

جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الحلة الجامعة
قسم الفيزياء الطبية



التطبيقات الطبية الحديثة لليزر

بحث مقدم

الى قسم كلية الحلة الجامعة متطلبات بحث التخرج لنيل شهادة البكالوريوس في قسم الفيزياء الطبية

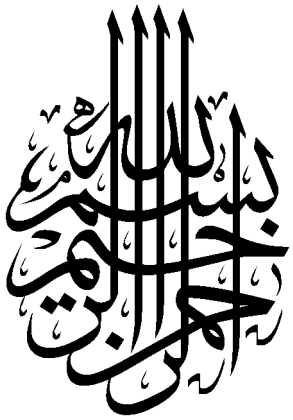
من قبل الطلاب

حسين علاء محمد
تبارك علي عبد الحسن كاظم
سجاد محسن جبار
حنين مهند عطيه جاسم

بأشراف

م.م حسن محمد حسن

١٤٤٥ هـ
٢٠٢٤ م



﴿قَالَ لَهُ مُوسَى هَلْ أَتَّبِعُكَ عَلَى أَنْ تُعَلِّمَنِ مِمَّا عُلِّمْتَ رُشْدًا(٦٦)﴾

سورة الكهف آية (٦٦)

الاهداء

وصلت رحلتي الجامعية إلى نهايتها بعد تعب ومشقَّة..

وها أنا ذا أختم بحث تخرُّجي بكل همَّة ونشاط ،

وأمتنُّ لكل من كان له فضل في مسيرتي،

وساعدني ولو باليسير،

الأبوين، والأهل، والأصدقاء، والأساتذة المُبجَّلين..

أُهديكم بحث تخرُّجي

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على خاتم الانبياء والمرسلين في مثل هذه اللحظات يتوقف اليراع قبل ان يخط الحروف ليجمعها في كلمات تتبعثر الاحرف وعبثا ان يحاول تجمعيها سطور سطورا كثيرة تمر في الخيال ولا يبقى لنا في نهاية المطاف إلا قليلا عن الذكريات وصور تجمعنا برفاق كانوا الى جانبنا فواجب علينا شكرهم ونحن وخطوا خطواتنا الاولى في غمار الحياة ونخص بجزيل الشكر والتقدير كل من اشعل شمعة في دروب علمنا والى من وقف على المنابر واعطى من حصيلة فكرة لينير دربنا الى اساتذتنا الكرام ونتوجه بالشكر والتقدير الى الذي تفضل بأشرافه على هذا البحث فجازه الله عنا كل خير فله منا كل التقدير والاحترام

المحتويات

الموضوع	الصفحة
الفصل الأول: مقدمة	٢
١.١ مقدمة	٢
١.٢ صناعة الليزر	٣
١.٣ خصائص الليزر	٤
١.٣.١ أحادية اللون	٤
١.٣.٢ التماسك	٥
١.٣.٣ الاتجاهية	٦
السطوع أو الكثافة شديدة ١.٣.٤	٦
١.٤ فيزياء الليزر	٧
١.٤.١ الانبعاث المحفز	٧
١.٤.١ الضوء المنبعث	٩
١.٥ نوع الليزر	١٠
١.٥.١ ليزر الحالة الصلبة	١١
١.٥.٢ الليزر الغازي	١١
١.٥.٣ الليزر السائل	١٢

الفصل الثاني: الليزر في المجال الطبي	١٥
٢.١ مقدمة	١٥
٢.٢ نوع الليزر في المجال الطبي	١٦
٢.٢.١ ليزر ثاني أكسيد الكربون	١٦
٢.٢.٢ ليزر الدايود	١٧
٢.٢.٣ الليزر الصبغي	١٨
٢.٢.٤ ليزر الإكسيمر	١٨
٢.٢.٥ ليزر فابر	١٩
٢.٢.٦ ليزر ثاني أكسيد الكربون الغازي	١٩
٢.٢.٧ ليزر ديود أشباه الموصلات	٢٠
٢.٣ تفاعل الليزر مع الأنسجة الحيوية	٢١
٢.٤.١ تأثيرات الليزر على الأنسجة البيولوجية	٢٢
٢.٤.٢ تأثيرات الليزر على الأنسجة الحيوية	٢٢
الفصل الثالث تطبيقات الليزر في المجال الطبي	٢٣
٣.١ المقدمة	٢٣
٣.٢ التطبيقات الطبية لليزر	٢٣
٣.٣ مزايا جراحة الليزر	٢٥
٣-٤ الخاتمة	٢٦
المراجع	٢٧

جدول الأشكال والصور

الموضوع	رقم الصفحة
تفترض اينشتاين1.1الشكل	٢
الليزر صنع 1.2 الشكل	٣
عدم الترابط والتماسك1.3الشكل	٥
ضوء الليزر هو نوع من انبعاث الإشعاع المحفز.1.4الشكل	٨
المنبعث الضوء 1.5 الشكل	٩
الصلبة الحالة ليزر 1.6 الشكل	١١
الغاز ليزر 1.7 الشكل	١١

ملخص

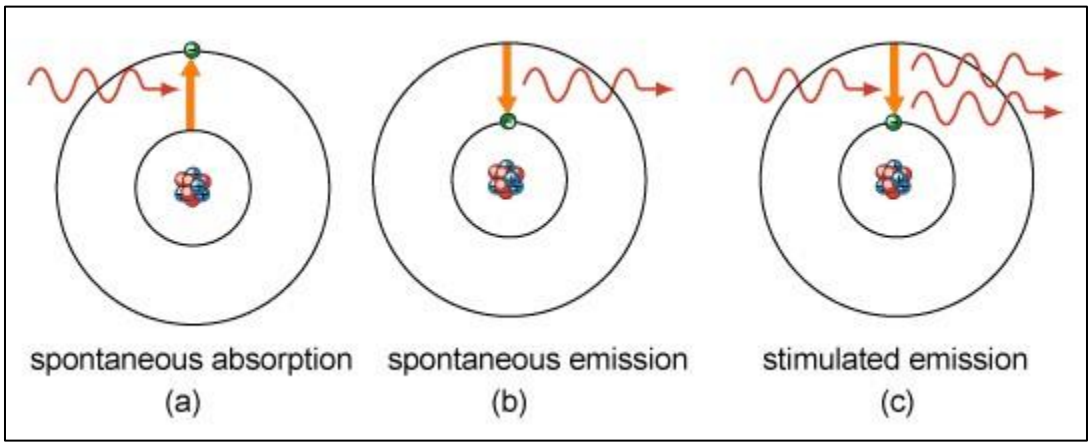
هدف البحث توضيح أهمية الليزر في مجالات الطب المختلفة أولا أتحدث عن خصائص الليزر ثم أناقش نوع الليزر في المجال الطبي بعد مناقشة تطبيق الليزر في المجال الطبي.

يرمز LASER إلى "تضخيم الضوء عن طريق انبعاث الإشعاع المحفز". إنه جهاز ينبعث الضوء من خلال عملية التضخيم البصري بناءً على الانبعاث المحفز للإشعاع الكهرومغناطيسي. وهو يتألف من ثلاثة أجزاء: متوسط الكسب، والمضخة، وعتبة الليزر. يُظهر ضوء الليزر بعض الخصائص المميزة مقارنة بالضوء التقليدي، مثل أحادية اللون، والتماسك، والاتجاهية، والكثافة أو السطوع، والطاقة العالية. يتم استخدامه في العديد من أنواع العمليات الجراحية، مثل الجراحة التجميلية، وجراحة العيون الانكسارية، وإجراءات طب الأسنان، والجراحة العامة، والمجال الطبي.

يعد ليزر ثاني أكسيد الكربون من أعلى أنواع الليزر ذات الموجات المستمرة المتوفرة، حيث ينتج شعاعًا من الأشعة تحت الحمراء بأطوال موجية تتمركز حول ٩.٦ و١٠.٦ ميكرومتر. يستخدم الليزر على نطاق واسع في التطبيقات الطبية، مثل الجراحة وطب العيون والأمراض الجلدية ورأب الأوعية الدموية وعلاج السرطان والمسالك البولية والتطبيقات التجميلية مثل إزالة الشعر بالليزر وإزالة الوشم وشفط الدهون.

1 . 1 المقدمة

يرمز LASER إلى "تضخيم الضوء عن طريق انبعاث الإشعاع المحفز". في (١٩١٧) افترض أينشتاين أن: فوتونات الطاقات الساقطة تساوي تمامًا الطاقة التي يجب أن تقذفها الذرة المثارة إذا هبطت إلى حالة الطاقة الأدنى. تحفز هذه الفوتونات الساقطة الذرة المثارة على الهبوط إلى الحالة الأدنى، ويكون الفوتون الذي تقذفه الذرة في طور مع الفوتون الساقط الذي يحفزها على القيام بالانتقال.



الأشكال 1.1 تفترض أينشتاين

الليزر هو جهاز ينبعث الضوء من خلال عملية التضخيم البصري على أساس الانبعاث المحفز للإشعاع الكهرومغناطيسي. كلمة "ليزر" هي اختصار لعبارة "تضخيم الضوء عن طريق انبعاث الإشعاع المحفز". كان تطور الليزر منذ عام ١٩٦٠ سريعًا للغاية، وعلى الرغم من أن بداية استخدام الليزر كانت بطيئة للغاية خلال العقد الأول من عمره، إلا أن هناك تطبيقات جديدة لإشعاع الليزر وجدت الآن كل يوم تقريبا.

1.2 صناعة الليزر-:

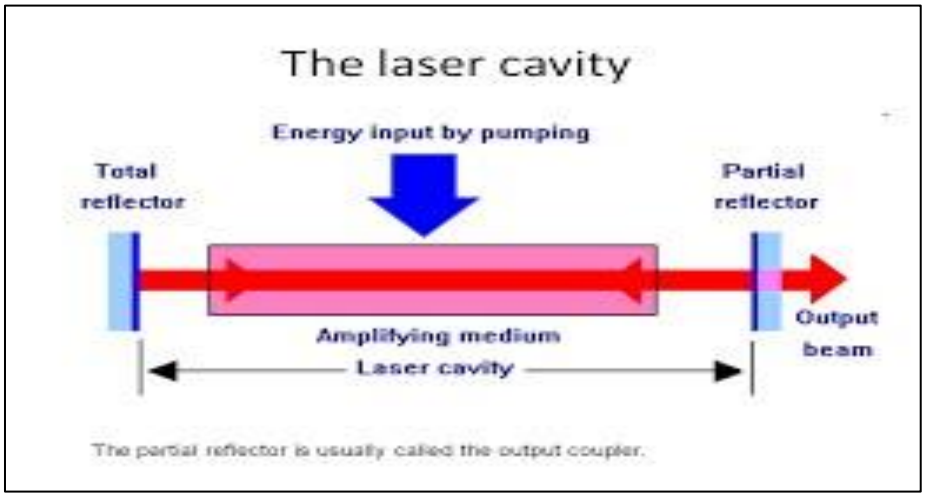
- تحتوي جميع مذبذبات الليزر (على عكس مكبرات الصوت) على ٣ أجزاء:
- كسب المتوسطة- الغاز، الحالة الصلبة، السائلة – ما الذي يوفر انتقال الليزر.

• المضخة – مصدر الطاقة لإحداث انعكاس سكاني – عادةً ما يكون مصدر ضوء آخر، على سبيل المثال مصباح يدوي أو ليزر آخر، عبارة عن تفريغ كهربائي أو تيار.

- تجويف –تحتاج إلى إعادة تدوير الفوتونات لتحفيز الانبعاث عند انتقال الليزر – غالبًا ما تكون المرايا حول وسط الكسب، يمكن أن تكون متوسطة بحد ذاتها.

• عتبة الليزر- عندما يتجاوز الكسب (عدد الفوتونات المنبعثة في رحلة ذهابًا وإيابًا) الخسارة (العدد المفقود بسبب الامتصاص، من خلال المرايا وما إلى ذلك).

هل تريد ضوء الليزر طوال الوقت (موجة مستمرة، CW) أم نابض؟ يمكن أن تكون النبضات من الفيمتوسيكوند – النانو ثانية • وهذا كل شيء!



الشكل 1.2 صنع الليزر

- كسب المضخة من المستوى المتوسط إلى المستوى العلوي
- يضمحل الفوتون تلقائيًا ويحفز المزيد من الانبعاث
- ترتد الفوتونات ذهابًا وإيابًا على طول التجويف – إذا تجاوز عدد الفوتونات المنبعثة في كل رحلة ذهابًا وإيابًا الخسائر (المرايا وما إلى ذلك)، يكون الليزر أعلى من العتبة
- إحدى المرايا تسمح بخروج كمية صغيرة من هذا الضوء – مخرج ليزر!

يتم التحكم في إخراج الليزر من خلال كسب أوضاع التجويف المتوسطة والطولية والعرضية.

1.3خصائص الليزر

يُظهر ضوء الليزر بعض الخصائص المميزة مقارنة بالضوء التقليدي مما يجعله فريدًا من نوعه. دعونا ندرس العوامل التي تجعل ضوء الليزر بارزًا. هؤلاء هم

١–أحادية اللون

٢– التماسك

٣–الاتجاهية

٤–شديدة الشدة أو السطوع

٥–طاقة عالية

١.٣.١ أحادية اللون :–

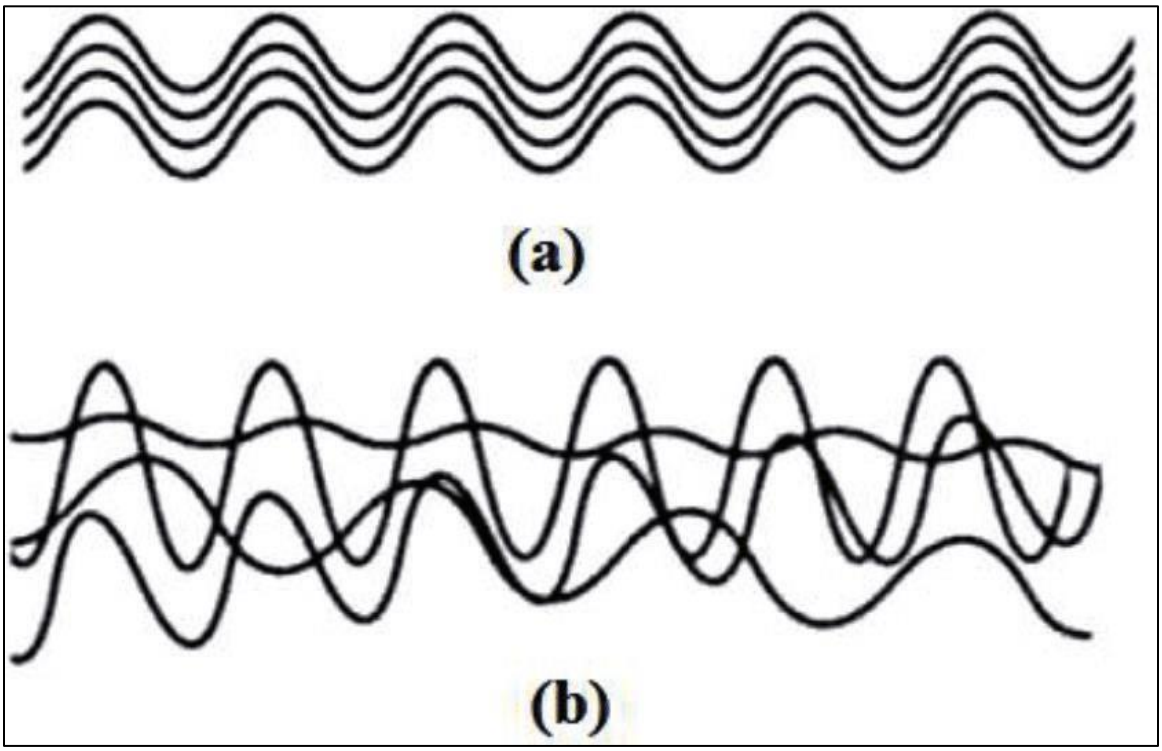
الضوء أحادي اللون هو ضوء يحتوي على لون واحد أو طول موجي واحد. يكون للضوء المنبعث من مصادر الضوء العادية طاقات أو ترددات أو أطوال موجية أو ألوان مختلفة. لكن ضوء الليزر له طول موجي واحد أو لون واحد.

يغطي ضوء الليزر نطاقًا ضيقًا جدًا من الترددات أو الأطوال الموجية. يمكن أن يكون هذا بسبب الخصائص المحفزة لضوء الليزر. عرض النطاق الترددي لمصدر الضوء التقليدي أحادي اللون هو ١٠٠٠ Å. لكن عرض النطاق الترددي لمصدر ضوء عادي يساوي ١٠ Å. بالنسبة لمصدر ليزر عالي الحساسية، يكون ١٠–٨ Å.

١.٣.٢ التماسك :-

يُطلق على الارتباط المتوقع بين السعة والمرحلة عند أي نقطة مع نقطة أخرى اسم التماسك. وهذا يعني أنه إذا كانت موجتان أو أكثر من نفس التردد في نفس الطور أو كان لهما فرق طور ثابت، يُقال إن هذه الموجات متماسكة بطبيعتها.

في حالة الضوء التقليدي، تظهر خاصية التماسك بين المصدر ومصدره الافتراضي بينما في حالة الليزر توجد خاصية التماسك بين أي موجتين ضوئيتين أو أكثر. هناك نوعان من التماسك. التماسك الزماني والتماسك المكاني



الشكل ١.٣: عدم الترابط والتماسك

١.٣.٣ الإتجاهية-:

ينتقل شعاع الضوء القادم من مصدر ضوئي عادي في جميع الاتجاهات، أما ضوء الليزر فينتقل في اتجاه واحد. على سبيل المثال، ينتشر الضوء المنبعث من ضوء الشعلة مسافة كيلومتر واحد، وينتشر مسافة كيلومتر واحد. لكن ضوء الليزر ينتشر مسافة بضعة سنتيمترات حتى لو قطع مسافة لا تقل عن كيلومتر واحد.

يتم التعبير عن اتجاهية شعاع الليزر من حيث التباعد[دالتا (ثيتا)=٢r-١r/٢D-١D]

حيث ١r و٢r هما نصف قطر بقع شعاع الليزر على مسافات ١D و٢D على التوالي من مصدر الليزر .

١.٣.٤ شديدة الكثافة أو السطوع

ضوء الليزر شديد الكثافة مقارنة بالضوء التقليدي. نحن نعلم أن شدة الموجة هي الطاقة لكل وحدة زمنية تتدفق عبر منطقة معينة. يعتبر ليزر Ne-He بقدرة ميلي واط واحد أكثر كثافة من شدة أشعة الشمس. ويرجع ذلك إلى تماسك واتجاه الليزر. لنفترض أنه عندما يكون هناك فوتونان بسعة كل منهما a في الطور مع فوتون آخر، فإن مبدأ التراكب الذي وضعه يونغ، يكون السعة الناتجة لفوتونين هي ٢a والكثافة ٢a٤. نظرًا لأن أعدادًا كثيرة من الفوتونات في الليزر تكون في الطور مع بعضها البعض، فإن سعة الموجة الناتجة تصبح na وبالتالي تتناسب شدة الليزر مع ٢a٢n. لذا فإن ليزر Ne-He بقدرة ١ ميجاوات أكثر كثافة من الشمس.

١.٤ فيزياء الليزر

الليزر عبارة عن أجهزة تنتج الضوء بخصائص مختلفة تمامًا عن مصادر الضوء الأخرى، على سبيل المثال، المصابيح المتوهجة أو مصابيح LED. تتيح هذه الخصائص الفريدة نطاقًا واسعًا بشكل ملحوظ من التطبيقات. يمكن لضوء الليزر أن ينتقل لمسافات كبيرة كشعاع ضيق دون أن يتباعد، مما يسمح باستخدامه في مؤشرات الليزر وعروض ضوء الليزر وحتى للاتصال بين الأقمار الصناعية. يمكن أيضًا تركيز الضوء على نقطة ضيقة جدًا، مما يتيح التصوير المجهري تحت الخلوي، وقراءة/كتابة كميات كبيرة من البيانات من/إلى أقراص DVD وأقراص Blu-ray، والطباعة الحجرية الضوئية، وهو أمر بالغ الأهمية في إنتاج الإلكترونيات الدقيقة الحديثة. علاوة على ذلك، إذا كان هذا الضوء شديد التركيز يقتصر على دفعات أو نبضات قصيرة جدًا، فيمكن استخدام الليزر عالي الكثافة لمجموعة متنوعة من تطبيقات الآلات الدقيقة، بما في ذلك قطع/وضع علامات على المواد مثل السيراميك والزجاج والمعادن بالإضافة إلى الاستئصال الآمن للأنسجة البشرية. . أخيرًا، يمكن أن يكون لضوء الليزر طيف ضيق جدًا أو لون فريد يتيح التحليل الطيفي عالي الدقة واتصالات الألياف الضوئية.

١.٤.١ الانبعاث المحفز

هي العملية التي من خلالها يمكن للفوتون الوارد بتردد معين أن يتفاعل مع إلكترون ذري متحمس (أو أي حالة جزيئية مثارة أخرى)، مما يؤدي إلى انخفاضه إلى مستوى طاقة أقل. تنتقل الطاقة المحررة إلى المجال الكهرومغناطيسي، مما يؤدي إلى تكوين فوتون جديد له تردد واستقطاب واتجاه سفر، وكلها مطابقة لفوتونات الموجة الساقطة. وهذا على النقيض من الانبعاث التلقائي، الذي يحدث بمعدل مميز لكل من الذرات/المذبذبات في حالة الطاقة العليا بغض النظر عن المجال الكهرومغناطيسي الخارجي.



الشكل ١. ٤ ضوء الليزر هو نوع من انبعاث الإشعاع المحفز.

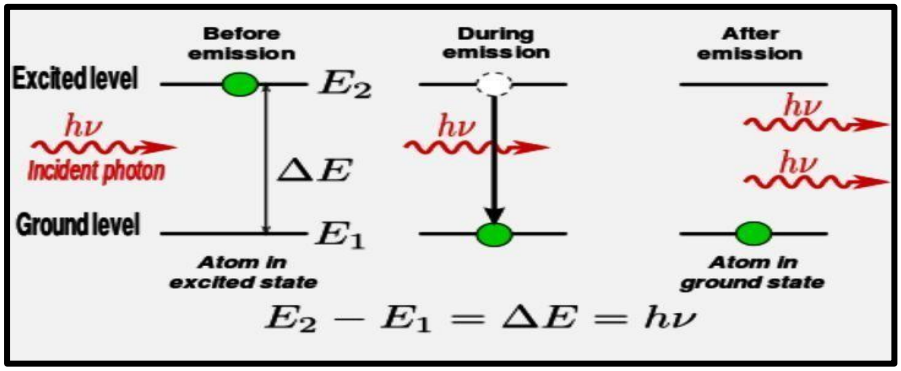
وفقًا للجمعية الفيزيائية الأمريكية، فإن أول شخص تنبأ بشكل صحيح بظاهرة الانبعاث المحفز هو ألبرت أينشتاين في سلسلة من الأبحاث بدأت في عام ١٩١٦، وبلغت ذروتها فيما يسمى الآن بمعامل أينشتاين ب. أصبح عمل أينشتاين الأساس النظري لجهاز MASER والليزر. تشبه هذه العملية من حيث الشكل عملية الامتصاص الذري حيث تتسبب طاقة الفوتون الممتص في تحول ذري متطابق ولكنه معاكس: من المستوى الأدنى إلى مستوى الطاقة الأعلى. في الوسائط العادية في حالة التوازن الحراري، يتجاوز الامتصاص الانبعاث المحفز لأن هناك عددًا أكبر من الإلكترونات في حالات الطاقة المنخفضة مقارنة بحالات الطاقة الأعلى. ومع ذلك، عند وجود انعكاس سكاني، فإن معدل الانبعاث المحفز يتجاوز معدل الامتصاص، ويمكن تحقيق تضخيم بصري صافي. إن وسط الكسب هذا، إلى جانب الرنان البصري، هو قلب الليزر أو الميزر. نظرًا لافتقارها إلى آلية التغذية الراجعة، تعمل مضخمات الليزر ومصادر الإضاءة الفائقة أيضًا على أساس الانبعاث المحفز.

١.٤.٢ الضوء المنبعث

يتم إنشاء الليزر عندما تمتص الإلكترونات الموجودة في ذرات المواد البصرية مثل الزجاج أو الكريستال أو الغاز الطاقة من تيار كهربائي أو ضوء. تعمل هذه الطاقة الإضافية على "إثارة" الإلكترونات بدرجة كافية للانتقال من مدار منخفض الطاقة إلى مدار ذي طاقة أعلى حول نواة الذرة

عندما يقفز الإلكترون من مدار أعلى إلى مدار أقل ويتم امتصاصه عندما يقفز من مدار أقل إلى مدار أعلى. يتم تحديد طاقة وتردد الضوء المنبعث أو الممتص من خلال الفرق بين طاقتي المدار

تنبعث بعض أجهزة الليزر إشعاعًا على شكل ضوء. ويصدر البعض الآخر إشعاعات غير مرئية للعين، مثل الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة تحت الحمراء. وبشكل عام، فإن إشعاع الليزر ليس ضارًا في حد ذاته، ويتصرف مثلا الضوء العادي في تفاعله مع الجسم.



الشكل 1.5 الضوء المنبعث

١.٥ انواع الليزر :

يتم تصنيف الليزر إلى ٤ أنواع بناءً على نوع وسط الليزر المستخدم:

١-ليزر الحالة الصلبة

٢- الليزر الغازي

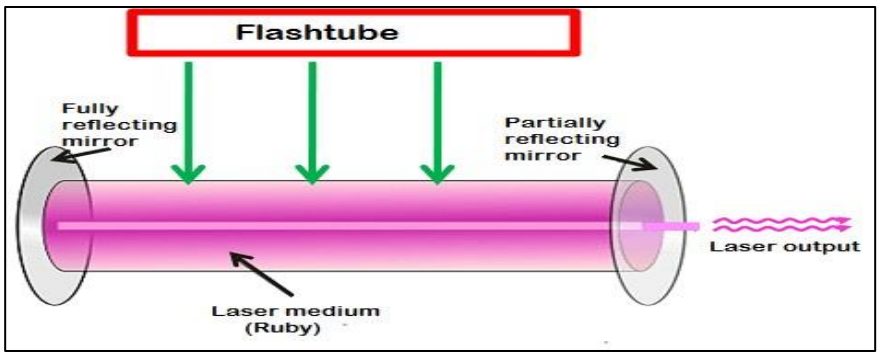
٣- الليزر السائل

٤-ليزر أشباه الموصلات

١.٥.١ ليزر الحالة الصلبة-:

ليزر الحالة الصلبة هو ليزر يستخدم المادة الصلبة كوسيلة ليزر. في هذه الليزر، يتم استخدام المواد الزجاجية أو البلورية.

يتم إدخال الأيونات كشوائب في المادة المضيفة التي يمكن أن تكون زجاجية أو بلورية. تسمى عملية إضافة الشوائب إلى المادة بالتشويب. العناصر الأرضية النادرة مثل السيريوم (Ce)، الإربيوم (Eu)، التيربيوم (Tb) وغيرها هي الأكثر استخدامًا كمنشطات. مواد مثل الياقوت
(Al_2O_3) وعقيق ألومنيوم الإيتريوم المغطى بالنيوديميوم (Nd:YAG) والزجاج المخدر بالنيوديميوم (Nd:glass) والزجاج المغطى بالإيتربيوم كمواد مضيفة لوسط الليزر. من بينها، عقيق ألومنيوم الإيتريوم المغطى بالنيوديميوم (Nd:YAG) هو الأكثر استخدامًا.



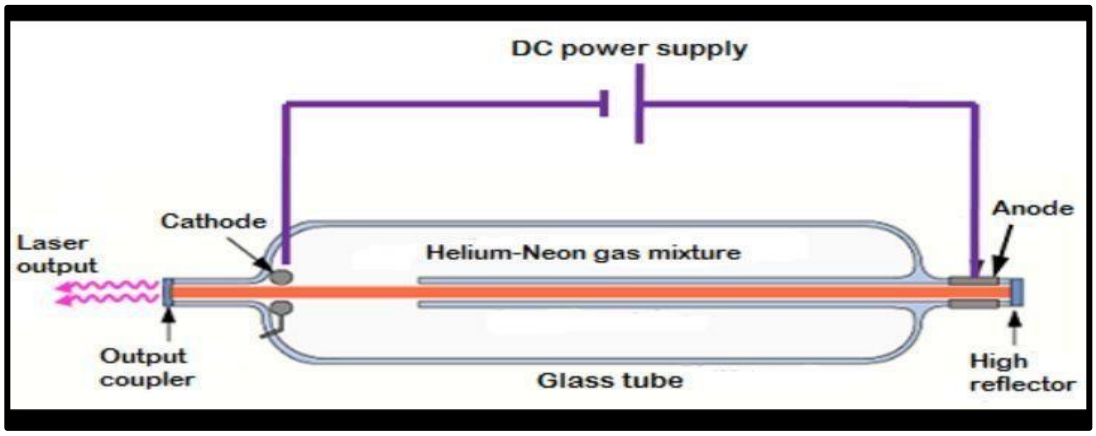
الشكل 1.6 ليزر الحالة الصلبة

أول ليزر الحالة الصلبة كان ليزر الياقوت . ولا يزال يستخدم في بعض التطبيقات. في هذا الليزر، يتم استخدام بلورة الياقوت كوسيلة ليزر.

في ليزر الحالة الصلبة، يتم استخدام الطاقة الضوئية كمصدر للضخ. يتم استخدام مصادر الضوء مثل flashtube أو مصابيح الفلاش أو مصابيح القوس أو صمامات الليزر لتحقيق الضخ.

لا تنتمي أشعة الليزر شبه الموصلة إلى هذه الفئة لأن هذه الليزرات عادة ما يتم ضخها كهربائيًا وتتضمن عمليات فيزيائية مختلفة.

١.٥.٢الليزر الغازي-:



الشكل 1.7 **ليزر الغاز**

الليزر الغازي هو ليزر يتم فيه تفريغ تيار كهربائي من خلال غاز داخل وسط الليزر لإنتاج ضوء الليزر. في الليزر الغازي، يكون وسط الليزر في الحالة الغازية

تُستخدم أشعة الليزر الغازية في التطبيقات التي تتطلب ضوء ليزر بجودة شعاع عالية جدًا وأطوال تماسك طويلة.

في ليزر الغاز، يتكون وسط الليزر أو وسط الكسب من خليط الغازات. يتم تعبئة هذا الخليط في أنبوب زجاجي. يعمل الأنبوب الزجاجي المملوء بخليط الغازات كوسيط نشط أو وسط ليزر.

الليزر الغازي هو أول ليزر يعمل على مبدأ تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية. ينتج شعاع ضوء الليزر في منطقة الأشعة تحت الحمراء من الطيف عند ١.١٥ ميكرومتر.

ليزر الغاز له أنواع مختلفة: وهي ليزر الهيليوم ((He– ليزر النيون (Ne)، ليزر أيون الأرجون، ليزر ثاني أكسيد الكربون (ليزر ٢CO)، ليزر أول أكسيد الكربون (ليزر CO)، ليزر الإكسيمر، ليزر النيتروجين، ليزر الهيدروجين، إلخ. يمكن لنوع الغاز المستخدم في بناء وسط الليزر تحديد الطول الموجي لليزر أو فعاليته

١.٥.٣الليزر السائل-:

الليزر السائل هو ليزر يستخدم السائل كوسيلة ليزر. في الليزر السائل، يزود الضوء الطاقة إلى وسط الليزر.

يعتبر الليزر الصبغي مثالاً على الليزر السائل. الليزر الصبغي هو ليزر يستخدم صبغة عضوية (محلول سائل) كوسيط ليزر.

يتكون ليزر الصبغة من صبغة عضوية ممزوجة بمذيب. تولد هذه الليزرات ضوء الليزر من حالات الطاقة المثارة للأصباغ العضوية المذابة في المذيبات السائلة. وينتج شعاع ضوء الليزر في منطقة الأشعة فوق البنفسجية القريبة (UV) إلى منطقة الأشعة تحت الحمراء القريبة (IR) من الطيف الأسلحة الكيميائية أو الإخراج نوع الليزر الطول الموجي تطبيقات الطاقة النبضية

الطباعة الحجرية بالأشعة فوق البنفسجية، جراحة الليزر، الليزك، التلدين بالليزر	١٠ ث	نانوثانية	١٩٣ نانومتر، ٢٤٨ نانومتر، ٣٠٨ نانومتر، ٣٥٣ نانومتر،	الغاز (إكسيمإيه)	المنتدى الإقليمي، كرف زيكل، إكسف
ضخ صبغ بالليزر قياس تلوث الهواء	١٠٠ ميغاواط	نانوثانية	٣٣٧ نانومتر	غاز	نتروجين
التحليل الطيفي، طب الليزر	١ واط	FS–CW	٤٠٠–١٠٠٠ نانومتر	سائل	صبغ
قرص بصري (بلو راي) قراءة/تسجيل	٥٠ ميغاواط	الأسلحة الكيميائية، م	٤١٠ نانومتر	com.semiconductor	الجاليوم
الفحص المجهري، الشبكية	١٠ ث				الأرجون– أيون

العلاج بالضوء، المسح الضوئي		الأسلحة الكيميائية	٤٨٨ نانومتر	غاز	
قياس التداخل، التصوير المجسم، الباركود يتم المسح	١٠ ميغاواط	الأسلحة الكيميائية	٦٣٢.٨ نانومتر	غاز	هيني
الأقراص الضوئية (قرص مضغوط، قرص DVD) القراءة/التسجيل، مؤشرات الليزر، الآلات الصلبة	١٠ ميغاواط، ١٠ واط	سي دبليو، مللي	٦٣٠–٩٠٠ نانومتر	com.semiconductor	الغالنة، الجياس
التحليل الطيفي، ليدار تحويل التردد غير الخطي، المجهر متعدد الفوتون	١٠ واط	FS–CW	٦٥٠–١١٠٠ نانومتر	الحالة الصلبة	تي:صاف
معالجة المواد، التبريد البصري ليدار	واط–كيلوواط	CW– ملاحظة	١٠٣٠ نانومتر	الحالة الصلبة	يب: ياج
معالجة المواد، أبحاث النبضة الفائقة القصر، LIDAR	واط–كيلوواط	FS–CW	١٠٣٠ نانومتر	الفيبر	ج: زجاج
معالجة المواد، تحديد المدى، الجراحة والوشم/الشعر إزالة، ضخ أجهزة ليزر الحالة الصلبة الأخرى	واط–كيلوواط	CW– ملاحظة	١٠٦٠ نانومتر	الحالة الصلبة	الثانية: ياج

معالجة المواد، ضخ ليزرات الحالة الصلبة الأخرى، عالية للغاية الطاقة الكهربائية أنظمة دمج الليزر	واط– كيلوواط	FS–CW	١٠٦٠ نانومتر	الفيبر	الثانية: الزجاج
الاتصالات السلكية واللاسلكية، ليزر الحالة الصلبة الضخ والتصنيع، طبي	ميغاواط– واط	سي دبليو، مللي	١١٠٠–٢٠٠٠ نانومتر	نصف كوندو ctor	إنغاس، PInGaAs
مكبرات الصوت الضوئية ل الاتصالات السلكية واللاسلكية	١٠ ث	الأسلحة الكيميائية	١٥٣٠–١٥٦٠ نانومتر	الفيبر	إيه الزجاج
استئصال الأنسجة، حصاة كلوية إزالة، طب الأسنان، ليدار	ث	المصحف، م.س	٢٠٠٠–٢١٠٠ نانومتر	الحالة الصلبة	تم: ياج، هو: ياج
رادار ليزر MWIR، صاروخ التدابير المضادة، فائق السرعة وعالي الدقة التحليل الطيفي، قياس التردد	١٠ واط	الأسلحة الكيميائية، خ	٢٢٠٠–٢٨٠٠ نانومتر	الحالة الصلبة	الكروم: الزنك سي
معالجة المواد، السكر، ليزر الأسنان، الليزر العسكري	كيلوواط	سي دبليو، المصحف	١٠٦٠٠ نانومتر	غاز	ثاني أكسيد الكربون

الفصل الثاني

الليزر في المجال الطبي

٢.١ المقدمة

بينما يبدأ تاريخ الليزر في عام ١٩٥١، تم الإبلاغ عن أول تطبيق طبي من قبل جولدمان في عام ١٩٦٢. في جراحة القلب والأوعية الدموية، استخدم ماكجوف لأول مرة ليزر روبي في عام ١٩٦٣ للاستئصال التجريبي لويحات تصلب الشرايين.

الليزر الطبي عبارة عن أجهزة طبية تستخدم مصادر ضوء مركزة بدقة لعلاج الأنسجة أو إزالتها. نظرًا لأن الليزر يمكن أن يركز بدقة شديدة على مناطق صغيرة، فيمكن استخدامه في عمل جراحي دقيق للغاية أو لقطع الأنسجة (بدلاً من المشرط. يستخدم الليزر في العديد من أنواع العمليات الجراحية. بعض الأمثلة تشمل

- الجراحة التجميلية (لإزالة الوشم، الندبات، علامات التمدد، البقع الشمسية، التجاعيد، الوحمات، الأوردة العنكبوتية أو الشعر)
- جراحة العيون الانكسارية (لإعادة تشكيل القرنية من أجل تصحيح أو تحسين الرؤية كما في الليزك أو PRK)
- إجراءات طب الأسنان (مثل إجراءات علاج الجذور/اللثة، وتبييض الأسنان، وجراحة الفم)
- الجراحة العامة (مثل إزالة الورم وإزالة المياه البيضاء وجراحة الثدي والجراحة التجميلية ومعظم العمليات الجراحية الأخرى)

٢.٢ نوع الليزر في المجال الطبي-:

١. ليزر ثاني أكسيد الكربون

٢. ليزر ديود

٣. صبغ الليزر

٤. ليزر الإكسيمر

٥. ليزر الألياف

٦. ليزر غاز ثاني أكسيد الكربون

٧. . ليزر ديود أشباه الموصلات

٢.٢.١ ليزر ثاني أكسيد الكربون-:

أ.كان ليزر ثاني أكسيد الكربون من أوائل أجهزة الليزر الغازية التي تم إنشاؤها، ولا يزال ليزرًا قويًا. ب. ليزر ثاني أكسيد الكربون هو أعلى ليزر موجة مستمرة متاح. فهي فعالة جدًا أيضًا.

ج.ينتج ليزر ثاني أكسيد الكربون شعاعًا من الأشعة تحت الحمراء له أطوال موجية تتمحور حول ٩.٦ و ١٠.٦ ميكرومتر. ونظرًا لقدرة الماء على امتصاص تردد الضوء هذا، فقد كان ليزر ثاني أكسيد الكربون مفيدًا في العمليات الجراحية

عمليات. وتشمل الأمثلة الطبية جراحة الليزر وتجديد سطح الجلد. إنه أفضل ليزر للأنسجة الرخوة مع القدرة على قطع النزيف والسيطرة عليه. قد يحل ليزر ثاني أكسيد الكربون الضوئي الحراري محل المشرط في معظم العمليات، ويتم استخدامه حتى في المناطق الحساسة حيث قد يؤدي الضغط الميكانيكي إلى الإضرار بالموقع الجراحي.

٢.٢.٢ ليزر ديود-:

A. ليزر الصمام الثنائي عبارة عن أجهزة شبه موصلة مثل الثنائيات الباعثة للضوء، باستثناء أن ليزر الصمام الثنائي يتم ضخه مباشرة بالتيار الكهربائي.

B. يمكن لثنائيات الليزر تحويل الطاقة الكهربائية إلى ضوء.

C. يجد ليزر الصمام الثنائي تطبيقات جديدة في طب الأسنان والطب.

--وهي أكثر جاذبية للأطباء بسبب انخفاض حجمها وسعرها، مع زيادة سهولة الاستخدام أيضًا. تتراوح الأطوال الموجية للثنائيات من ٨١٠ إلى ١١٠٠ نانومتر ويتم امتصاصها بشكل ضعيف بواسطة الأنسجة الرخوة. لا يتم تقطيع الأنسجة الرخوة بواسطة شعاع الليزر، بل يتم قطعها عن طريق لمس نقطة زجاجية ساخنة متفحمة.

يتم امتصاص إشعاع الليزر بشكل جيد للغاية عند الطرف البعيد للطرف، مما يؤدي إلى تسخينه إلى ما بين ٥٠٠ درجة مئوية و٩٠٠ درجة مئوية. يكون الطرف ساخنًا جدًا لدرجة أنه يمكن استخدامه لقطع الأنسجة الرقيقة وحتى كي الأنسجة أو تفحيمها. قد يؤدي ليزر الصمام الثنائي إلى الإضرار بالأنسجة المحيطة إذا تم استخدامه على الأنسجة الرخوة .

٢.٢.٣ الليزر الصبغي-:

أ.تستخدم أشعة الليزر الصبغية محلول صبغ عضوي كوسيلة لليزر، عادةً على شكل سائل. ب. يسمح وسط الليزر الصبغي عادةً باستخدام نطاق أوسع بكثير من

الأطوال الموجية، والتي قد تغطي ٥٠ إلى ١٠٠ نانومتر أو أكثر. لليزر الصبغي العديد من التطبيقات في الطب، بما في ذلك الأمراض الجلدية، حيث يستخدم لتوحيد لون البشرة. يتيح نطاق الطول الموجي الكبير تطابقًا دقيقًا مع أطياف أنسجة معينة، مثل الميلانين أو الهيموجلوبين، ولكن عرض النطاق الترددي الضيق يجعل الأنسجة المحيطة أقل عرضة للأذى.

غالبًا ما يتم علاج بقع النبيذ والندبات وحصوات الكلى بهذا النوع من الليزر.

كما يتم استخدامها غالبًا لإزالة الوشم وفي العديد من الأغراض الأخرى.

٢.٢.٤ ليزر الإكسيمر-:

تعد عملية استئصال القرنية الانكسارية الضوئية بالليزر Excimer وتقنية Excimer Laser في القرنية الموضعية من طرق العلاج الجديدة نسبيًا التي يمكن استخدامها لتصحيح الأخطاء الانكسارية للعين. يتم استخدامها بشكل شائع لتصحيح قصر النظر (قصر النظر) ولكن يمكن استخدامها أيضًا لتصحيح طول النظر (طول النظر) والاستجماتيزم. يغير ليزر الإكسيمر حالة انكسار العين عن طريق إزالة الأنسجة من القرنية الأمامية من خلال عملية تعرف باسم التحلل الضوئي. تستخدم هذه العملية الطاقة فوق البنفسجية الصادرة عن ليزر الإكسيمر لتعطيل الروابط الكيميائية في القرنية دون التسبب في أي ضرر حراري للأنسجة المحيطة. يتيح سطح القرنية الأمامي المعدل تركيز الضوء على شبكية العين، وبالتالي تقليل أو إلغاء الاعتماد على النظارات والعدسات اللاصقة.

٢.٢.٥ ليزر فابر-:

الليزر الليفي في الطب – أحد أهم تطبيقات تكنولوجيا الليزر الليفي، إن التنوع الكبير في استخدامات الليزر الليفي يجعلها فعالة جدًا في كل من الجراحة والتصوير التشخيصي، مما يوفر مستوى عالٍ من الدقة والإحكام والسلامة. الميزة الرئيسية لليزر الألياف هي عمليتها غير التلامسية، ولكن صغر حجمها وكفاءتها العالية وسهولة استخدامها هي أيضًا فوائد أساسية للتطبيقات الطبية. يمكن أيضًا دمج الألياف الضوئية مع القسطرة لتوفير تشخيص تصويري للشريان عند إجراء عملية جراحية لتغيير شرايين.

إن إعادة تسطيح الجلد وإزالة الوشم هي إجراءات طبية تتطلب أشعة ليزر عالية الطاقة. على الرغم من أن ليزر ثاني أكسيد الكربون يستخدم في الغالب لهذه الأنواع من التطبيقات، إلا أن التطورات الحديثة توضح كفاءة ليزر الألياف المعتمد على ٢ ميكرومتر في استئصال الجلد غير الجراحي. لاستئصال الأنسجة الرخوة، يمكن أيضًا استخدام ليزر الألياف بطول ١٠٦٤ نانومتر.

٢.٢.٦ ليزر ثاني أكسيد الكربون الغازي-:

أصبح الليزر أكثر انتشارًا في المجتمع الجراحي لأنه خيار أقل تدخلاً وأكثر دقة للمرضى والجراحين. يتم إنتاج مخاليط غازات الليزر الطبية لأشعة ثاني أكسيد الكربون. لا تعد هذه الليزرات أكثر دقة وأقل تدخلاً فحسب، بل إنها توفر أيضًا طريقة فعالة لإجراء العمليات الجراحية شديدة التعقيم أو التي من المتوقع أن تؤدي إلى فقدان كمية كبيرة من الدم. ينتج ليزر ثاني أكسيد الكربون إشعاعًا مكثفًا للأشعة تحت الحمراء، ويمكن تركيزه لتبخير الأنسجة الأصغر من ملليمتر. ويتم ذلك عن طريق إثارة الجزيئات الموجودة في خليط غاز الليزر الطبي، وهو مزيج من ثاني أكسيد الكربون والهيليوم والنيتروجين، في أنبوب التفريغ الذي يقوم بعد ذلك بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة بصرية. يتم بعد ذلك نقل شعاع الليزر بصريًا إما إلى قطعة يدوية أو إلى المجهر. يستخدم غاز النيتروجين لتبريد معدات الليزر ولإزالة الحطام من الجراحة مخاليط غازات الليزر الطبية / التركيب الكيميائي

٤.٥% ثاني أكسيد الكربون، ١٣.٥% نيتروجين، ٨٢% هيليوم

٦% ثاني أكسيد الكربون، ١٤% نيتروجين، ٨٠% هيليوم

٧% ثاني أكسيد الكربون، ١٤% نيتروجين، ٧٩% هيليوم

٩% ثاني أكسيد الكربون، ١٥% نيتروجين، ٧٦% هيليوم

٩.٤% ثاني أكسيد الكربون، ١٩.٢% نيتروجين، ٧١.٨% هيليوم

٢.٢.٧ ليزر ديود أشباه الموصلات-:

يؤدي التقدم في مصادر ليزر الصمام الثنائي لأشباه الموصلات إلى تسهيل انتقال أجهزة الليزر الطبية والجمالية إلى الأسواق الاستهلاكية. توفر أشعة الليزر ذات الصمام الثنائي لأشباه الموصلات مزايا مقارنة بمصادر الضوء الأخرى للتطبيقات في طب الأمراض الجلدية وطب الأسنان وغير ذلك الكثير – والتقدم المستمر

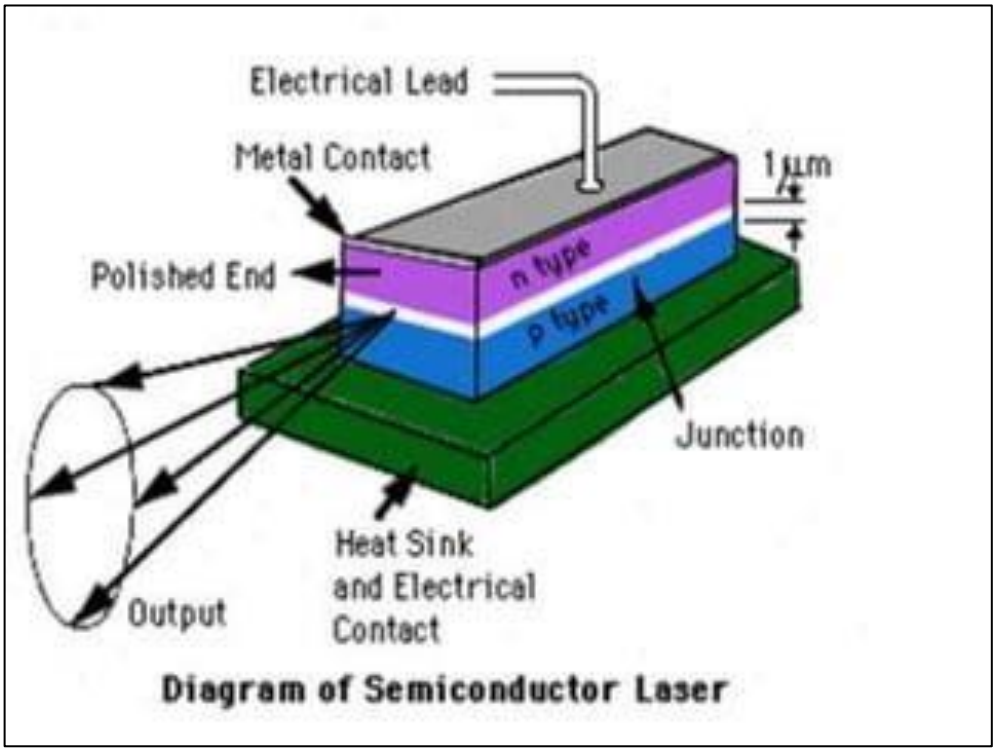


Diagram of Semiconductor Laser

٢.٣تفاعل الليزر مع الأنسجة الحيوية-:

يتم إنشاء شعاع ليزر وتوجيهه نحو الأنسجة لإنجاز مهمة معينة.

عندما تصل الطاقة إلى الاتصال البيولوجي، فإنها تتفاعل بإحدى الطرق الأربع: الانعكاس، أو النقل، أو التشتت، أو الامتصاص.

- الامتصاص – يتم امتصاص الفوتونات بواسطة جزيئات معينة في الأنسجة المعروفة باسم كروموفور. للقيام بالوظيفة، يتم تحويل الطاقة الضوئية إلى أنواع مختلفة من الطاقة.
- يحدث الانعكاس عندما يرتد شعاع الليزر عن السطح دون أي اختراق أو تلامس. غالبًا ما يكون التفكير نتيجة غير مرغوب فيها، ولكنه مثال مفيد عليها

يمكن رؤية الانعكاس عندما يعكس ليزر الإربيوم التيتانيوم، مما يسمح بقطع اللثة بشكل آمن حول دعامات الزرع.

- النقل هو قدرة طاقة الليزر على اختراق الأنسجة السطحية والتفاعل مع المناطق العميقة. وجراحة الشبكية مثال على ذلك؛ يعالج الليزر شبكية العين عن طريق المرور عبر العدسة.

يمكن أيضًا ملاحظة انتقال الأنسجة في الاختراق الأعمق الذي يتم تحقيقه باستخدام ليزر الصمام الثنائي

٢.٤.١ تأثيرات الليزر على الأنسجة البيولوجية-:

يعد التأثير الحراري لليزر على الأنسجة البيولوجية عملية معقدة ناتجة عن ثلاث ظواهر متميزة؛

١.تحويل الضوء إلى حرارة،

٢.نقل الحرارة

٣.وتفاعل الأنسجة الذي يرتبط بدرجة الحرارة وزمن التسخين. يؤدي هذا التفاعل إلى تمسخ أو تدمير الأنسجة. العوامل المعروفة هي معلمات الليزر (الطول الموجي، الطاقة، الوقت وطريقة الانبعاث، الشعاع

المظهر الجانبي وحجم البقعة) والأنسجة المعالجة (المعاملات البصرية والمعلمات الحرارية ومعاملات تفاعل التسخين الحراري).

٢.٤.٢ تأثيرات الليزر على الأنسجة البيولوجية-:

قد يسبب امتصاص الليزر من قبل الأنسجة؛ (تأثيرات حرارية).

١.التوازن: أي إجراء لوقف النزيف.

٢.التخثير الضوئي: تسخين الوعاء الدموي إلى النقطة التي يتخثر فيها الدم ويسد الوعاء.

٣.التبخير الضوئي: لعمل الشقوق وتبخير الأنسجة.

٤.سونيك: اضطراب الغشاء

الفصل الثالث

(تطبيقات الليزر في المجال الطبي)

٣.١ مقدمة

بعد وقت قصير من اختراع الليزر في عام ١٩٦٠، بدأ العلماء في استكشاف إمكانيات استخدامه في التطبيقات الطبية. تم استخدام الليزر لأول مرة في التطبيقات الطبية في عام ١٩٦١ لعلاج تغير لون الجلد وانفصال شبكية العين. في الوقت الحاضر يتم استخدام الليزر على نطاق واسع في العديد من التطبيقات الطبية. وتشمل هذه التطبيقات الجراحة، وطب العيون، والأمراض الجلدية، ورأب الأوعية الدموية، وعلاج السرطان، والمسالك البولية، والتطبيقات التجميلية مثل إزالة الشعر بالليزر، وإزالة الوشم وشفط الدهون وما إلى ذلك. وتتم مناقشة بعض هذه التطبيقات المهمة هنا باختصار.

عندما يسقط إشعاع الليزر على الأنسجة البشرية، قد تحدث ظواهر مختلفة مثل الانعكاس، والانتقال، والتشتت، وإعادة الانبعاث، والامتصاص. إنها ظاهرة الامتصاص، وهي الأهم.

٣.٢ التطبيقات الطبية لليزر

١. طب العيون:

a. في طب العيون يستخدم الليزر في المقام الأول للتخثير الضوئي للشبكية.

b. تعتمد كمية طاقة الليزر اللازمة للتخثير الضوئي على حجم البقعة المستخدمة.

على العموم؛ يسمى الحد الأدنى من طاقة الليزر التي من شأنها أن تسبب ضررا ملحوظا لشبكية العين بالجرعة التفاعلية الدنيا (MRD).

- التخثير الضوئي مفيد في:

I. إصلاح تمزقات أو ثقوب الشبكية.

II. اعتلال الشبكية السكري. (مضاعفات مرض السكري التي تؤثر على شبكية العين)

٢.الأمراض الجلدية:

a. تمت تجربة علاج أورام الجلد باستخدام شعاع ليزر مركّز عالي الطاقة.

b. إزالة الوشم.

٣.طب الأسنان:

a. إصلاح تسوس الأسنان.

b. نزيف اللثة.

c. تقرحات اللثة

٤. الجراحة:

a. تستخدم أشعة الليزر المستمرة ذات الطاقة العالية.

مثال: في الأعضاء الوعائية مثل الكبد تنتج الجراحة الطبيعية كمية كبيرة من

نزيف. يميل شعاع الضوء المركز من الليزر إلى إغلاق الأوعية الدموية ويحدث نزيف أقل بكثير.

b. يمكن دمج الليزر مع الألياف الضوئية لبعض أنواع العلاج الداخلي.

مثال: يستخدم الليزر من خلال تنظير المعدة في علاج قرحة المعدة ونزيفها

٣.٣ مزايا جراحة الليزر

مميزات جراحة الليزر

١. تقنية عدم اللمس.

٢. المجال الجراحي الجاف.

٣. انخفاض فقدان الدم.

٤. انخفاض الوذمة.

٥. التليف والتضيق المحدود.

٦. دقة.

٧. تقليل آلام ما بعد الجراحة.

٨. أنها فعالة وسريعة وآمنة.

٩. غير مؤلم أثناء استخدامه خاصة عند استخدامه في علاج العيون والأسنان. ١٠. لا يستطب التخدير في علاجات العيون أو الأسنان أو بعض العلاجات الأخرى

٣.٤ خاتمة

ونتيجة لهذا البحث توصلت إلى نتيجة مفادها أن لليزر فوائد عديدة، خاصة في المجال الطبي مما يسهل علينا الكثير في مجال الجراحة والأمراض الجلدية وطب الأسنان وطب العيون. يتم استخدام كل منها في مجالات طبية مختلفة ولها خصائصها الخاصة مثل ليزر ثاني أكسيد الكربون، وليزر الصمام الثنائي، وليزر الصبغ، وليزر الإكسيمر، وليزر الألياف، وليزر ثاني أكسيد الكربون الغازي، وليزر ديود أشباه الموصلات. يتمتع شعاع الليزر بعدة خصائص مثل أحادية اللون، والتماسك، والاتجاهية، والكثافة العالية أو السطوع، والطاقة العالية التي تتفاعل مع الأنسجة البيولوجية من خلال الانعكاس أو النقل أو التشتت أو الامتصاص.

إن استخدام الليزر في الطب له فوائد عديدة بالنسبة لنا، تقنية عدم اللمس، المجال الجراحي الجاف، تقليل فقدان الدم، تقليل الوذمة، التليف والتضيق المحدود، الدقة، تقليل آلام ما بعد الجراحة، إنه فعال، سريع، آمن، غير مؤلم أثناء استخدامه خاصة عند استخدامه في علاج العيون والأسنان، ولا يستطب التخدير في علاجات العيون أو الأسنان أو بعض العلاجات الأخرى.

مصادر

--ĞCEYLAN, Y., HIZMETLI, S. & SILI، Y.٢٠٠٤. آثار الليزر بالأشعة تحت الحمراء والعلاجات الطبية على الألم ومنتجات تدهور السيروتونين في المرضى الذين يعانون من متلازمة الألم الليفي العضلي. محاكمة خاضعة للرقابة. أمراض الروماتيزم الدولية، ٢٤، ٢٦٠-٢٦٣.

--تشوي، د. ١٩٨٨. تاريخ الليزر في الطب. جراح الصدر والقلب والأوعية الدموية، ٣٦، ١١٤-١١٧.

-- JELÍNKOVÁ, H. ٢٠١٣. الليزر للتطبيقات الطبية: التشخيص والعلاج والجراحة، إلسفير.

--KHAKHAL، E.، TAVIRANI-REZAEI، M.، ZALI، MR & AKBARI، Z.٢٠١٩. تقييم تطبيق الليزر في الجراحة: مقالة مراجعة. مجلة الليزر في العلوم الطبية،١٠،S١٠٤.

--LETOKHOV، V. ١٩٨٥. بيولوجيا الليزر والطب. الطبيعة، ٣١٦، ٣٢٥-٣٣٠.

--SLUSHER، R. ١٩٩٩. تكنولوجيا الليزر. مراجعات الفيزياء الحديثة، ٧١، S٤٧١.

--ولبارشت، مل ١٩٧١. تطبيقات الليزر في الطب والبيولوجيا، سبرينغر

--برلين، هـ.-ب. ٢٠٠٣. طب الليزر التطبيقي، سبرينغر ساينس آند بيزنس ميديا.

--KOCAK, M. & .CAM, G., ERIM, S., YENI, C١٩٩٩. تحديد الخواص الميكانيكية وخصائص الكسر للمفاصل الفولاذية الملحومة بشعاع الليزر. مجلة اللحام-نيويورك-، ٧٨، ١٩٣-س.

--تشوي، د. ١٩٨٨. تاريخ الليزر في الطب. جراح الصدر والقلب والأوعية الدموية، ٣٦، ١١٤-١١٧.

-- DUBEY, AK & YADAVA, V. ٢٠٠٨. تصنيع شعاع الليزر – مراجعة. المجلة الدولية للأدوات الآلية والتصنيع، ٤٨، ٦٠٩-٦٢٨.

-- GIBSON, K. & KERNOHANT, W. ١٩٩٣. الليزر في الطب – مراجعة. مجلة الهندسة الطبية والتكنولوجيا، ١٧، ٥١-٥٧.

--سعادة، س.-Y. & زونغ، إس.-جي. دراسة خصائص آلية التبخير الصوتي بالليزر. الندوة الثانية حول التكنولوجيا الجديدة للتصوير بالأشعة السينية، ٢٠١٩. SPIE، ٢٨-٣٨

-- JELÍNKOVÁ, H. ٢٠١٣. الليزر للتطبيقات الطبية: التشخيص والعلاج والجراحة، إلسفير.

--KHAKHAL، E.، TAVIRANI-REZAEI، M.، ZALI، MR & AKBARI، Z.٢٠١٩. تقييم تطبيق الليزر في الجراحة: مقالة مراجعة. مجلة الليزر في العلوم الطبية،١٠،S١٠٤.

--LETOKHOV، .١٩٨٥V. بيولوجيا الليزر والطب. الطبيعة، ٣١٦، ٣٢٥-٣٣٠.

-- MOHAMMED, SB, NAJIM, JM & MOHAMEED, AN٢٠١٧. دراسة تأثير نظام ليزر النيتروجين محلي الصنع في المجال الطبي. المجلة العراقية للعلوم، ٢٠٨٣-٢٠٨٩.

-- PENG, Q., JUZENIENE, A., CHEN, J., SVAASAND, LO, WARLOE, T., GIERCKSKY, K. -E. & MOAN, J.٢٠٠٨. الليزر في الطب. تقارير عن التقدم في الفيزياء، ٧١، ٠٥٦٧٠١.

--SLUSHER، .١٩٩٩R. تكنولوجيا الليزر. مراجعات الفيزياء الحديثة، ٧١، ٤٧١S.

-- WAYNANT, RW٢٠١١. الليزر في الطب، مطبعة CRC.

--ولبارشت، مل ١٩٧١. تطبيقات الليزر في الطب والبيولوجيا، سبرينغر.

--تسنغ، .X-H. خصائص التركيز المحكم لحقل ناقل الليزر المتكون من مرآة مكافئة خارج المحور في نظام ليزر عالي الطاقة. الندوة الدولية الرابعة حول علوم وهندسة الليزر عالي الطاقة (HPLSE٢٠٢١)، ٢٠٢١. SPIE، ١٦٨-١٨١.

--زانغ، دبليو، تشو، جيه، ليو، دبليو، لي، جيه، وانغ، إل، جيانغ، بي، بان، واي، تشنغ، إكس، آند شو، جيه. ٢٠١٠. تصنيع وخصائص وأداء الليزر للسيراميك الشفاف Ho: YAG. مجلة السبائك والمركبات، ٥٠٦، ٧٤٥-٧٤٨.

--ZHANG، .X، HUANG، .T، YANG، .W، XIAO، .R، LIU، LI & .Z، .L٢٠١٦. البنية المجهرية والخواص الميكانيكية لسبائك Li-Al ٢٠٦٠AA الملحومة بشعاع الليزر. مجلة تكنولوجيا معالجة المواد، ٢٣٧، ٣٠١-٣٠٨.

The Republic of Iraq

Ministry of Higher Education and Scientific Research

Hilla University College

Department Of Medical Physics

Modern medical applications of lasers

Research Submitted

Submitted to the Council of the Hilla University College which is Part of the requirements for obtaining a bachelor's degree in the Department of Medical Physics

By the student

Tabarek Ali Abd Ulhasan Hussain alaa mohammed

Haneen mohaned atyia Sajjad Mohsen Jabbar

Under supervision

a.t Hassan Mohamed Hassan

1445هـ 2023 م