلة الاولى والمرحلة الثالثة ، ويبين الشكل (2-3) مخططا توضيحيا لتركيب ليزرالهليوم – نيون .



الشكل (2-3) توصيلات انبوب الليزر He-Ne. (توضيحي)

يبين الشكل (2- 4) المساقط لأنبوبة ليزر هليوم نيون (He-Ne)



الشكل (2- 4) المساقط لأنبوب ليزر هليوم نيون HeNe رسم اللوحة بمقياس رسم تصغير 1 : 2

ترصيف ليزر الهليوم – نيونAlignment of laser He-Ne

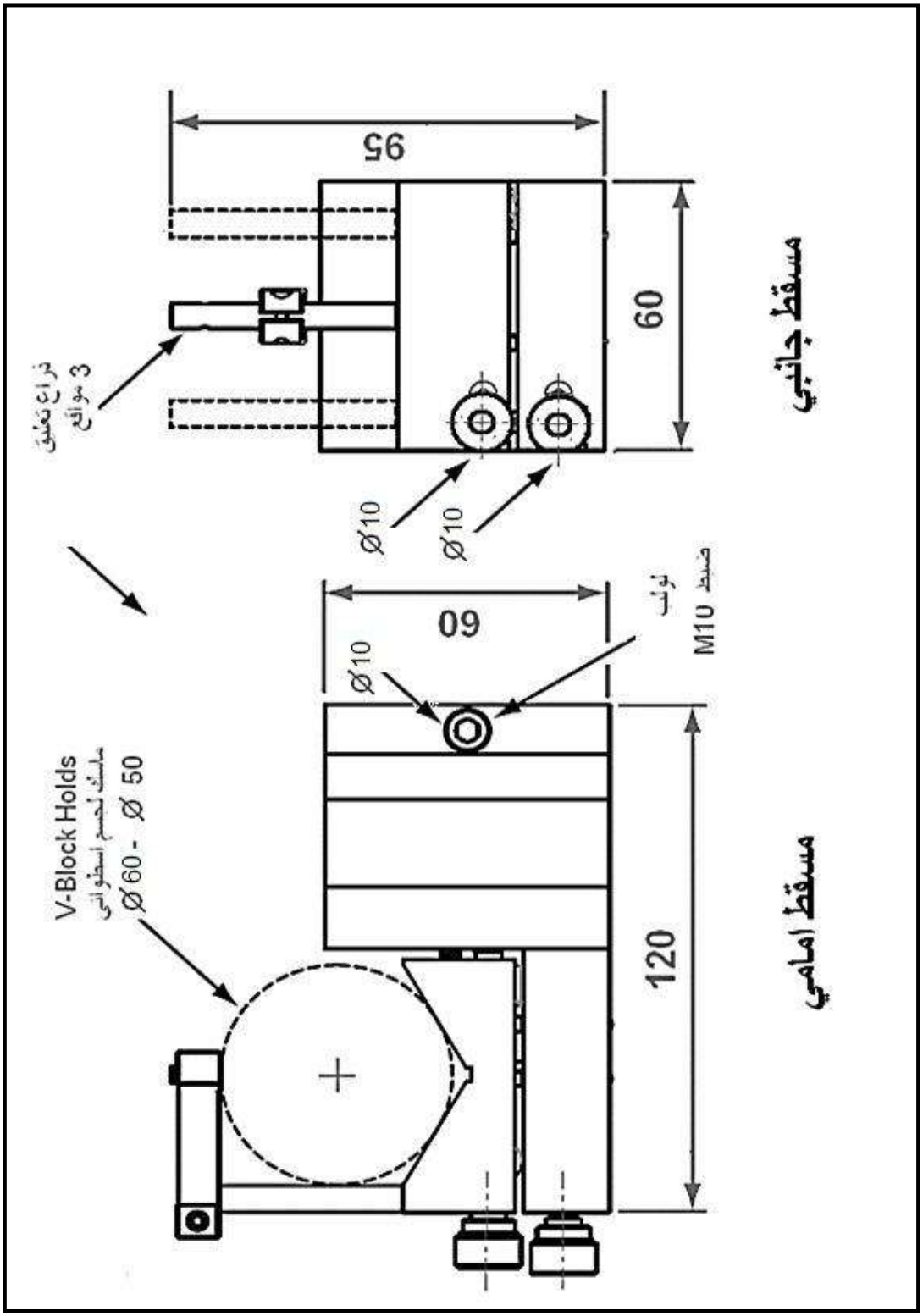
لغرض اجراء الترصيف الدقيق لرأس الليزر (Laser Head Mounting) في المختبر أو في التطبيقات الأخرى، فإن التركيب الاسطواني لرأس الليزر يسمح بتركيبه بشكل سهل في حاضنة حلقية، أو في حامل على شكل الحرف (V)، أو ما يماثلها من الأجهزة والمعدات بدون تأثير على ترصيف (Alignment) اشعة الليزر .

ومن الضروري أخذ الحذر عند استعمال الماسكات في تثبيت الليزر تجنبا للضغط الزائد عن اللازم والذي من الممكن أن يتلف الغلاف المعدني (الألمنيوم) والذي يتسبب في عدم استقامة للأشعة ، إذ يتم التحكم بالترصيف عن طريق اللوالب المسننة (البراغي).

يبين الشكل (2- 5) وسائل تثبيت جهاز الليزر من نوع He-Ne عن طريق الماسك المفرد والمزدوج .

الشكل (2-5) صور لنوع من الماسكات (الحوامل البصرية) القابلة للحركة لأجهزة الليزر

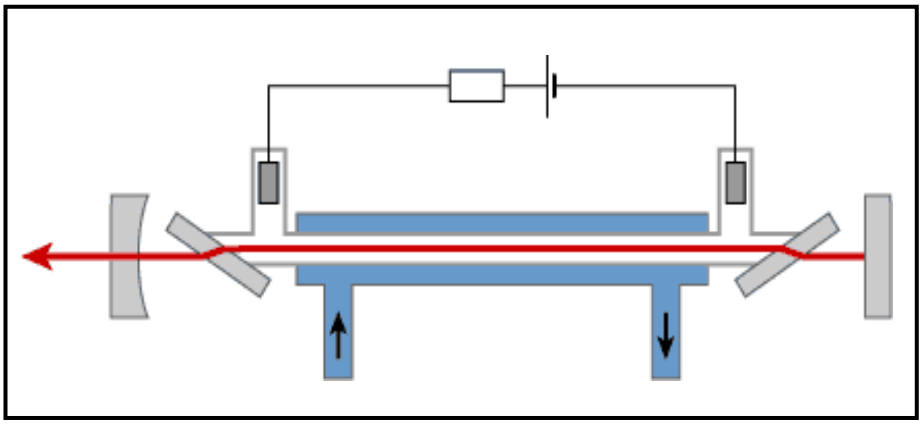
يبين الشكل (2- 6) المسقط الأمامي والمسقط الجانبي لماسك رأس الليزر .



الشكل (2-6) المسقط الأمامي والمسقط الجانبي لماسك أنبوبة الليزر ، ترسم اللوحة بمقياس رسم 1:1 وتقدر الأبعاد الناقصة بحسب نسبتها الى الأبعاد المثبتة على الرسم

ليزر ثاني أوكسيد الكربون Carbon Dioxide (CO_2) Lasers

يتكون من خليط من الغازات كماده فعالة والتى تحتوى على ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) والهليوم (He) والنيتروجين (N_2) ومن الممكن في بعض الاحيان الاستعاضة عن غاز الهليوم بغاز الهيدروجين (H_2) وبخار الماء (H_2O Vapor) اوالزينون للحصول على قدرات عالية ، ويتم تضخيم الضوء بواسطة جزيئات ثاني أوكسيد الكربون ، مثل هذا النوع من الليزر تتم عملية الضخ فيه كهربائيا. الشكل (2- 7) توضيح لتركيب جهاز ليزر ثاني أوكسيد الكربون ، انبوبة الغاز التى تحتوى على الماده الفعالة والتي يتم ضبطها عند زاوية بروستر والتي يبلغ مقدارها حوالي (45-60) درجة حسب معامل انكسار المادة المصنعة منها النافذة. علما ان المادة المصنعة منها مادة مراة الخرج تكون عادة اما معدنية مطلية بالذهب وتثقب بقطر1ملم في المركز لغرض الخرج الليزري واما من مادة ذات نفاذية معينة للطول الموجي لليزر ثنائي اوكسيد الكاربون مثل الجرمانيوم. واما المراة الخلفية فعادة ما تكون معدنية وذات انعكاسية 100 %.



الشكل (2- 7) مخطط مبسط لأنبوبة ليزر غاز ثاني أوكسيد الكربون (توضيحي)

توجد عدة انواع من ليزرات ثاني أوكسيد الكربون تعتمد بالدرجة الاساس في اختلافها على كيفية جريان الغاز أو عملية ضخ الغاز أو عملية التهيج أو التحفيز (Excitation) والتي تكون اما بالتفريغ الكهربائي المباشر (Direct Electrical Discharge DC) أو بالتردد الراديوي (RF Radio Frequency) وكما ياتي :

1. جريان الغاز المحوري (Axial gas flow):

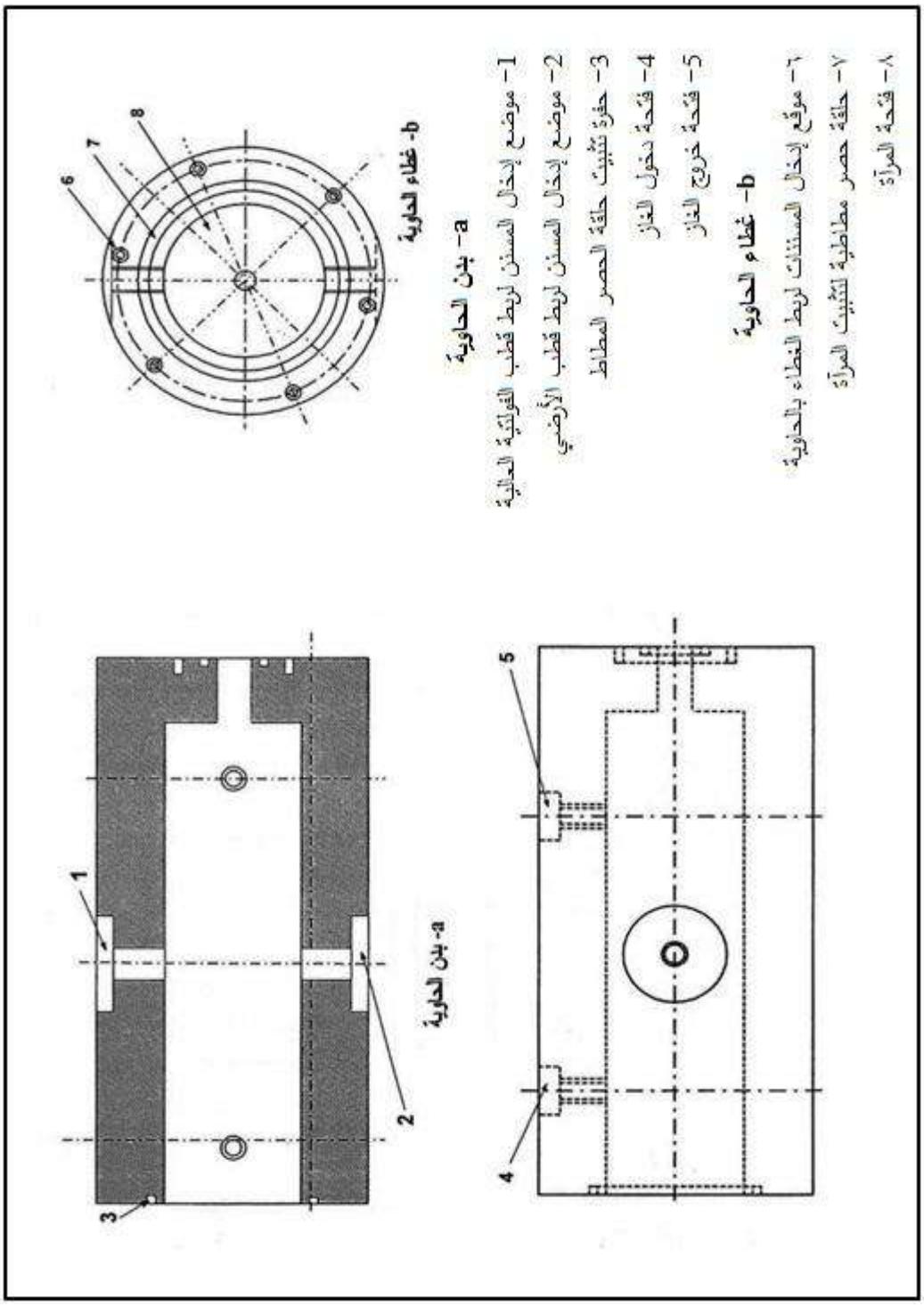
يتكون من انبوب زجاجي مزدوج مفتوح النهايتين وتغلق بحاضنات المرايا.

يدخل الخليط الغازي (الوسط الفعال) في واحدة من نهايات الأنبوب ليخرج من النهاية الأخرى لتوفير جزيئات جديدة من الغاز لتحل محل (CO_2) المتحلل نتيجة لتفكك جزيئات الغاز ، وتوجد في الانبوب الثاني العلوي فتحتان لدخول وخروج الماء لتبريد المنظومة ، وهناك نقاط توصيل الفولتية العالية مع حوامل المرايا وتكون بشكل اصبعي .

2. جريان الغاز العرضي او المستعرض (Transverse gas flow):

وفي هذا النوع يكون جريان الغاز عبر الانبوبة بشكل عمودي على محور المرايا بدلا من أن يتدفق من أسفل الأنبوب وذلك لتوفير أعلى معدلات توازن في أنتاج الليزر المستمر CO_2 .

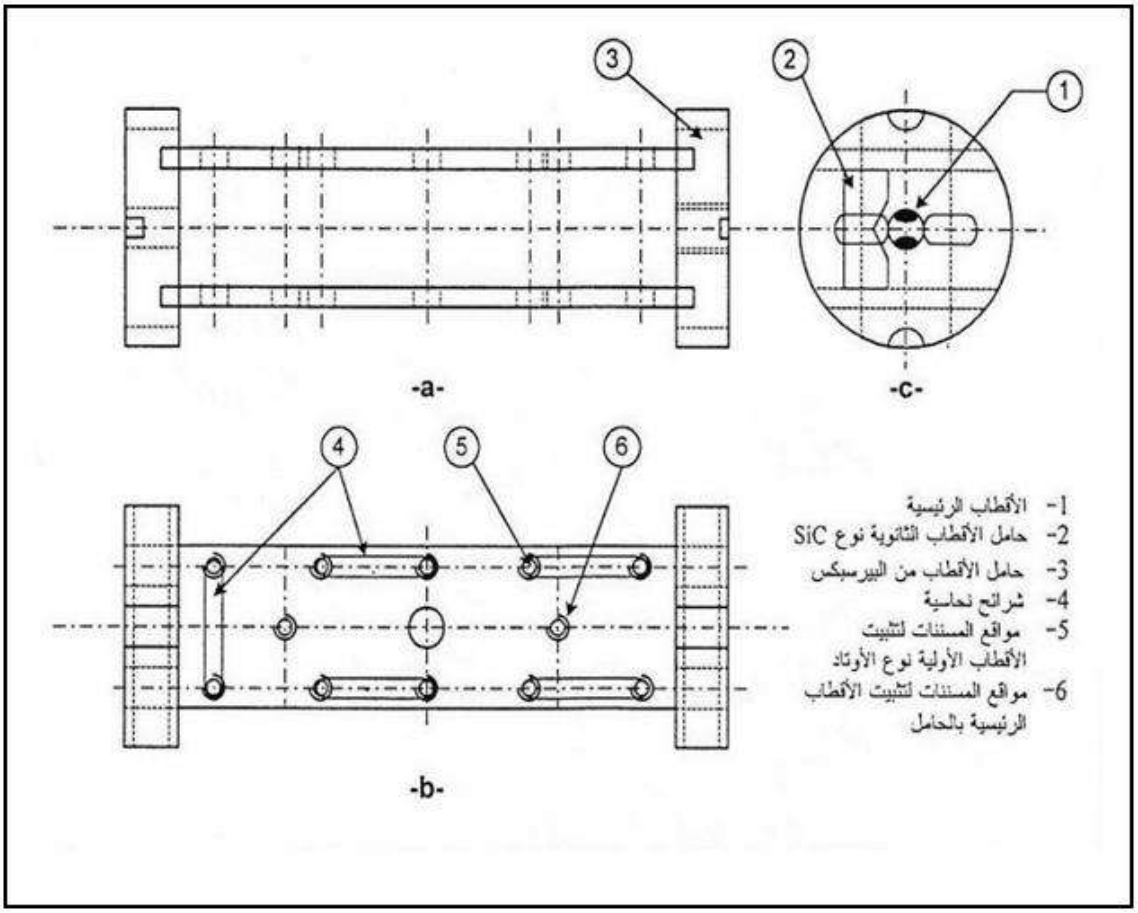
ان انتاج الطاقة في هذا النوع يكون عادة 10 كيلوواط لكل متر مع تصاميم المحفز الجوي العرض (Transverse Excited Atmospheric) (TEA). تتناسب القدرة المنتجة طرديا مع الضغط الجوي اي كلما يكون الضغط المنتج أعلى كلما تزداد القدرة المنتجة. في هذا النوع يتدفق الغاز عبرالانبوب (وليس من اسفله كما في النوع الأول) وذلك لتوفير أعلى معدلات التوازن في انتاج الليزر، وتتناسب القدرة المنتجة طرديا مع الضغط الجوي، ويعد هذا النوع من ليزر الغاز الديناميكي والذي يعمل بأسلوب النبضات بتطبيق النبضات الكهربائية بدلا من إثارة للتيار المستمر. ولكون اجهزة الليزر بالأنظمة المحورية تعطي نبضات من الطاقة الضوئية العالية ضمن فترات قصيرة المدّة عند الضغط العالي للغاز. وتتكون الحجرة الليزرية لليزر ثنائي اوكسيد الكاربون ذات التهيج المستعرض من اسطوانة من الزجاج او البيرسبكس تحتوي على فتحات لدخول وخروج الغاز وعلى فتحات اخرى للتوصيلات الكهربائية بالاضافة الى حامل الاقطاب الرئيسة والثانوية وحامل المرايا ,



الشكل (2- 8) مقطع لحاوية ليزر مع الغطاء الخارجي (المطلوب الرسم بمقياس 1:1)

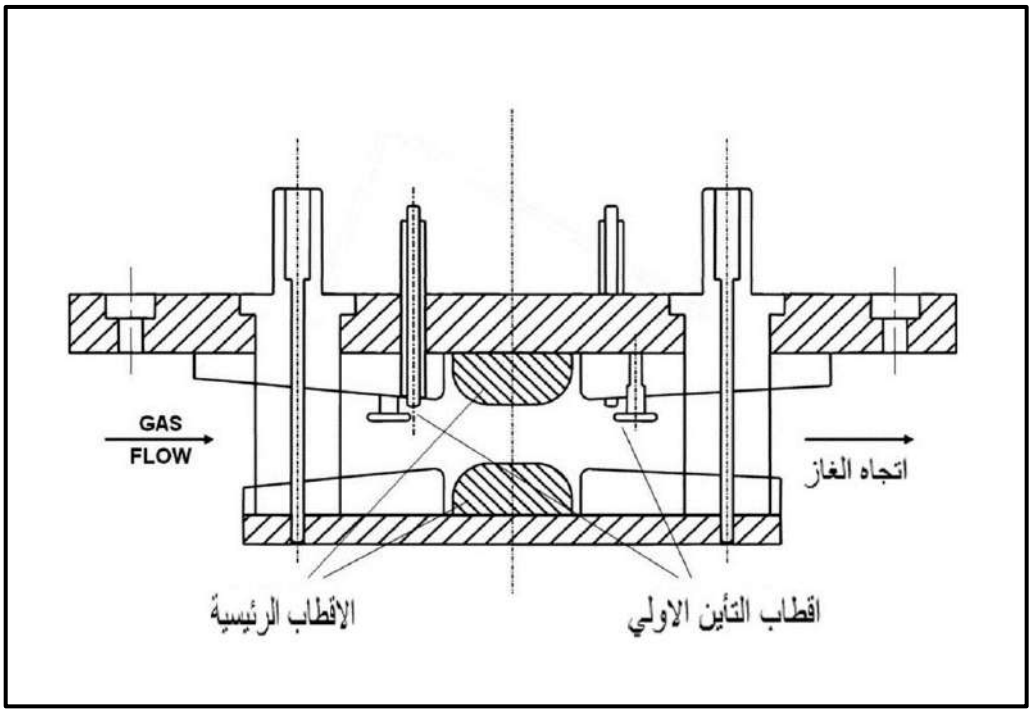
توخذ القياسات من الرسم

بينما يبين الشكل (2 – 9) مساقط ومقاطع لحامل الاقطاب الرئيسة والاقطاب الثانوية المصنوعة من ماده شبه موصلة تدعى كاربيد السيليكون . ويتم التحكم بالمسافة بين الاقطاب باستخدام براغي خاصة.



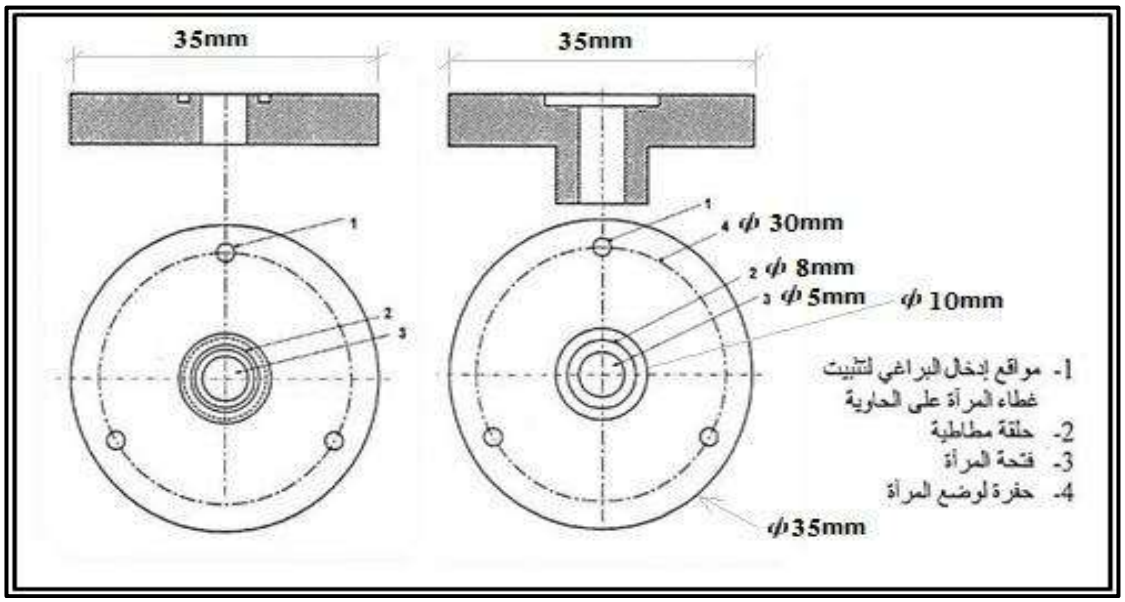
الشكل (2-9) حامل الاقطاب الرئيسة والثانوية (المطلوب الرسم بمقياس 1 : 1)

توخذ القياسات من الرسم



الشكل (2- 10) مقطع عرضي للأقطاب الرئيسة وأقطاب التأين الأولي

(المطلوب الرسم بمقياس 1:1)



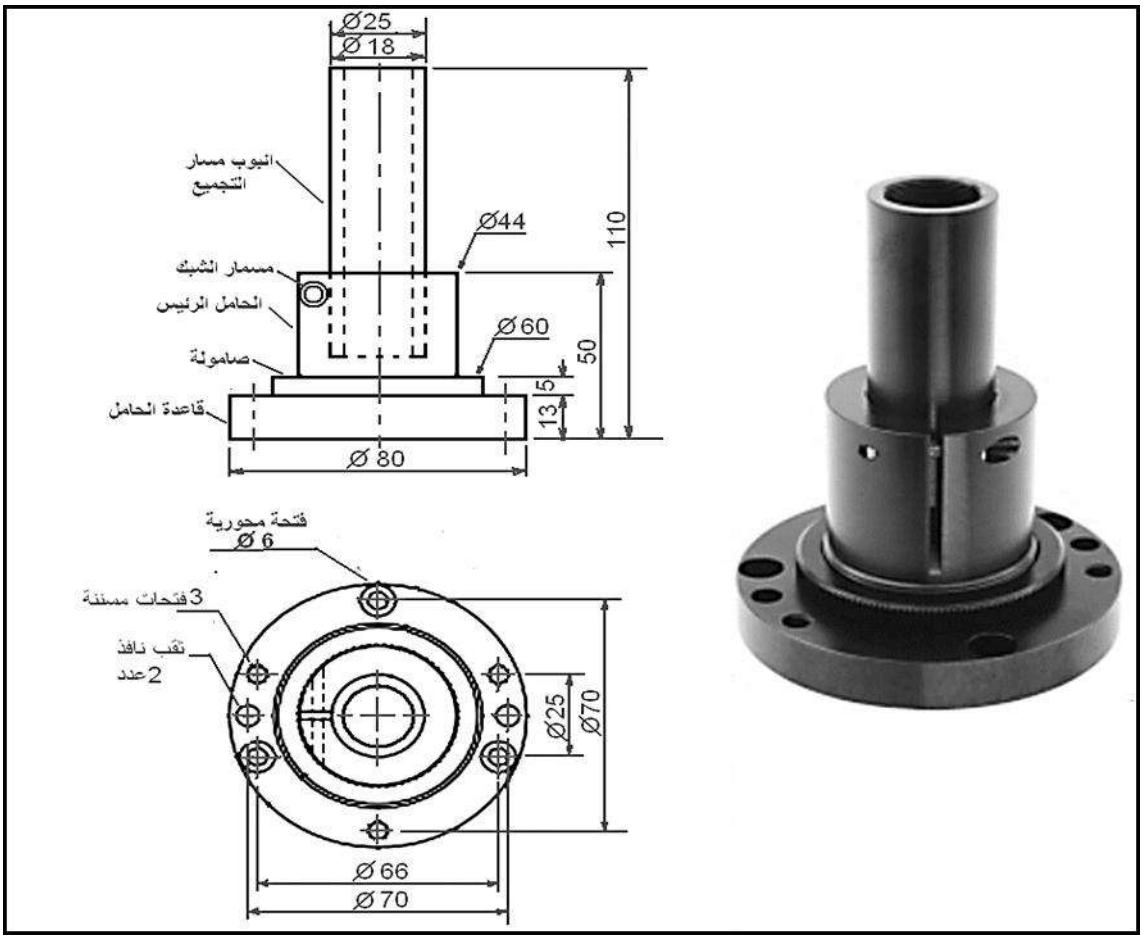
الشكل (2-11) حامل المرايا الأمامية والخلفية (المطلوب الرسم بمقياس 1:1)

تصميم الملحقات البصرية Design of Optical Accessories

توجد ملحقات بصرية ضرورية ملحقة للمنظومات الليزرية عند التطبيق، اذ لا تتم المعاملة الحرارية لمعدن معين او عمل ثقب معين إلا بوجود منظومة بصرية ملحقة مع منظومة الليزر ومنها ما يأتي:

1-موسع الحزمة (Beam Expander):

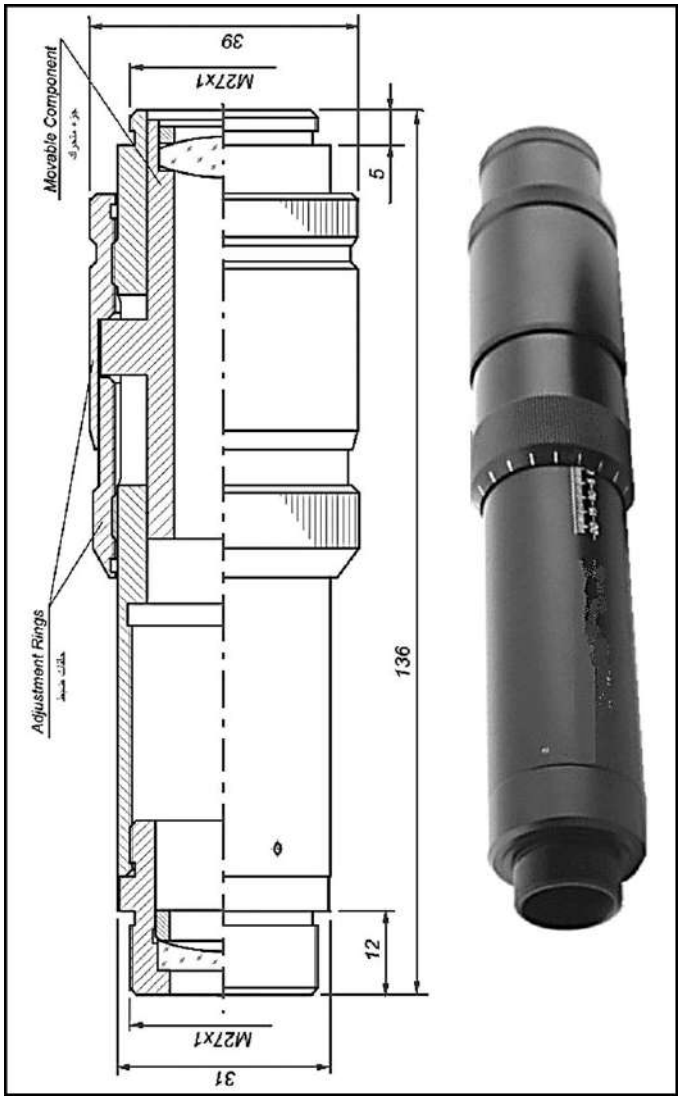
يصمم موسع حزمة الليزر لزيادة قطر الحزمة الموجهة الداخلة وتحويلها الى حزمة موجهة ذات قطر اكبر لاغراض تقليل انفراجية حزمة الليزر، ويستعمل في عدة تطبيقات منها المسح الليزري، التداخل والتحكم عن بعد إذ تكون الاشعة الصادرة من جسم موضوع في اللانهاية والموازية للمحور البصري عند دخولها موسع الحزمة تخرج منه هذه الاشعة موازية للمحور البصري ايضا. والشكل (2-12) يوضح مساقط حامل موسع الحزمة .



الشكل (2-12) مساقط حامل موسع الحزمة ، المطلوب رسم المساقط بمقياس رسم 1:1

1- منظومة التلسكوب البصري (التبئر لحزمة الليزر) (Optical Telescope):

ويستعمل هذا الجزء لتركيز بؤرة حزمة الليزر ببقعة صغيرة جدا إذ يستعمل نظام المرايا والعدسات عادة لتركيز الشعاع الساقط على الكاشف الضوئي او على مكان صغير وذلك لصعوبة الوصول اليه بالطرائق التقليدية في حالة استعمال الليزر من دونه، ومن هذه التطبيقات في الجراحة واستئصال بعض الاورام الخبيثة او في لحام بعض الاجزاء الالكترونية الخاصة بالتطبيقات الالكترونية الدقيقة، يوضح الشكل (2-13) مسقطا أماميا نصفه الأعلى مقطوع لحاوية التلسكوب البصرية - مجمع الحزمة البصرية .



الشكل (2-13) مسقط أمامي نصفه الأعلى مقطوع لحاوية التلسكوب البصرية

مجمع الحزمة البصرية (للاطلاع)

الفصل الثالث

دوائر القدح الالكترونية

Trigger Electronic Circles

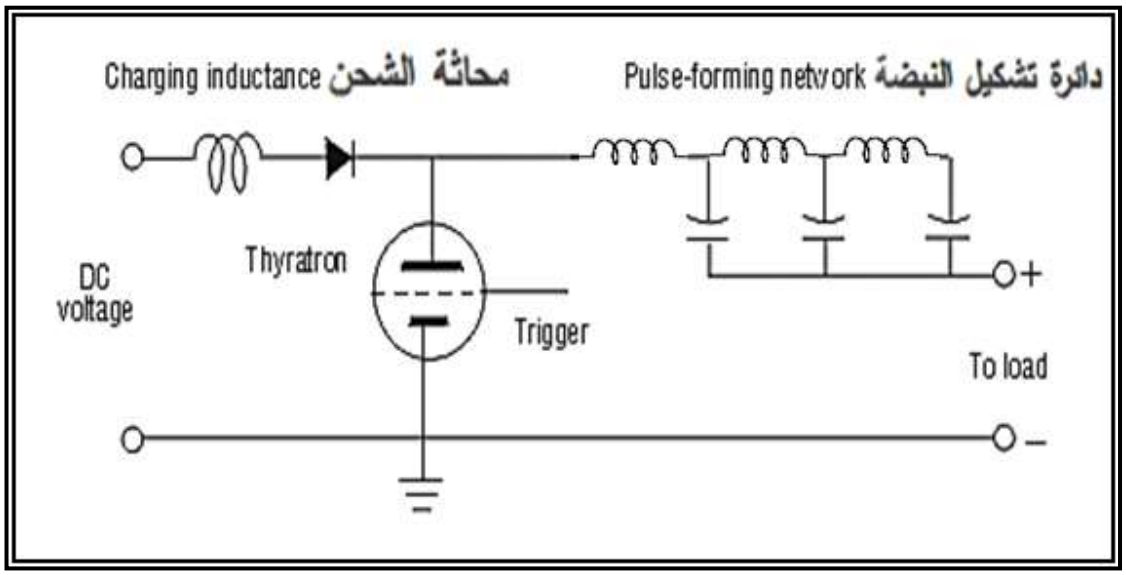
المحتويات

1. الشكل (3 - 1) : دائرة قدح باستعمال قادح ثيراترون THYRATRON .
2. الشكل (3 - 2) : دائرة قدح من النوع الخارجي .
3. الشكل (3 - 3) : دائرة قدح من النوع الهادئ .
4. الشكل (3 - 4) : دائرة التفريغ المباشر .
5. الشكل (3 - 5) : دائرة المحاثة ــ متسعة .
6. الشكل (3 - 6) : دائرة المتسعة ــ محاثة أقطاب التأين .
7. الشكل (3 - 7) : دائرة كهربائية تبين توزيع الاوتاد وفجوة القدح .
8. الشكل (3 - 8) : دائرة مولد ماركوس .
9. الشكل (3 - 9) : مقطع عرضي يوضح اجزاء فجوة القدح .

تمهيد

كما مر سابقا فهناك انماط تشغيل مستمرة ومتناوبة لليزر بشكل عام ولليزر الغازي بشكل خاص، لذا يتطلب استعمال مفتاح سريع لغرض تفريغ شحنة المتسعة عبر الاقطاب وبزمن قصير جداً في عموم منظومات الليزر ذات التشغيل النبضي، ولتحقيق استقرارية عالية يتم استعمال مفاتيح للفولتية العالية مثل الثايروترون (Thyratron) اوالثايرستور وفجوة القدح ثلاثية الاقطاب والمصابيح الوميضية ، وهذه المفاتيح تحتاج دوائر قدح تقوم بتجهيز شرارة كهربائية ذات فولتية عالية (تصل الى عدة ألاف من الفولتات) إذ تعمل على تأين الغاز الموجود داخل المصباح او فجوة القدح ، مولدة بذلك ايونات سالبة وأخرى موجبة قادرة على نقل التيار وإحداث التفريغ الكهربائي بين الاقطاب. وسنتناول رسم بعض دوائر القدح .

يبين الشكل (3-1) رسم دائرة قدح لمفتاح الثايرترون (Thyratron) والذي يكون عبارة عن انبوبة زجاجية تحتوي على غاز بالاضافة الى مشبك لأغراض قدح المفتاح (Trigger) باستعمال فولتية قليلة نسبيا.

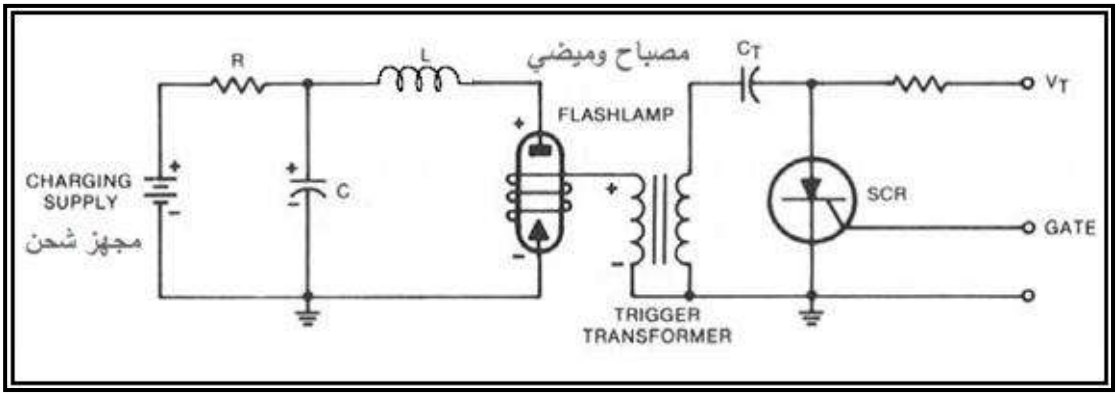


الشكل (3 - 1) دائرة قدح باستعمال قادح من نوع ثيراترون Thyratron

وتعد المصابيح النبضية (Flashlamps) نوع اخر من مفاتيح الفولتية العالية إذ تكون بشكل أنابيب زجاجية تملأ بغاز الزينون أو/ والكربتون (Xenon and/or Krypton)

دوائر القدح الخارجية (External Trigger Circuits):

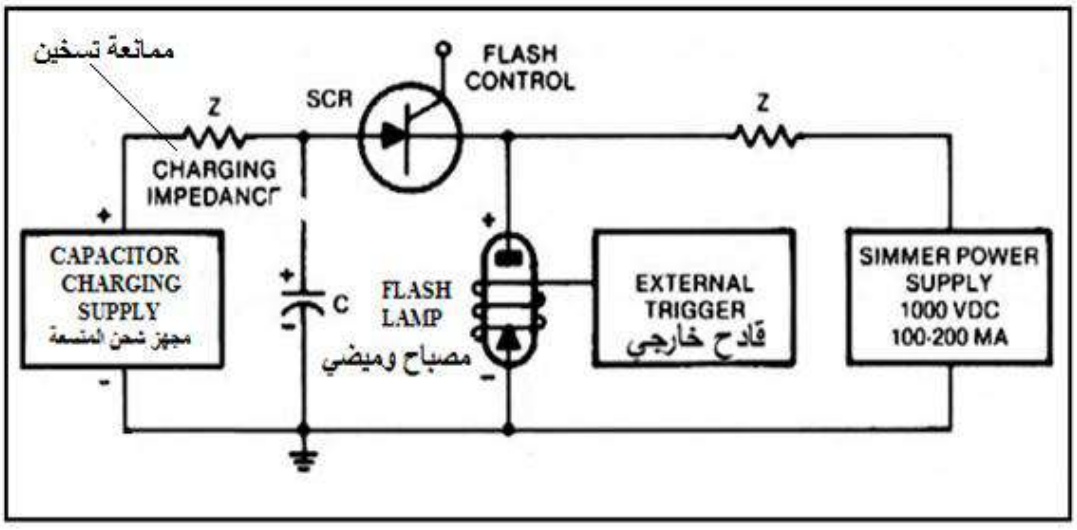
لقدح المصابيح الوميضية ، ويبين الشكل (3 - 2) مخطط للدائرة الكهربائية الخاصة بهذا النوع .



الشكل (3 – 2) دائرة القدح من النوع الخارجي،

دوائر القدح الهادئة (Simmer Trigger Circuits):

يستعمل في هذه الدائرة مصدر لتيار مستمر DC (مجهز قدرة هادئ) للإبقاء على تيار مستمر يمر من خلال المصباح الوميضي ويكون بحدود 100-500mA ليبقي المصباح في حالة تأين مستمر بينما يقوم القادح الخارجي بالنبض، ويبين الشكل (3 - 3) مخططا للدائرة الكهربائية لهذا النوع .



الشكل (3 – 3) دائرة القدح من النوع الهادئ

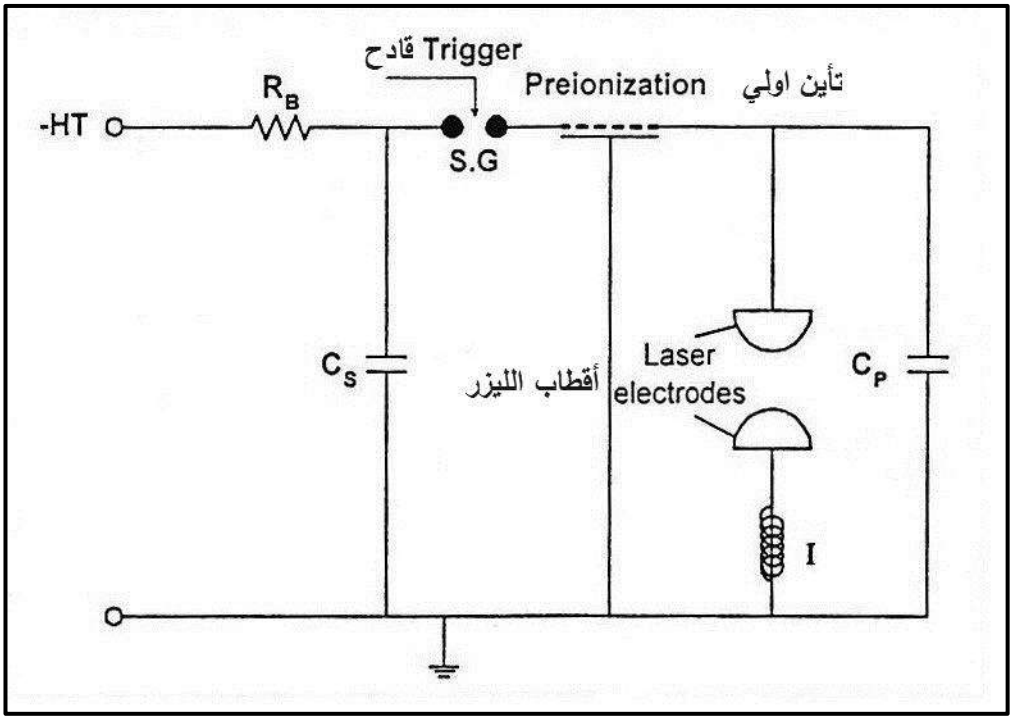
منظومات السيطرة ومجهزات القدرة لليزر CO_2 المستعرض

Control Systems & Power Supply for Transverse CO_2 Laser

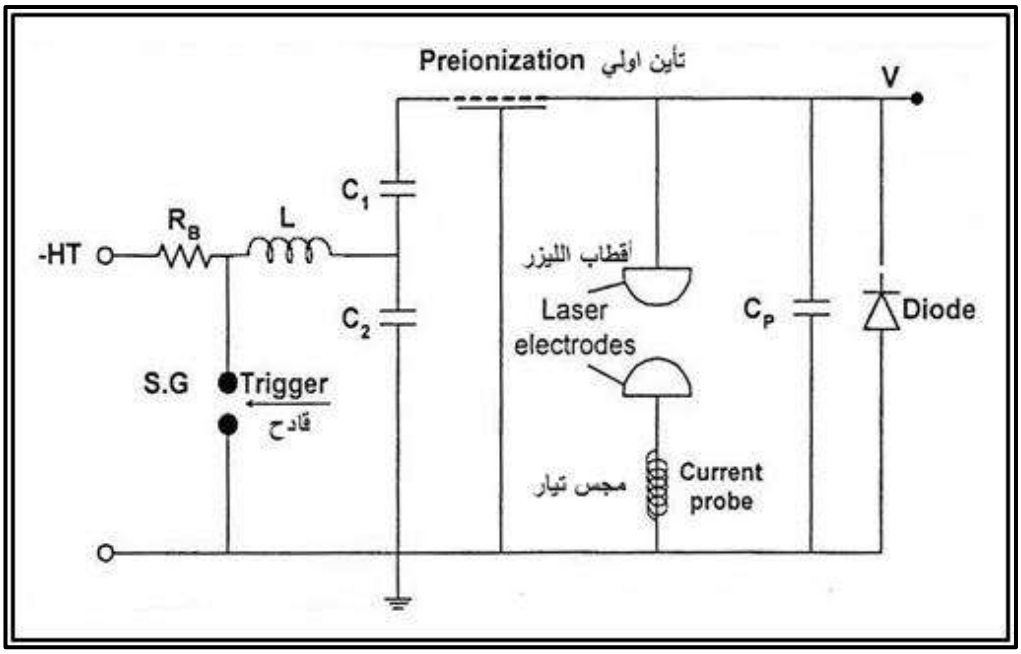
يتضمن تصميم الليزر الغازي منظومات سيطرة الكترونية وكهربائية متنوعة وهي تؤدي عدة اغراض منها تجهيز الجهد العالي للمنظومة والسيطرة على دوائر الشحن ودوائر القدح واحيانا دوائر التذبذب ، وتختلف دوائر السيطرة باختلاف نوع منظومة الليزر الغازي ونمط تشغيله.

ففي ليزر ثاني اوكسيد الكربون النبضية توجد اربعة انواع شائعة من دوائر التفريغ للاقطاب الرئيسة والثانوية وهي :

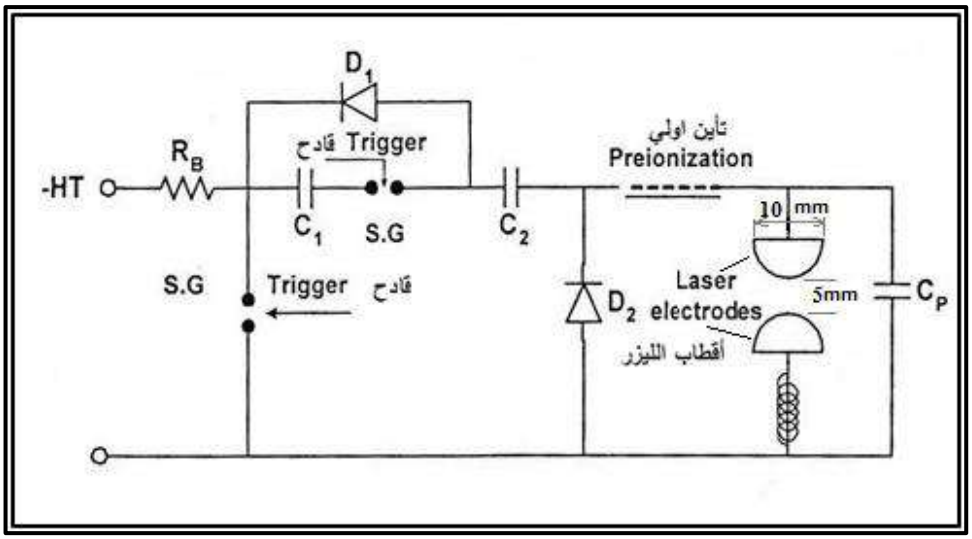
- **دائرة التفريغ المباشر وتسمى احيانا دائرة الشحن ذات المتسعة الواحدة .**
- **دائرة المحاثة- متسعة .**
- **دائرة المتسعة- محاثة اقطاب التاين الاولي .**
- **دائرة مولد ماركوس .**



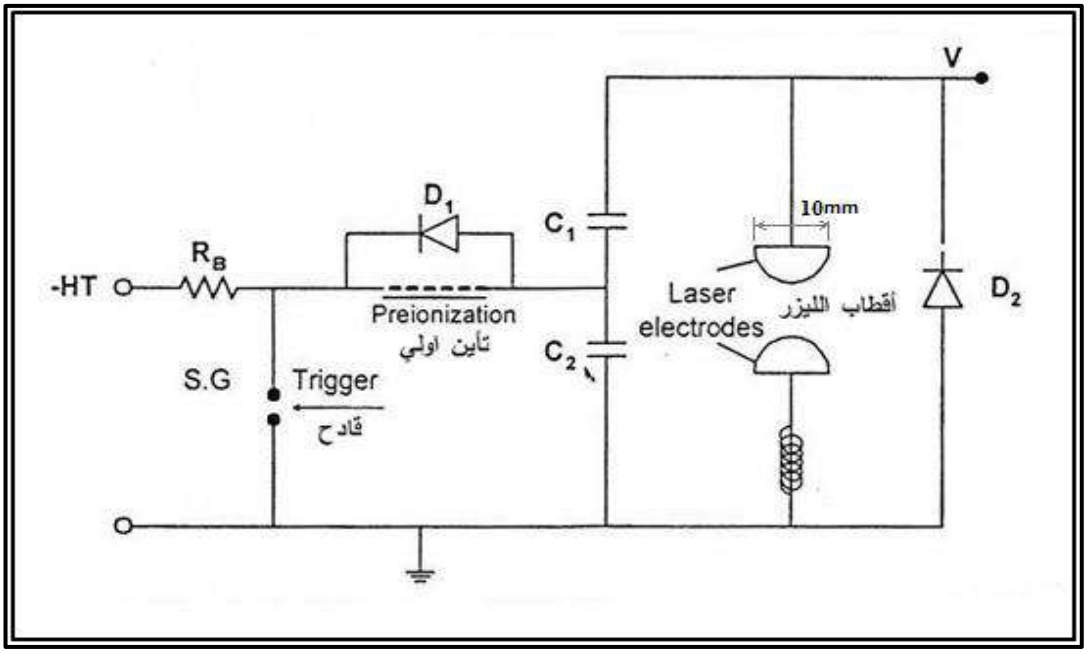
الشكل (3 - 4) دائرة التفريغ المباشر



الشكل (3 – 5) دائرة المحاثة – متسعة

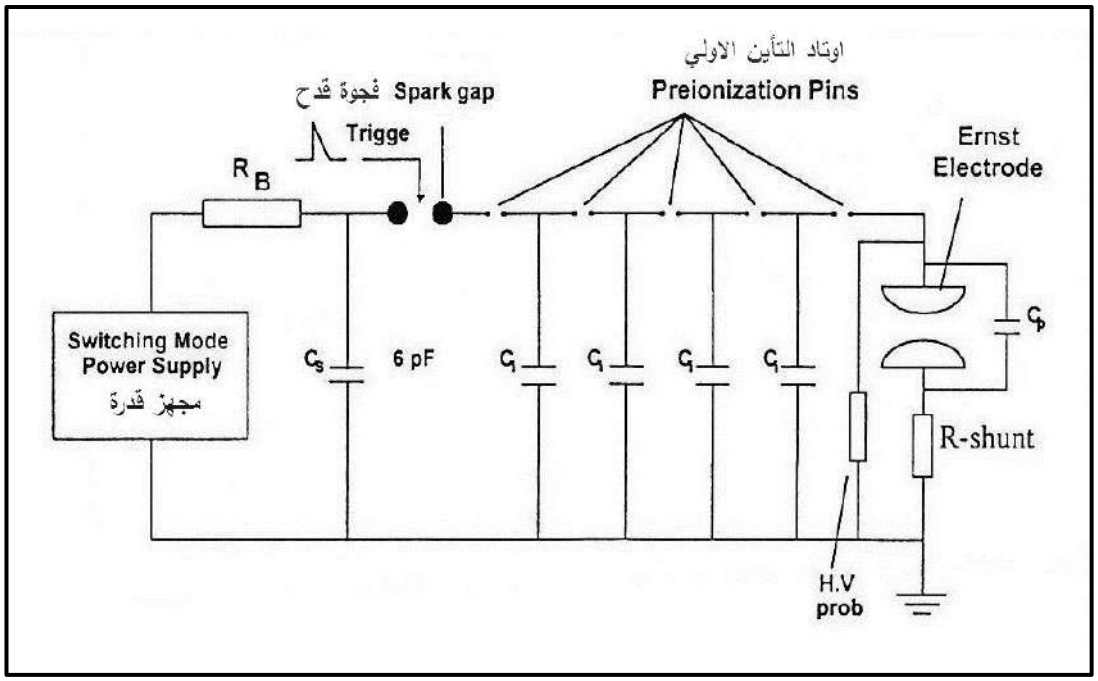


الشكل (3 – 6) دائرة المتسعة – محاثة اقطاب التأين

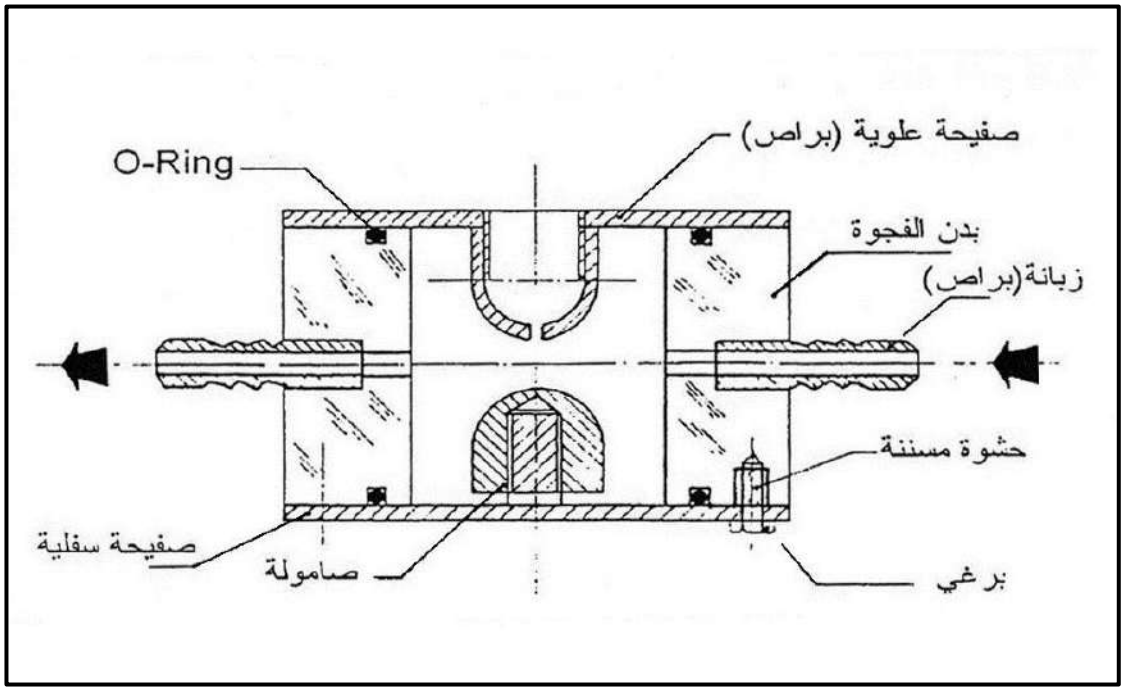


الشكل (3 – 7) دائرة مولد ماركوس

تحتوي منظومات ليزر ثاني اوكسيد الكربون على مصفوفة خطية لاقطاب التفريغ الرئيسة ومصفوفة اخرى لاقطاب التأين الاولي والتي تدعى بالاوتاد وتتوزع بشكل ازواج بالقرب من الاقطاب الرئيسة، كما تحتوي المنظومة ايضا على فجوة قدح والتي تعمل كمفتاح للجهد العالي .



الشكل (3 – 8) دائرة كهربائية تبين توزيع الاوتاد وفجوة القدح



الشكل (21-1) مقطع عرضي يوضح اجزاء فجوة القدح

الفصل الرابع

بعض التراكيب الميكانيكية لأغلب تصاميم منظومات الليزر الشائعة الاستعمال وملحقاتها البصرية

المحتويات

1. الشكل (4 – 1) : مخطط يبين الاجزاء الرئيسية لليزر الحالة الصلبة
2. الشكل (4 - 4) : المصباح الوميضي الخطي المستخدم في منظومة ليزر الصبغة .
3. الشكل (4 - 5) : مقطع عرضي لحجرة ضخ بيضوية (حجرة مزدوجة)
4. الشكل (4 - 6) : مقطع عرضي لحجرة ضخ تحتوي مصباحي ضخ
5. الشكل (4- 7) :التركيبة المثالية لمنظومة ليزر الهليوم – زئبق مع الدائرة الكهربائية لمجهز القدرة
6. الشكل (4 - 8) : التركيبة المثالية لبناء منظومة الليزرلغاز الهليوم – نيون
7. الشكل (4 - 9) : مخطط يوضح منظومة ليزر C02 ذات التدفق الغازي المحوري
8. الشكل (4 - 10) : منظومة ليزر C02 ذات الانبوب المختوم مع مجهز القدرة ومنظومة التبريد
9. الشكل (4– 11) : منظومة ليزر C02 ذات التدفق الغازي المحوري مع الدائرة الالكترونية .
10- الشكل (4– 11) : اجزاء منظومة ليزر ايون الاركون .

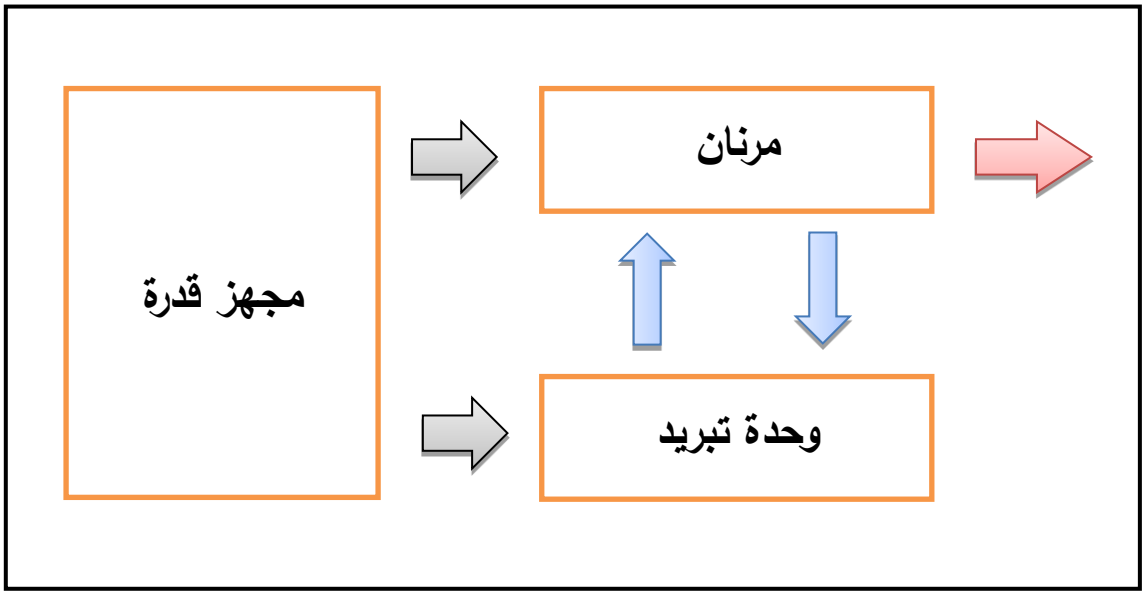
ليزر الحالة الصلبة Solid-state laser

تشتمل هذه المجموعة على مدى واسع من الليزرات مثل الليزرات البلورية والليزرات الزجاجية وليزرات الصبغة في الحالة الصلبة وليزر المراكز اللونية وليزر اشباه الموصلات والليزرات البوليمرية. تشترك جميع هذه الليزرات في كونها تتألف بشكل رئيسي من عناصر رئيسية هي الوسط الفعال وهو على هيئة اسطوانة صلبة موضوعة داخل حجرة بصرية تحتوي على مرايا متقابلة، وتكون المرايا متوازية مع بعضها وعمودية على محور الوسط الفعال كما تحتوي الحجرة على الية للضخ البصري. وعند مرور الضوء في الوسط الفعال فانه يتضخم بالية الانبعاث المحفز مما ينتج حزمة ضوئية ذات شدة واتجاهية عالية .

ومن اشهر هذه الليزر هو ليزر النديوم – ياك (Nd-YAG) والذي يحوي على بلورة كارنيت الالمنيوم ايتريوم تستبدل فيها نسبة قليلة من ايونات الايتريوم بايونات الانديوم، ان الطول الموجي لهذا الليزر هو (1064nm) وهو يستخدم على نطاق واسع في العديد من التطبيقات الصناعية والطبية.

يتالف الليزر عموما من ثلاثة اجزاء رئيسية هي :

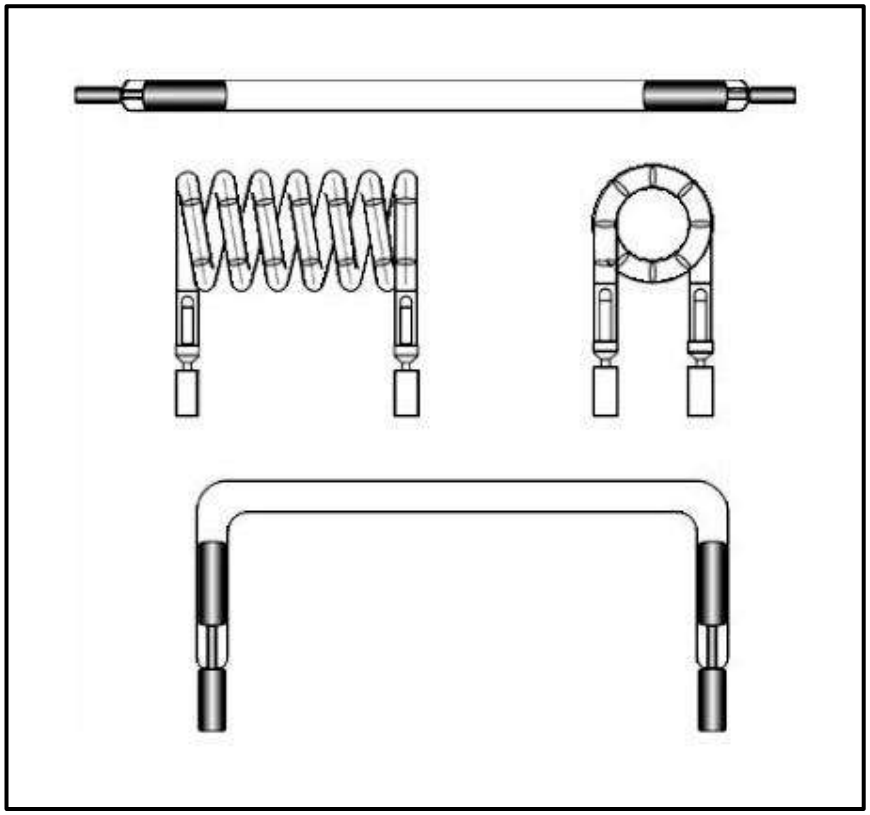
- **المرنان .**
- **مجهز القدرة .**
- **وحدة التبريد .**



الشكل (4 - 1) مخطط يبين الأجزاء الرئيسة لليزر الحالة الصلبة

المصابيح الوميضية Flash Lamps

تستعمل المصابيح الوميضية في عمليات الضخ البصري لاشعة لليزر النبضية، وتكون هذه المصابيح مملوئة بغاز نبيل اما تصاميمها الهندسية فهي متنوعة فقد تكون خطية او حلزونية، الا ان الشكل الاكثر شيوعا هو الخطي ويكون على هيئة انبوب زجاجي طويل بسمك بحدود 1-2 ملم وقطر داخلي يتراوح بين 3-19 ملم وطول يتراوح بين 5سم وقد يصل الى 1 متر، يملأ الانبوب بغاز الزينون بضغط بحدود 300 الى 700 تور.



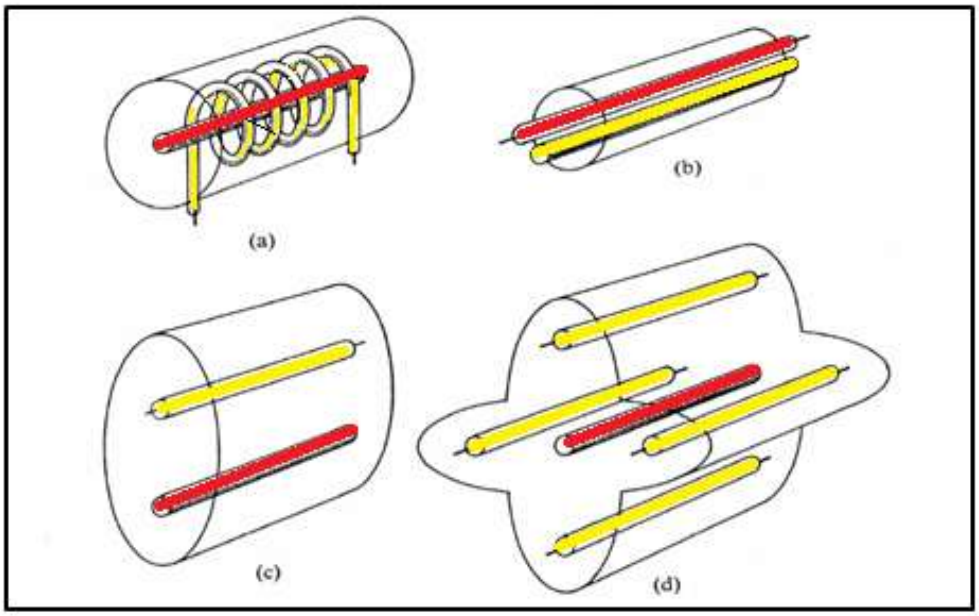
الشكل (4 – 2) مصابيح وميضية باشكال هندسية مختلفة

(مخطط توضيحي)

حجرة الليزر Laser Cavity

تعد كفائة الضخ البصري احدى اهم العوامل المؤثرة في كفائة الليزر والتي يمكن حسابها من خلال النسبة بين قدرة الضوء المسلط على الوسط الليزري الى القدرة المنبعثة من الليزر. وتوجد تصاميم هندسية مختلفة للحجر الليزرية تعتمد على نوع القضيب الليزري (الوسط الفعال) والشكل الهندسي للمصباح ومتطلبات التبريد .

والشكل (4 - 3) يوضح الاشكال الهندسية المختلفة لحجرة الليزر حيث يمثل (a)(حجرة الليزر بقضيب ليزري مع مصباح ضخ حلزوني) و(b) (حجرة ليزر بقضيب ومصباح ضخ خطي) و(c) حجرة ليزر بقضيب واحد واربع مصابيح وميضية خطية) و(d) (حجرة ليزر بقضيب ليزري واحد مع مصباح ضخ خطي وبشكل حجرة بيضوي)



الشكل (4- 3) اشكال هندسية مختلفة لحجر الضخ. (مخطط توضيحي)

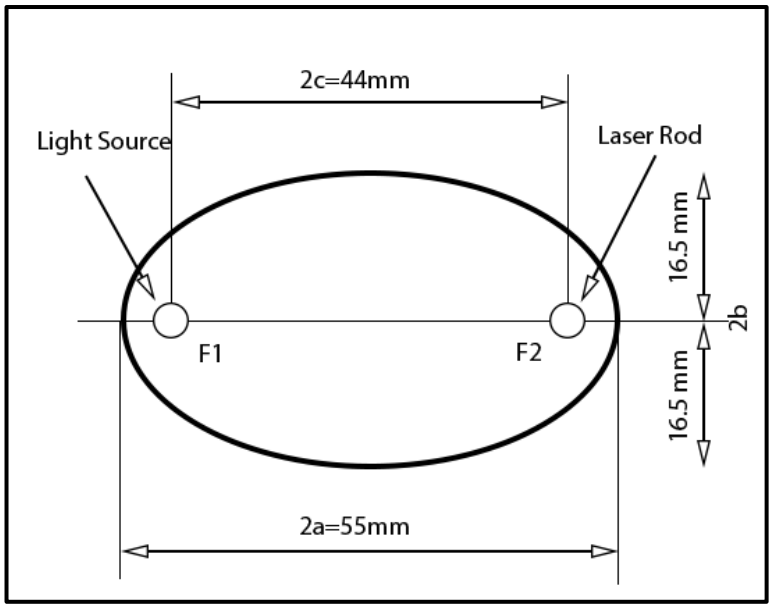
ليزر الحالة السائلة (ليزر الصبغة) Dye Laser

يدعى بليزر الصبغة أو ليزر التوليف او التنغيم (Tuning laser) ويصنف ضمن ليزر مستويات الطاقة الرباعية(Four Energy Level) وتستعمل المادة الفعالة فيهاصبغة عضوية معقدة التركيب مذابة في محلول مثل الكحول على الغالب، ليكون وسطا فعالا لتوليد الليزر وبذلك يساعد على حل المشاكل التي تواجه تصميم ليزر الحالة الصلبة فضلا عن ان الكثافة الجزيئية للمواد السائلة معتدلة مقارنة بالمواد الصلبة والسائلة والغازية.

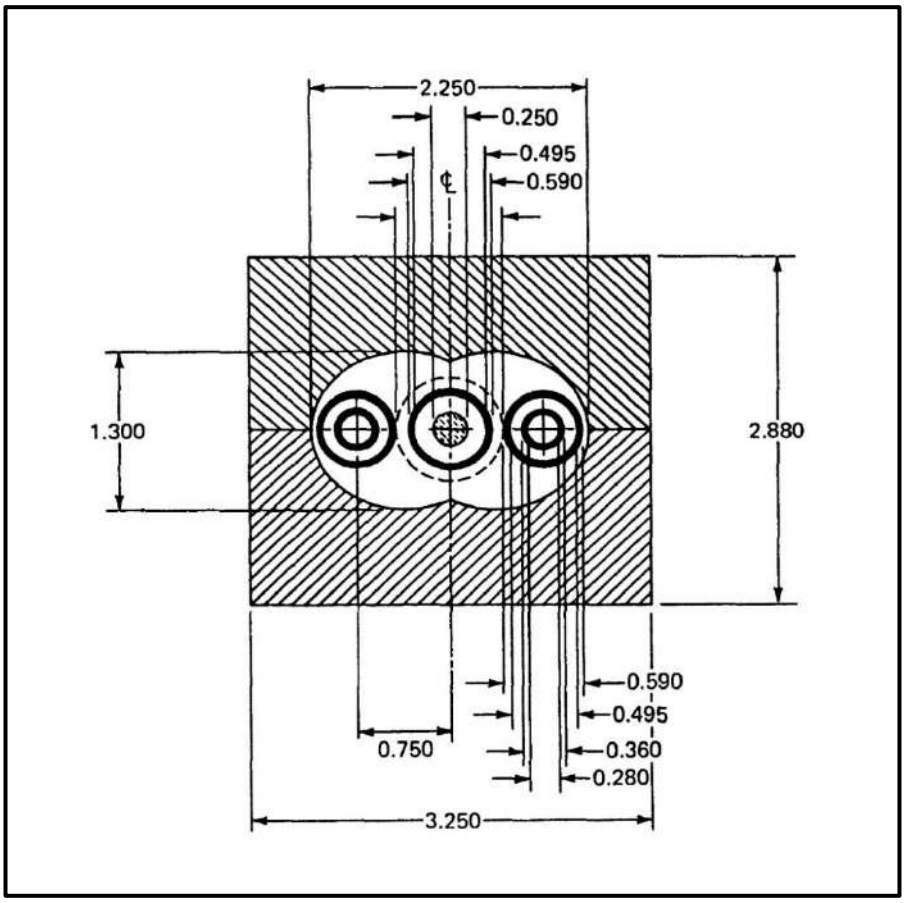
يمتاز ليزر الحالة السائلة بكونه قابل للتنغيم عن طريق استعمال محزز (Grating) او موشور (Prism) في فجوة المرنان لحساب طول موجة التذبذب والحصول على مدى واسع من الترددات تمتد من الأشعة فوق البنفسجية (UV) إلى الأشعة تحت الحمراء (IR) على الرغم من أن اغلب أنواع ليزر الحالة السائلة تقع ضمن المدى المرئي .

ينقسم ليزر الحالة السائلة بحسب عملية الضخ الى ثلاثة انواع هي ليزر السائل نبضي (Pulse d (dye laser والذي يضخ عن طريق المصباح الوميضي والذي يملئ أما بغاز الزينون (Xenon) او بغاز الكربتون (Krypton). والنوع الثاني (ruby laser) ذو الطول الموجي (693.3nm) وليزر الاكزايمر الذي يكون ليزر متناغم ذو نبضة ضيقة جدًا في حدود (10 نانو ثانية). يكون شكل المصباح الوميضي المستخدم في عملية الضخ خطي كما يمكن استخدام مصباح أو مصباحين في عملية الضخ مع استعمال عاكسات اهليجية تحيط به لتعكس الضوء الساقط الى السائل وبذلك تتم عملية الضخ بكفاءة عالية ، ويكون موقع المصباح الوميضي محاذي للأنبوب الحاوي على السائل ، والشكل (4 – 4) يوضح أجزاء المصباح الوميضي .

شكل (4 – 4)المصباح الوميضي الخطي المستخدم في منظومة ليزر الصبغ



الشكل (4 – 5) مقطع عرضي لحجرة ضخ بيضوية (حجرة مزدوجة) (الرسم بمقياس 2:1)

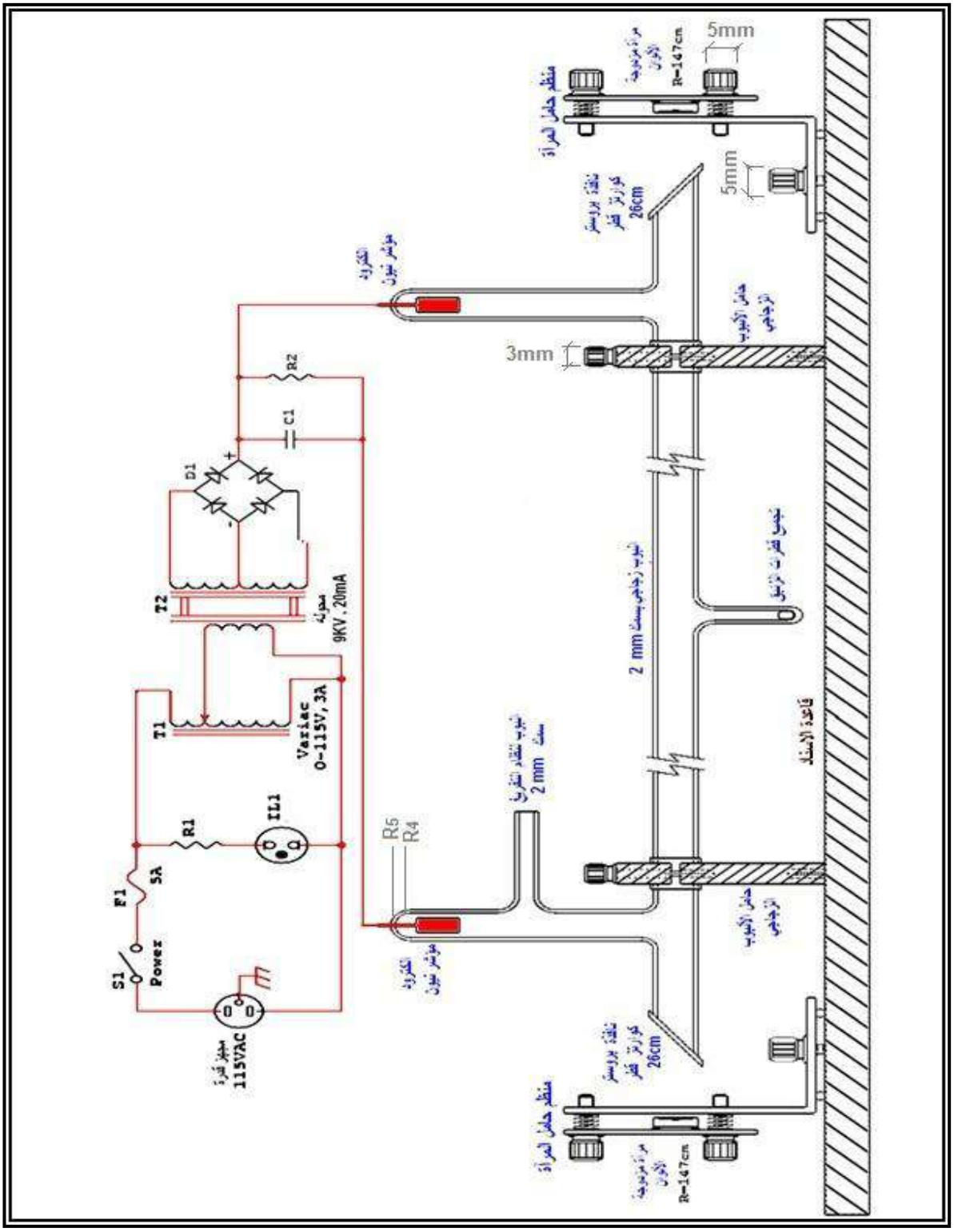


الشكل (4- 6) مقطع عرضي لحجرة ضخ تحتوي مصباحي ضخ (للاطلاع)

ليزر الهليوم زئبق He-Hg Laser

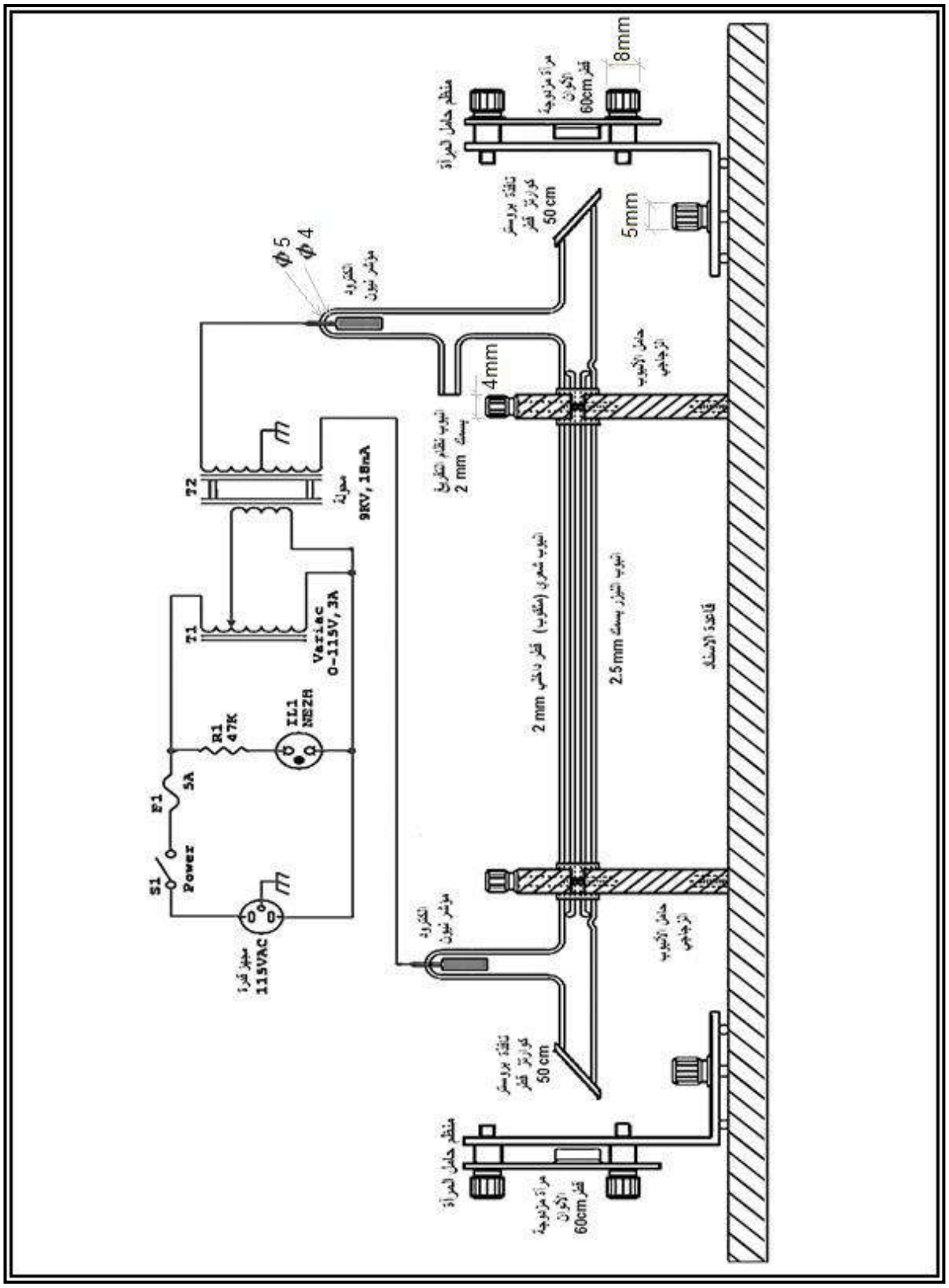
يعد ليزر الهليوم زئبق مماثلا من نواح عديدة إلى ليزر الهليوم كادميوم HeCd وليزر الآركون كروم ArKr أو ليزر بخار النحاس من الناحية العملية وهو من انواع ليزر الابخرة المعدنية (Metal-vapor lasers)، والاسم الآخر لهذا الليزر هو ليزر أيون بخار الزئبق، لكونه يعمل على أساس انتقال أيون الزئبق والذي يمكنه من توليد نبضات حادّة من الطيف المرئي للضوء الأخضر 567nm ونبضات أقل حدة من اللون الاحمر البرتقالي 615nm، وقد يكون بنائه أسهل نسبيا من بقية انواع الليزر من ناحية المادة الكيميائية المطلوبة لتجهيزات الغاز (قطرة فقط من الزئبق والهليوم) وسهولة في اصطفاف المرآة (Mirror Alignment) (لكونها تستعمل أنبوب ذا ثقب عريض) مع ضرورة توفير نظام فراغي متوسّط وبعض المعدات الزجاجية المطلوبة.

يبين الشكل (4 – 7) منظومة ليزر الهليوم زئبق مع الدائرة الكهربائية لمجهز القدرة،



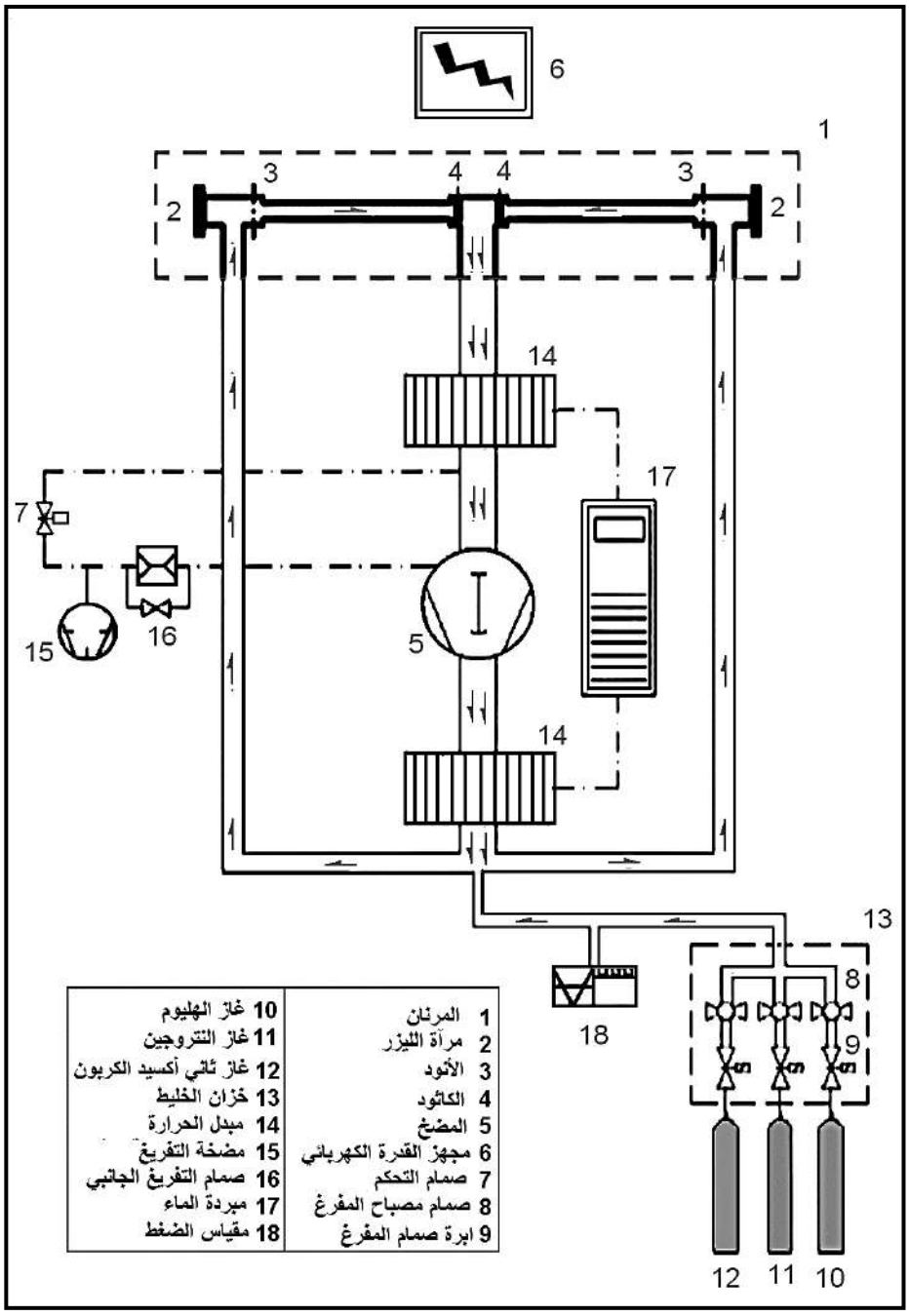
الشكل (4 - 7) التركيبة المثالية لمنظومة ليزر الهليوم زئبق مع الدائرة الكهربائية لمجهز القدرة

رسم اللوحة بمقياس رسم 1: 1، وتؤخذ الأبعاد من الرسم مع التأشير على الأجزاء



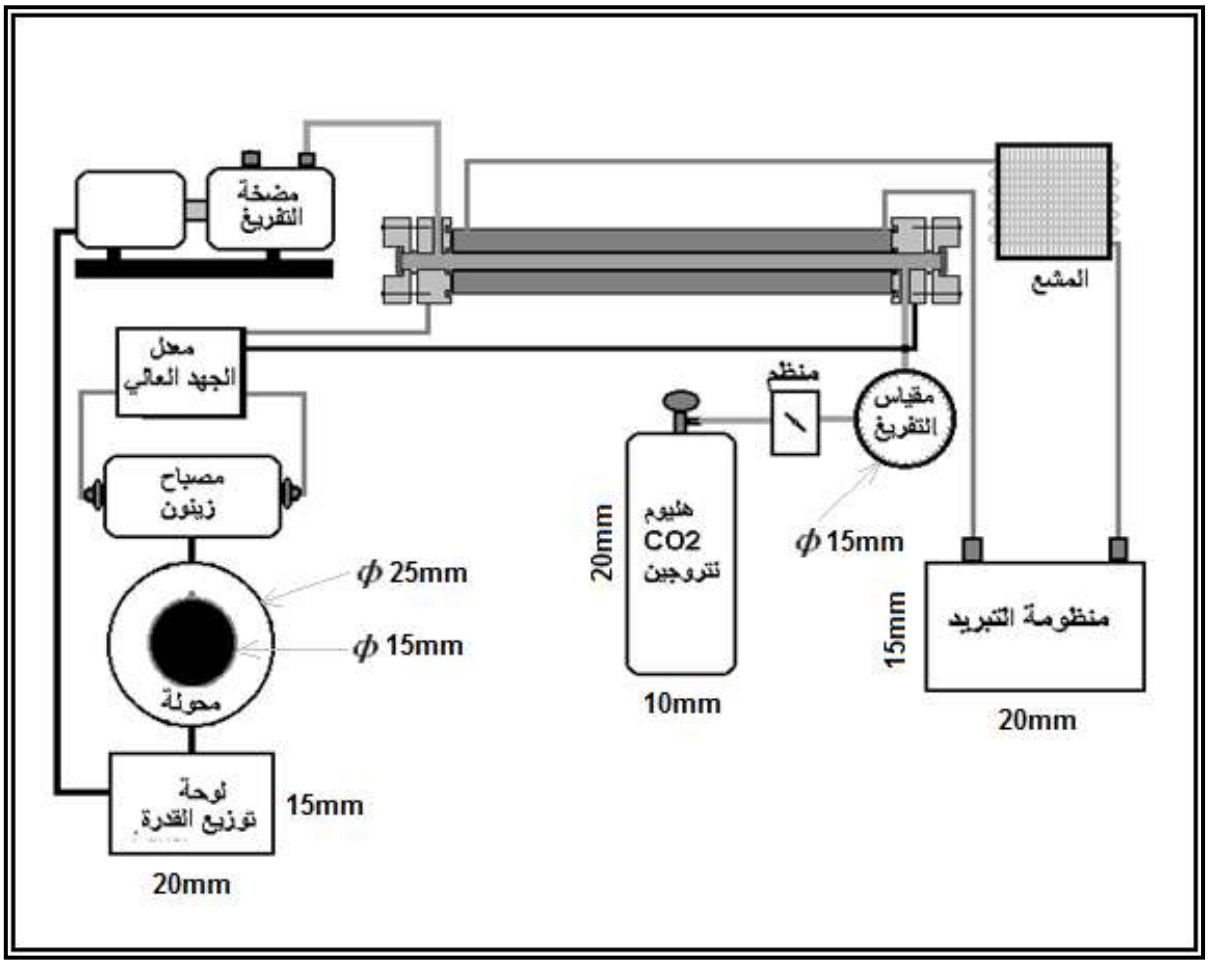
الشكل (4 – 8) التركيبية المثالية لبناء انبوب الليزر لغاز الهليوم – نيون (للاطلاع)

ويبين الشكل (4 – 9) مخططا يوضح منظومة ليزر ثاني أوكسيد الكربون ذات التدفق الغازي المحوري مع مجهز القدرة ومنظومة التبريد وموضح عليها اجزاء المنظومة .



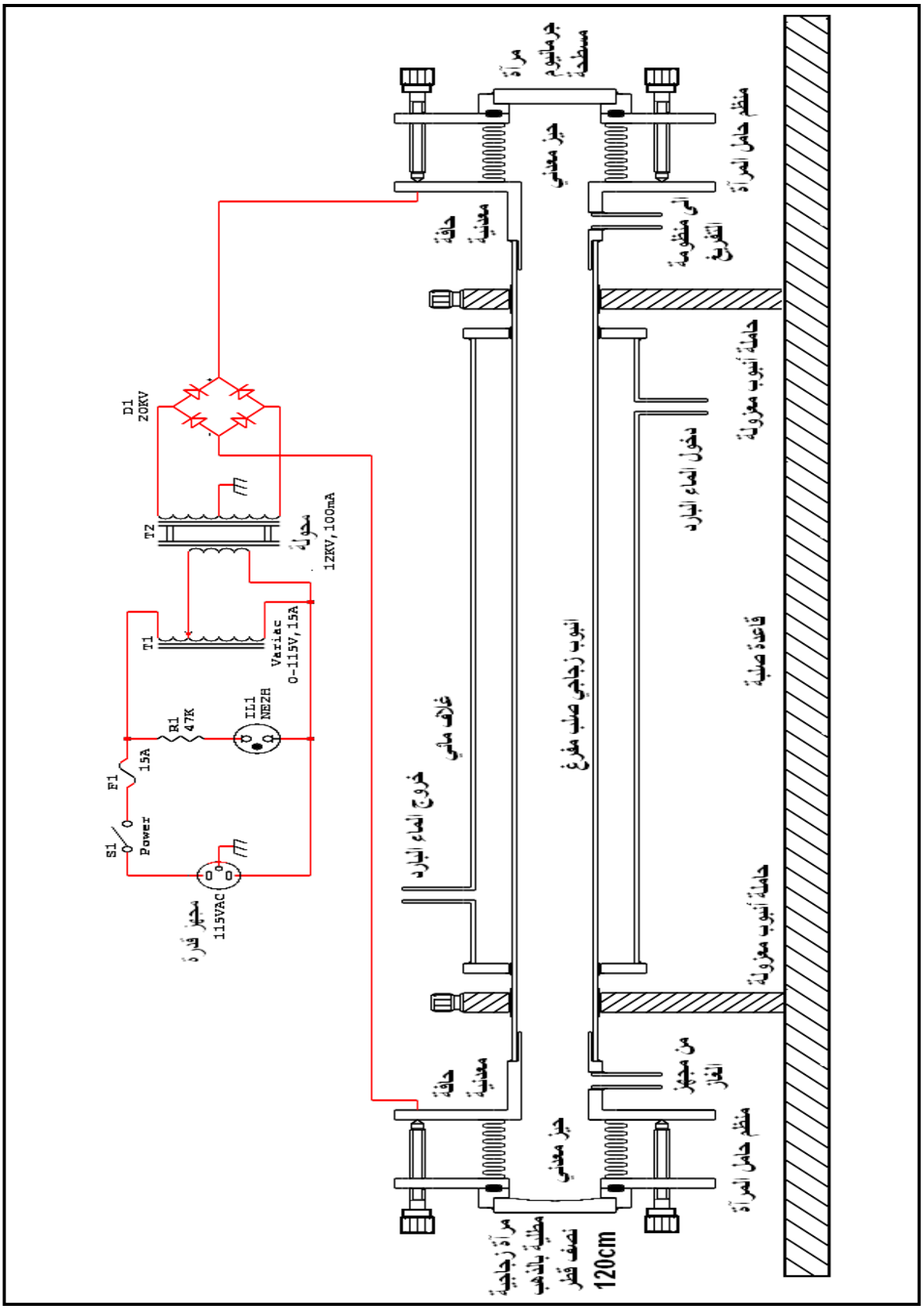
الشكل (4 - 9) مخطط يوضح منظومة ليزر ثاني أوكسيد الكربون ذات التدفق الغازي المحوري مع الملحقات، رسم اللوحة بمقياس رسم 1:1 مع ترقيم الاجزاء وتسميتها

في حين يبين الشكل (4 - 10) منظومة ليزر غاز ثاني أوكسيد الكربون مع مجهز القدرة ومنظومة التبريد .



الشكل (4 - 10) منظومة ليزر ثاني أوكسيد الكربون ذات الانبوب المختوم مع مجهز القدرة ومنظومة التبريد (رسم اللوحة بمقياس رسم 1: 1)

في حين يبين الشكل (4- 11) مخططاً لمنظومة ليزر ثاني أوكسيد الكربون ذات التدفق الغازي المحوري مع مجهز القدرة ومنظومة التبريد وموضح عليها اجزاء المنظومة .



الشكل (4- 11) منظومة ليزر ثاني أوكسيد الكربون ذات التدفق الغازي المحوري مع الدائرة الإلكترونية وموضح عليها اجزاء المنظومة، رسم اللوحة بمقياس رسم 1: 1

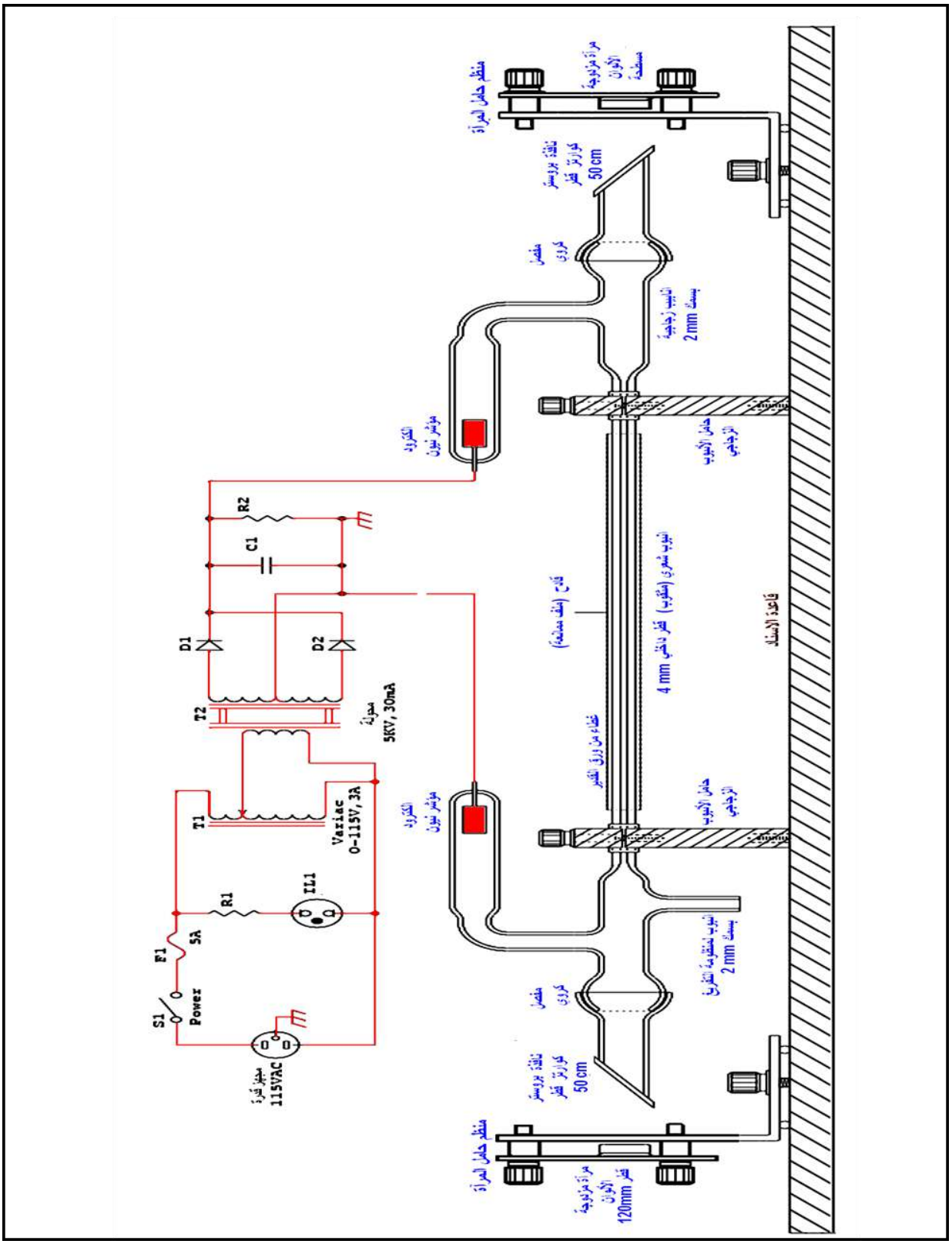
ليزر الغاز النبضى متعدّد المراحل Multi-Stages Gas Laser

يمثل ليزر غازي الآركون كربتون (Ar / Krاحد انواع الليزرات الغازية الايونية، وبشكل مطور متعدد المراحل، ويستعمل فيه نفس تصميم المرايا لليزر CO2 الغازية الجزيئية لملائمتها، لكن الاختلافات الرئيسة تتعلق بمجهز القدرة الكهربائي الذي غالبا ما يكون أكثر تعقيدا وبسيطرة أفضل على عرض وطاقة النبضة، "نظام التعاقب" للحصول على قدرة خرج أكبر ومماثل بشكل من الأشكال إلى الذي يستعمل لتشغيل ليزر الحالة الصلبة. وعند استعمال غاز النيون الصافي (,Neسينتج ليزر الغاز المتعدّد النبضي ضوء باللون البرتقالي بطول موجي nm 611.9 وأصفر بطول موجي nm. 594.1

يحتوي النظام على مضخّة ميكانيكية من جهة من أنبوب الليزر مع السيطرة على صمام التسرب الغازي في النهاية الأخرى ويزود الليزر بنظام تفريغ متوسط ومجموعة الانابيب الزجاجية.

يبين الشكل (4 - 12) اجزاء منظومة ليزر أيون الآركون وقد ثبتت التسميات عليها، مطلوب رسم المنظومة بمقياس رسم 1:1 وتسمية الاجزاء، تؤخذ القياسات من الرسم .

ويبين الشكل (2-27) مخططا للتركيب الميكانيكي لمنظومة ليزر غازي متعدد المراحل مع مجهز القدرة النبضي موضح عليها اجزاء المنظومة بالتفصيل، مطلوب رسمها بمقياس رسم 1:1.



الشكل (4 - 12) اجزاء منظومة ليزر أيون الآركون وقد ثبتت التسميات عليها، مطلوب رسم المنظومة بمقياس رسم 1:1 وتسمية الاجزاء، تؤخذ القياسات من الرسم

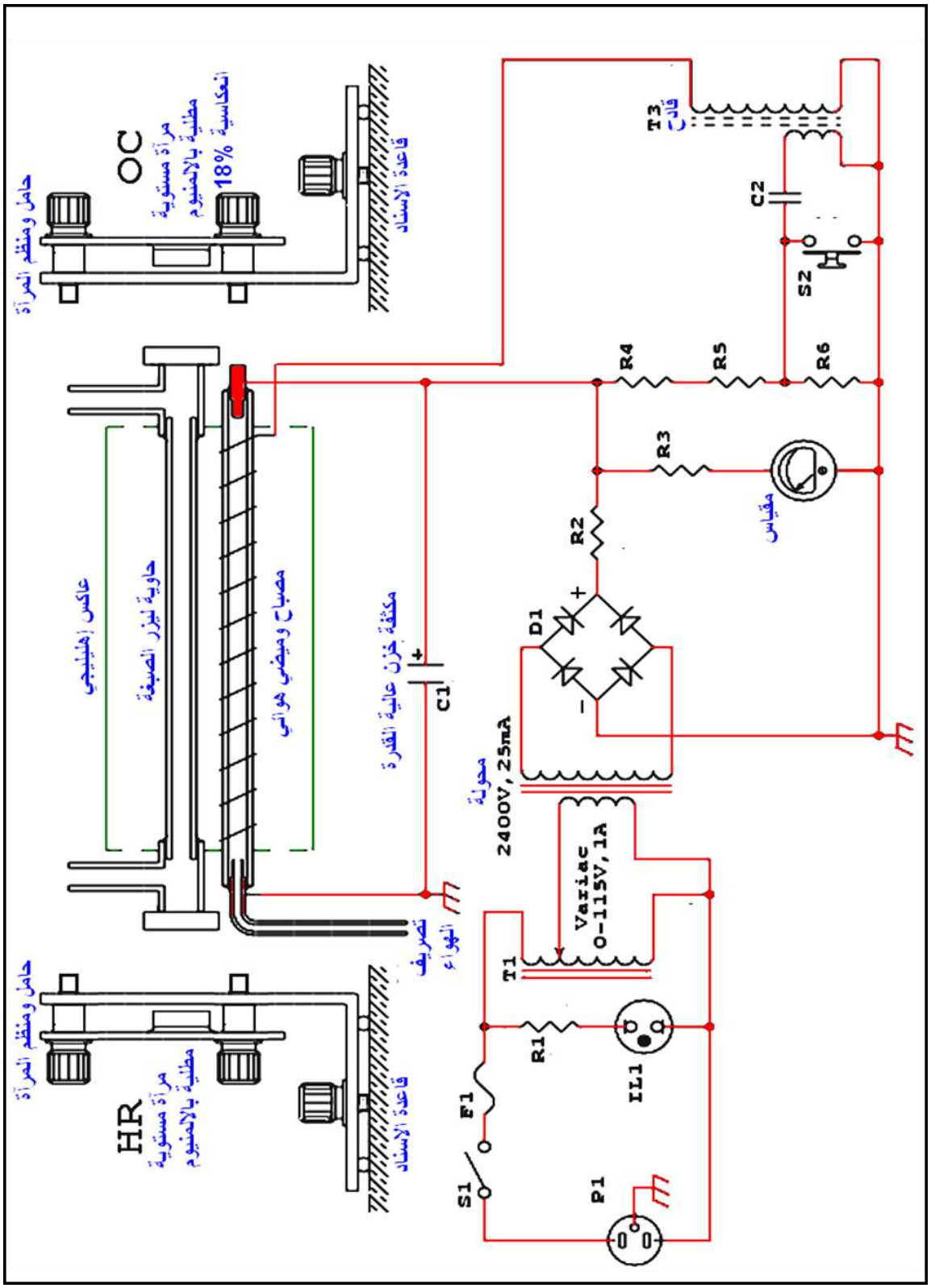
ليزر الحالة السائلة (ليزر الصبغة) Dye Laser

يدعى بليزر الصبغة أو ليزر التوليف او التنغيم (Tuning laser) ويصنف ضمن ليزر مستويات الطاقة الرباعية (Four Energy Level) وتستعمل المادة الفعالة فيها صبغة عضوية معقدة التركيب مذابة في محلول مثل الكحول على الغالب، ليكون وسطا فعالا لتوليد الليزر وبذلك يساعد على حل المشاكل التي تواجه تصميم ليزر الحالة الصلبة فضلا عن ان الكثافة الجزيئية للمواد السائلة معتدلة مقارنة بالمواد الصلبة والسائلة والغازية .

يمتاز ليزر الحالة السائلة بكونه قابل للتنغيم عن طريق استعمال محزز (Grating) او موشور (Prism) في فجوة المرنان لحساب طول موجة التذبذب والحصول على مدى واسع من الترددات تمتد من الاشعة فوق البنفسجية (UV) الى الاشعة تحت الحمراء (IR) على الرغم من أن اغلب انواع ليزر الحالة السائلة تقع ضمن المدى المرئي. ينقسم ليزر الحالة السائلة بحسب عملية الضخ الى ثلاثة انواع هي ليزر السائل نبضي (Pulsed dye laser) والذي يضخ عن طريق المصباح الومضي والذي يملئ أما بغاز الزينون (Xenon) او بغاز الكربتون (Krypton). والنوع الثاني (ruby laser) ذو الطول الموجي 693.3nm وليزر الاكزايمر الذي يكون ليزر متناغم ذو نبضة ضيقة جدًا في حدود (10 نانو ثانية). يكون شكل المصباح الومضي المستخدم في عملية الضخ خطي كما يمكن استخدام مصباح أو مصباحين في عملية الضخ مع استعمال عاكسات اهليجية تحيط به لتعكس الضوء الساقط الى السائل وبذلك تتم عملية الضخ بكفاءة عالية، ويكون موقع المصباح الومضي محاذي للأنبوب الحاوي على السائل .

أما النوع الثالث فيستعمل فيه مصباح ومضي محوري إذ يلتف حول الانبوب الحاوي على السائل ويمكن استعمال مصباح ومضي بشكل صفيحة من مادة زجاجية ذات معامل انكسار يختلف عن معامل انكسار الانبوب الحاوي على السائل للحصول على انعكاس داخلي كلي للضوء داخل التجويف وبذلك ينتج لدينا مسار ضوئي طويل داخل ذلك التجويف وهذا يؤدي الى عملية تضخيم جيدة للشعاع .

ويبين الشكل (2-28) المخطط التفصيلي لليزر الصبغة مع التجهيزات الكهربائية والالكترونية اللازمة لتشغيله



الشكل (4 -13) المخطط التفصيلي لليزر الصبغة مع التجهيزات الكهربائية والالكترونية اللازمة لتشغيله، مطلوب رسمه بمقياس رسم 1:1، وتؤخذ القياسات من الرسم