بسم الله الرحمن الرحيم

كلية الدراسات العليا

استخدام الليزر في الجراحة بآلية التسخين وعلاقتها بزمن التعرض

The use of laser heating mechanism relation to exposure time in surgery

بحث تكميلي لنيل درجة الماجستير في الفيزياء

إعداد:

شيماء عبدالباقي الشفيع أحمد

أشراف:

بروف. مبارك درار عبدالله

سبتمبر 2020 م

Abstract:

The research presents the properties of the uses and effects of laser on the aqueous content of living cells (skin), as it is based on a study of applied theory and provides information on laser and physical factors affecting thermal action and its applications, especially in the therapeutic medical field, in addition to studying and knowing the uses and benefits of laser and their future in treating skin diseases. The practical aspect depends on the experience of shedding laser beams directly on the water and studying the thermal effect, as it is expected that the water will evaporate at a boiling point of 100 degrees within an average time of 10 minutes, which proves the effectiveness of the laser and the possibility of benefiting from it in the field of skin diseases.

المستخلص:

يعرض البحث خصائصاستخدامات وأثار الليزر علي المحتوي المائي للخلية الحية (الجلد)حيث يقوم علي دراسة نظرية تطبيقيه و يقدم معلومات عن الليزر والعوامل الفيزيائية المؤثرة في الفعل الحراري وتطبيقاته خصوصا في المجال الطبي العلاجي بالإضافة لدراسة ومعرفة استخداماتفوائد الليزر ومستقبله في علاج الأمراض الجلدية. الجانب العملي يعتمد علي تجربة تسليط أشعة الليزر علي الماء مباشرة ودراسة الأثر الحراري حيث يتوقع تبخر الماء عند درجة الغليان 100 درجة خلال متوسط زمني لا يتراوح 10 دقائق مما يثبت فعالية الليزر وإمكانية الاستفادة منه في مجال الأمراض الجلدية.

الآية

بسم الله الرحمن الرحيم

قال تعالي:

{ اللَّهُ نُورُ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ مَثَلُ نُورِهِ كَمِشْكَاةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِن شَجَرَةٍ مُّبَارَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَّا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ نُّورٌ عَلَىٰ نُورٍ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ مَن يَشَاءُ وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ لِلنَّاسِ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ} (35)

سورة النور (35)

الإهداء

إلى أبي العطوف.... قدوتي، ومثلي الأعلى في الحياة؛ فهو من علَّمني كيف أعيش بكرامة وشموخ.

إلى أمي الحنونة..... لا أجد كلمات يمكن أن تمنحها حقها، فهي ملحمة الحب وفرحة العمر، ومثال التفاني والعطاء.

إلى إخوتي.... سندي وعضدي ومشاطري أفراحي وأحزاني.

إلى جميع الأخلاء؛ أهدي إليكم بحثي العلمي في الفيزياء

إلي أساتذتي الأفاضل واخص بالذكر

أ.د. مبارك درار عبد الله

سائلين المولي عز وجل أن يوفقنا إلي ما نحب ويرضي

الشكر والعرفان

لابد لنا ونحن نخطو خطواتنا الأخيرة في الحياة الجامعية من وقفة تعود إلي أعوام قضيناها في رحاب الجامعة مع أساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير باذلين جهودا وقبل أن امضي أتقدم باسمي آيات الشكر والعرفان والامتنان والتقدير والمحبة للذين حملوا أعظم رسالة في الحياة الذين مهدوا لنا طريق العلم والمعرفة إلي أساتذتنا الأفاضل واخص بالشكر والتقدير البروف مبارك درار عبد الله الذي نقول له بشراك قول رسول الله صلي الله عليه وسلم: (أن الحدث في البحر والطير في السماء يصلون علي معلم الناس بالخير) كما أننا نتوجه له بالشكر لأنه الذي علمنا معني التفاؤل والصبر ونشكره علي إشرافه علي عملي المتواضع وذلك نشكر كل من شارك علي إتمام هذا البحث وقدم لنا العون ومد لنا يد المساعدة وذودنا بالمعلومات اللازمة لإتمام هذا البحث

الفهرس:

الموضوع	الصفحة
الآية	I
الإهداء	II
الشكر والعرفان	III
المستخلص	IV
الفهرس	V
الفصل الأول:المقدمة	
مقدمة	1
الدراسات السابقة	1
مشكلة البحث	2
أهداف البحث	2
فروض البحث	2
منهج البحث	2
أهمية البحث	3
محتوي البحث	3
الفصل الثاني: الليزر	
مقدمة	4
تفاعل الأشعاع الكهرومغناطيسي مع المادة	5
الامتصاص	5
الانبعاث التلقائي	6
الانبعاث المستحث	8
التضخيم	9
جهاز الليزر	10
أليه عمل جهاز الليزر	12
خصائص الليزر	13
أنواع الليزر	13
ليزر الحالة الصلبة	14
الليزرات الغازية	15
ليزر اشباه الموصلات	16
ليزر الاصباغ	16
ليزر الالكترونات الحرة:	16
تصنيفات الليزر	17
عيوب استخدام الليزر	17
الفصل الثالث: تطبيقات الليزر	
مقدمة	18

نماذج لتطبيقات الليزر	18
الاتصالات البصرية والتخزين	18
القطع بالليزر والثقب الميكانيكي	19
التطبيقات العسكرية والدفاعية	20
التطبيقات المترولوجية والجيوفيزيائية	20
التصوير بالليزر والصور المجسمة	21
التطبيقات الطبية	22
جراحة الجهاز الهضمي (المعدة والأمعاء)	22
جراحة العظام	23
جراحة العيون	24
طب وجراحة الأنف والأذن والحنجرة	25
الأمراض الجلدية والجراحة التجميلية	27
النسيج الحيوي	28
معادلة الانتشار الحراري في النسيج الحيوي	29
الفصل الرابع: التطبيق العملي	
مقدمة	33
تفاعل الليزر مع المادة	33
تسخين الماء بالليزر	34
التجربة	35
الغرض من التجربة	35
الأجهزة والأدوات	35
الطريقة	35
التحليل والمناقشة	36
الاستنتاج	37
التوصيات:	37
المراجع	

الباب الأول

المقدمة

1.1 مقدمة

كلمة ليزر (LASER) اختصار للجملة الانجليزية Light Amplification by Simulated Emission of Radiation التي تعني تضخيم الضوء بالإصدار المحثوث للإشعاع. يولد الليزر ضوء مختلف في خصائصه عن الضوء العادي بأحاديه اللون، الاتجاهية والطاقة العالية الأمر الذي جعل اكتشافه ثورة للعديد من المجالات الحياتية.

يظل العالم مدينا لأربت اينشتاين الذي وضع الأسس النظرية (الظاهرة الكهروضوئية) التي طورت فيما بعد من قبل العلماء لينتج الليزر بخصائصه الحالية المستمرة في التطور حتى صار أحد أهم المؤثرات علي أغلب المجالات الصناعية، الطبية والترفيهية أيضا حيث تشعبت تقنيات الليزر إلي الطب، نقل ومعالجة المعلومات، الصناعات الثقيلة، القطع الإنتاج الحراري بالإضافة للصناعات الالكترونية والأجهزة والاتصالات الضوئية، والعديد من المجالات.

فمن أشهر استخدامات الليزر: في مجال الجيولوجيا، والكشف عن الزلازل والبراكين وعمليات الاستشعار. علم الفلك، يستخدم في للتلسكوب والقياسات الفلكية. المجالات العسكرية من اتصالات، تحديد أهداف، مراقبة، دفاع ألي الأسلحة وتصنيع العتاد العسكري.

كما اثبت الليزر كفاءة عاليه في المجال الطبي في الجراحة بصورة عامة والجراحة الدقيقة بصورة خاصة (القلب، ألاوعيه الدموية، الأسنان والأعصاب.. الخ)علاج الأمراض السرطانية و في الأمراض الجلدية حيث يستخدم الليزر علي نطاق الإزالة (البثور، حب الشباب، النمش، الوحمات، التجاعيد، واثأر الحروق،الوشم والشعر الزائد، .. الخ) وعلاج الأمراض الجلدية (البهاق، الصدفية، .. الخ)

1.2 الدراسات السابقة

تعتبر أشعة الليزر من أهم المواضيع التي لا تزال تحت البحث والاختبار وأحد أهم أنواع الأشعة نسبة لاتساع مجالات استخدامها. أختبر (عرط، عبد الأمير خلف وحربي) تأثير أشعة الليزر (CO2)بطاقة (0-30) واط وطول موجي 10.6 مايكرومتر، حيث تم توجيه أشعة الليزر على كمية من الماء المالح موضوعة في دورق زجاجي و بزاوية 45° حيث أبدت درجة الحرارة تغيرا مع الزمن وعند ٢٥ إلى ٣٠ واط حصل التسخين ثم التبخير مفاجئ و تصاعد بخار وذلك بعد زمن قدره ١٥دقيقة [7]. قام مجموعة من الباحثين بتسخين الخلايا مع توزيع درجة حرارة لتسخين المتوسط كله بشكل متناسق مع مرور الزمن. تم استخدام مصدر ليزر مع انخفاض معامل الامتصاص في الماء. في هذه الدراسة أظهرت النتائج انه يجب أن يكون الليزر أعلى قوة، حيث يتم امتصاص نسبة صغيرة فقط من الضوء أكثر من حوالي 0.9 ملم[8]. في هذه الدراسة سنقوم باختبار تأثير الليزر علي الماء ومقارنته بتبخر ماء الخلية الحية.

1.3 مشكلة البحث

خصائص استخدامات وأثار الليزر علي المحتوي المائي الخلايا الحية (الجلد).

1.4 أهداف البحث

1. التعرف علي العوامل التي تؤثر علي الفعل الحراري لليزر
2. التعرف علي الليزر وتطبيقاته في المجال الطبي ومجال علاج الأمراض عموماً.
3. التعرف علي استخداماته في معالجه الأمراض الجلدية.
4. الأجهزة العلاجية وتقنيات الليزر.
5. التعرف علي مراحل تطور الليزر العلاجي ودراسته فيما يتعلق بمستقبل علاج الأمراض الجلدية عموماً.

1.5 فروض البحث

1. زمن التعرض وقدرة الليزر وتأثيرها علي الفعل الحراري لليزر
2. معرفة الليزر بصورة عامه.
3. معرفة فوائد واستخدامات الليزر.
4. معرفة تطبيقات الليزر في المجالات الطبية.
5. دراسة تطبيقات الليزر عموما وتطبيقاته في معالجة الأمراض الجلدية.
6. دراسة أنواع وخصائص الليزر المستخدمة في معالجة الأمراض الجلدية.
7. دراسة مقترحات تطوير الليزر لمعالجة الأمراض الجلدية مستقبلا.

1.6 منهج البحث

منهج تجريبي وصفي.

1.7 أهمية البحث

يعرض هذا البحث دراسة نظرية تطبيقيه، حيث يقدم معلومات عن الليزر والعوامل الفيزيائية المؤثرة في الفعل الحراري وتطبيقاته خصوصا في المجال الطبي العلاجي بالإضافة لدراسة ومعرفة استخدامات، فوائد الليزر ومستقبله في علاج الأمراض الجلدية.

1.8 محتوي البحث

يحتوي البحث علي أربعة أبواب؛ الباب الأول مقدمة، الباب الثاني الليزر، الباب الثالث تطبيقات الليزر والباب الرابع العوامل المؤثرة علي الفعل الحراري لليزر.

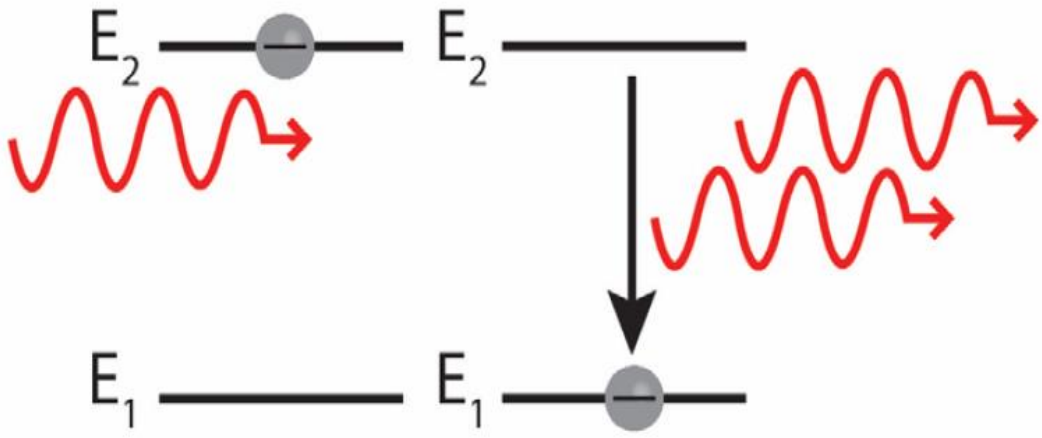
الباب الثاني

الليزر

2.1 مقدمة

الليزر أو تضخيم الضوء بانبعاث الإشعاع المحفز عبارة عن حزمة ضوئية ذات فوتونات تشترك في ترددها وتتطابق موجاتها بحيث تحدث ظاهرة التداخل البناء بين موجاتها لتتحول إلى نبضة ضوئية ذات طاقة عالية[2]. يتولد الليزر عن جهاز يصدر شعاعًا ضيقًا بطول موجي موحد وضوء متماسك نتيجة لتحفيز الانبعاث. الطاقة المنتجة من ضوء الليزر يمكن أن تمتد من بضعة آلاف من واط (في حالة مؤشرات ليزر) إلى عدة آلاف واط (قواطع الليزر الصناعية).

عندما تكوت الذرة في حالة أثارة يعمل الحقل الكهربائي المتذبذب الناتج عن عبور فوتون من نفس التردد أو تردد قريب جدًا من تردد فوتون الإلكترون المثار مما يحث الذرة علي إصدار الفوتون الثاني الذي يتأرجح بدقة متزامنة مع الفوتون الأول كما هو موضح في الشكل 2.1 الفوتون المنبعث يكون مطابق في التردد، الطور و الاتجاه للفوتون الأول وهذه الفوتونات المتطابقة الناتجة من تكرار عمليه الانبعاث المستحث وهي ما يشكل شعاع الليزر[2].



شكل (2.1) الانبعاث المستحث

2.2 تفاعل الأشعاع الكهرومغناطيسي مع المادة

2.2.1 الامتصاص:

على فرض ان مستويين لذرة الوسط ما هما E1 ∝ E2 وان الذرة هي في المستوى الارضي فأن الذرة ستبقى هناك مالم تتعرض الى محفز خارجي، كمثال عند تعرض الوسط الى اشعاع كهرومغناطيسي ذي تردد (ν) حيث ان (hν) يساوي الفرق بين مستويين الطاقة E1 & E2 في هذه الحالة تكون للذرة احتمالية للارتقاء الى المستوى E2 في حالة ان الموجة الكهرومغناطيسية تزود الذرة بمقدار فرق الطاقة (E1-E2)الذي تحتاجه لاتمام عملية الانتقال هذه والتي تدعى ب الامتصاص . ويمكن التعبير عن المعدل الزمني للامتصاص بالعالقة[3]

$$(\frac{dN_1}{\mathrm{dt}})_{\mathrm{abs}} = -W_{12}\mathrm{N}_1 \qquad (2.1)$$

$$W_{12} \propto \rho\upsilon_{12} \qquad (2.2)$$

وشدة الاشعاع الساقط تعطى بالعالقة:

$$\rho\upsilon_{12} = \sigma_{12}.\mathrm{F} \qquad (2.3)$$

حيث ان:

σ_{12} مساحة المقطع العرضي لامتصاص.

F كثافة الفيض الفوتوني.

في حالة تعرض المادة ألشعاع كهرومغناطيسي وبكثافته $\rho\mathrm{v}_{12}$ (فأن ذرة المادة في المستوى 1 تمتص هذا الشعاع وتقفز إلى المستوى 2 باحتمالية W_{12} ذرة لكل ثانية حيث:

$$\mathrm{W}_{12} = \mathrm{B}_{12}\rho\upsilon_{12} \qquad (2.4)$$

والمقدار B_{12} يدعى بمعامل اينشتاين للامتصاص وعدد هذه الانتقالات من 1 الى 2 في الثانية الواحدة وللمتر المكعب فيساوي ($\mathrm{N}_1\mathrm{W}_{12}$)

$$(\frac{dN_1}{dt})_{abs} = B_{12}\rho\upsilon_{12}N_1 \qquad (2.5)$$

2.2.2 الانبعاث التلقائي:

عندما تكون الذرة في حالة إثارة أي في مستوي طاقة عال E_2 فقد تشع تلقائيا بالهبوط إلى مستوي طاقة منخفض (أو المستوي الأرضي) ولتكن طاقته E_1 ويتم ذلك بأصدار فرق الطاقتين على هيئة فوتون .ويتميز هذا الفوتون بتردد زاوي W وطاقته تبلغ ħW:

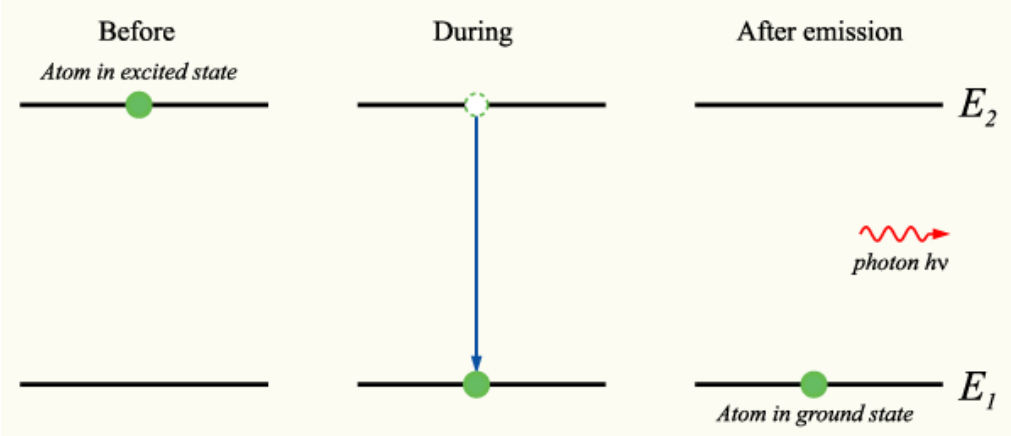
$$E_2 - E_1 = \hbar\omega \qquad (2.6)$$

حيث:

ħ ثابت بلانك المصغر:

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} \qquad (2.7)$$

ويكون طور موجة الفوتون عشوائيا ويمكن أن يكون في أي اتجاه، بعكس ما يحدث في حالة الإشعاع المحفز. [4]



شكل (2.2) الانبعاث التلقائي

بافتراض أن عدد الذرات المثارة N يكون معدل اصدارها للفوتونات:

$$\frac{\partial \mathrm{N}}{\partial \mathrm{t}} = A_{21}\mathrm{N} \qquad (2.8)$$

حيث:

A_{21} معدل الإشعاع التلقائي. هو ثابت مميز لهذا الانتقال بالذات بين الحالتين المثارة والمنخفضة. ويسمى هذا الثابت المعامل A لأينشتاين ووحدته هي 1/ثانية.

وبحل المعادلة السابقة نحصل على:

$$\mathrm{N(t)} = \mathrm{N(0)e}^{-A_{21}\mathrm{t}} = \mathrm{N(0)e}^{-\mathrm{r_{rad}t}} \qquad (2.9)$$

حيث:

N (0) : عدد الذرات الموجودة في حالة الإثارة .

t : الزمن.

$\mathrm{T_{rad}}$: معدل اشعاع ذلك الانتقال، ووحدته 1/ثانية.

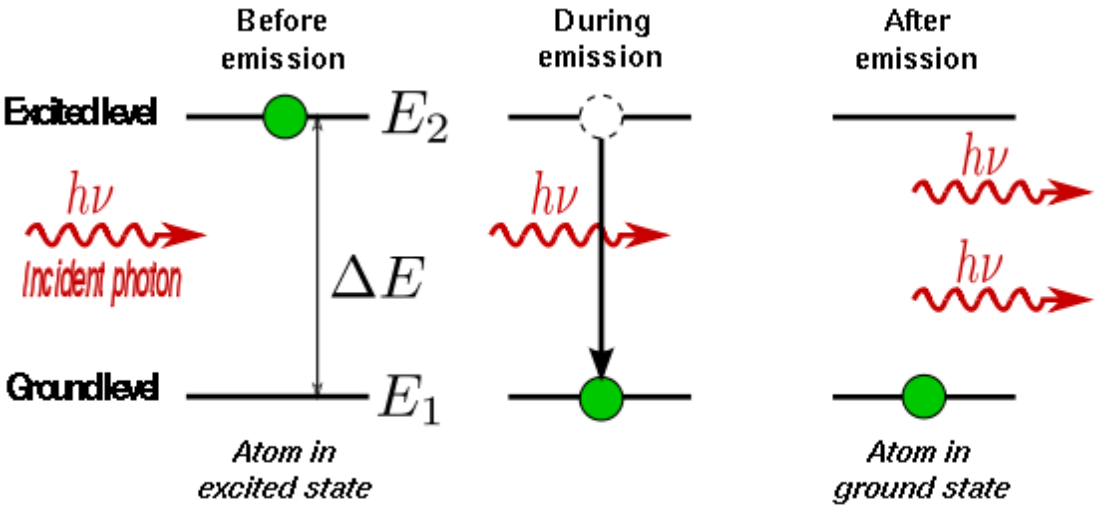
وتتحلل عدد الحالات المثارة طبقاً للدالة الأسية الطبيعية exp مع الزمن، وهذا مماثل للتحلل في النشاط الاشعاعي .فبعد مرور مدة العمر لهذا الانتقال ينخفض عدد الذرات التي ما زالت في حالة اثارة إلى 36.8% التي تساوي $\frac{1}{\mathrm{e}}$ من عددها الاصلي. ويتناسب معدل الاشعاع $\mathrm{T_{rad}}$ تناسبا عكسيا مع وقت العمر τ_{12}

$$A_{21} = \mathrm{r}_{21} = \frac{1}{\tau_{21}} \qquad (2.10)$$

2.2.3 الانبعاث المستحث:

يشكل التآثر بين الإلكترونات و المجال الكهرومغناطيسي من الأعمدة التي تساعدنا على فهم الكيمياء والفيزياء. فالألكترونات تحمل طاقة تعتمد على بعدها عن النواة في

الذرة. إلا أن الظاهرة الكمومية تسمح للإلكترونات أتخاذ مستويات محددة للطاقة في المدارات (كما هو موضح في الشكل)



$$E_2 - E_1 = \Delta E = h\nu$$

شكل (2.3) الانبعاث المستحث

يبين هذا الشكل من اليسار إلى اليمين مراحل إثارة الذرة بفوتون قادم من الخارج و توجد الذرة في حالة إثارة ، حيث يشغل أحد إلكتروناتها مستوي عاليا من مستويات الطاقةE_2 وطبقا لما وجده العالم بأولى وصاغه في مبدئه المعروف ب مبدأ باولي للاستبعاد أن لإلكترونات في الذرة لا تشغل كلها مدارا أو غلافا واحدا في الذرة وإنما تتوزع في مدارات بعضها فوق البعض . والمدارات الخارجية في الذرة تحمل طاقات أعلى . وعندما يكتسب إلكترونا من إلكترونات الذرة طاقة عن طريق امتصاص ضوء(فوتون) أو حرارة (فونون) فإنه يبتعد عن النواة ويشغل أحد المدارات العليا ذات طاقة محددة أكبر. وهذا يؤدي إلى إصدار فوتون يظهر لنا في المطياف في هيئة خط من الضوء ذي لون محدد ،يعتمد على طاقة الفوتون (تردد الشعاع)

ووجود الإلكترون في تلك الحالة المثارة لاتستمر طويلا ، فسرعان ما يقفز إلى مداره الأصلي وفي المتوسط يبقى الإلكترون في الحالة الإثارة لمدة تُعرف بنصف

العمر حيث يقفز خلالها نصف عدد الإلكترونات المثارة إلى مداراتهم الأصلية ، وهذا يعرف بالتحلل الإشعاعي . وخلال ذلك التحلل ونزول الإلكترون من الحالة المثارة E_2 إلى حالته العادية E_1 يصدر الإلكترون فرق طاقتي الحالتين في هيئة فوتون أو فونون . فإذا نجحنا في إثارة عدد كبير من الإلكترونات وتركناهم لفترة زمنية ، يكون اصدارهم لفوتونات لها نفس التردد أو نفس طول الموجة ، ولكنهم لن يكونوا نفس الطور الموجي.

وإذا أثرنا على الذرات بفوتونات خارجية (مثل مجال كهرومغناطيسي خارجي) فإن ذلك التأثير يعمل على تحفيز الإلكترونات للقفز إلى المستوي المنخفض للطاقة E_1 وعندما تفعل ذلك في وجود الفوتون الخارجي فهي تصدر الفوتونات بحيث يكون لها نفس الطور الموجي للفوتون المؤثر أو المنبه (يكونان في حالة رنين)[5].

2.2.4 التضخيم:

عندما تجبر مجموعة من الذرات أو الجزئيات لتكون في وضع متهيج، أي تملك طاقة عليا، بمعنى آخر الحصول على تعداد كثيف في مستويات الطاقة العليا، فإن انبعاث فوتون مفرد خلال انتقال الذرة أو الجزئية إلى مستوى أقل سوف يحث غالبية الذرات الأخرى الموجودة في نفس مستويات الطاقة للانتقال وبعث الطاقة الزائدة على شكل فوتون.

يسمى الليزر بالليزر النبضي عندما يضخ النظام مرة أخرى للحصول على تعداد معكوس آخر ونبضة ليزرية أخرى وذلك بعد إكمال عملية الانبعاث المستحث ورجوع غالبية الذرات المهيجة إلى وضع الاستقرار .ويجري عادة ضخ باستمرار إما بفوتونات خارجية، أو بتفريغ كهربائي خصوصاً للمواد الغازية.

أما بالنسبة لليزرات التي تنتج إشعاع مستمر بدلاً من حزمة نبضية فإنها تحتاج إلى وجود ثلاثة مستويات للطاقة لإحكام شرط التعداد المعكوس بدلاً من المستويين في حالة الشعاع النبضي .وفي هذا النوع تضخ ا ذرات باستمرار من مستويات الطاقة

الأرضية إلى مستويات الطاقة العليا، ومن ثم تنتقل هذه الذرات المتهيجة إلى مستوى ثالث وسطي قيمة طاقته تقع بين المستوى الأرضي والمستوى الأعلى.

يجب أن يُضخ الوسط المادي من مصدر طاقة لحث الذرات والجزيئات على النهيج، أي الارتفاع إلى مستوى طاقة أعلى لا تتواجد فيه عادة تحت الظروف الطبيعية، وتكون ما يسمى بالتعداد المعكوس، والذي فيه تكون غالبية ذرات وجزيئات المادة في مستويات الطاقة العليا بدلاً من المستويات المنخفضة .وبعدها ينبعث الشعاع الليزري بوساطة الانبعاث المحتث وعمليات التكبير الضوئي.

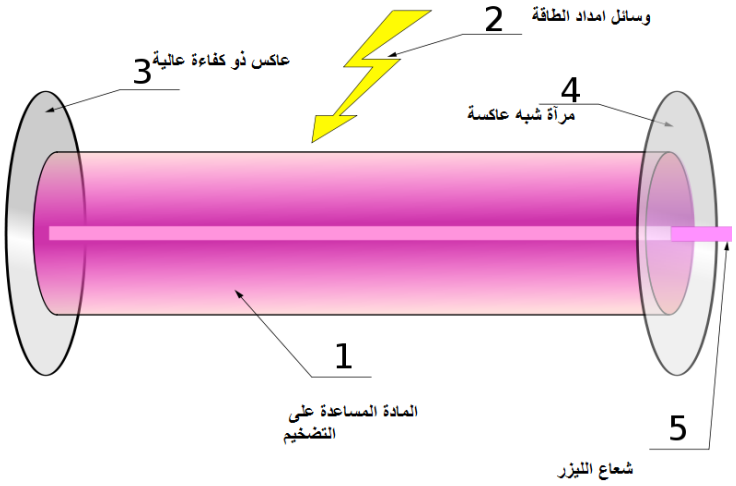
إن طول موجة هذا الشعاع الليزري يتناسب عكسياً مع مقدار الفرق في قيمة الطاقة بين المستويات العليا والمنخفضة من ذرات أو أيونات أو جزيئات المادة الباعثة.

وتتناسب كفاءة الوسط الليزري مع معدل الفرق في طاقة المستويات بالنسبة إلى طاقة المستوى العلوي .الكفاءة الحقيقية لليزرات التي تكون أوساطها المادى ة متألفة من جزيئات مثل غاز ثاني أكسيد الكربون أكبر كفاءة من الليزرات المتألفة من ذرات مثل الهليوم -نيون، أو الأيونات مثل الأرجون .فمثلاً تتراوح كفاءة ليزر ثاني أكسيد الكربون من ١٠ إلى ٢٠ % بينما تقدر كفاءة ليزر الأرجون بمعدل 1% [6].

2.3 جهاز الليزر:

يتكون جهاز الليزر من:

- مصدر ضوئي: مصدر الضخ هو الجزء الذي يوفر الطاقة لنظام الليزر. أمثلة على طرق الضخ ك (الضخ الضوئي، أنفراغ كهربائي، تفاعل كيميائي، تطبيق فرق كمون مستمر، أثارة بواسطة البلازما، ضخ بواسطة الحزم الألكترونية (ليزر الهليوم نيون(HeNe) يستخدم طريقة الأنفراغ الكهربائي في خليط من غازي الهيليوم والنيون، بينما ليزر Nd:YAGيستخدم طريقة الضخ الضوئي بواسطة فلاش زينون أو ليزر نصف ناقل، والليزر المستثار يستخدم طريقة التفاعل الكيميائي.



(2.4) مكونات جهاز الليزر

- محتويات الفراغ(الوسط الفعال والمرنان): يحتوي جهاز الليزر على أنبوب وعدد من المرايا (المرنان) موجودة عند طرفي الأنبوب حيث تعمل علي عكس الأشعة ومن ثم تزداد شدة الأشعة المنبعثة من المصدر.
- المجاوب أو المرنان البصري: في أبسط أشكالها هي مرآتين متوازيتين توضعان حول الوسط الليزري لتؤدي إلى أنعكاس الضوء وتضخيمه. يتم تغشية المرآة مما يحدد الخصائص الانعكاسية.حيث تتألف المجاوبة من مرآتان الأولى عاكسة بشكل كلي والثانية عاكسة بشكل جزئي . والمرآة الثانية هي التي تولد الحزمة الليزرية لأنها تسمح لبعض الضوء بترك المجاوبة لإنتاج الشعاع اليزري. الضوء الصادر عن الانبعاثات التلقائية، يتم عكسه بواسطة المرايا ثانياً داخل الوسط الفعال، حيث يتم تصخيمه بواسطة الانبعاث المستحث .الضوء قد ينعكس عن المرايا ويمر خلال الوسط الليزري عدة مئات من المرات قبل أن يخرج من التجويف. في أجهزة ليزر أكثر تعقيدا، يتم استخدام تكوينات من أربعة مرايا أو أكثر لتكوين التجويف. تصميم وتنسيق المرايا نسبة إلى الوسط الليزري

يعتبر حاسما لتحديد الطول الموجي الدقيق وغيره من سمات نظام الليزر[7] .

الأجهزة البصرية الأخرى مثل المرايا الدوارة، المحولات، المرشحات والماصات يمكن وضعها داخل المرنان البصرية لإنتاج مجموعة متنوعة من التأثيرات على مخرج الليزر مثل تغيير الطول الموجي للعملية أو أنتاج نبضات من ضوء الليزر.

بعض أجهزة الليزر لا تستخدم تجويف بصري، ولكن بدلا من ذلك تعتمد على وسط بصري عال جدا لإنتاج تضخيم الانبعاثات المستحثة دون الحاجة إلى الارتداد من الضوء مرة أخرى إلى الوسط الليزري. أشعة الليزر هذه توصف بكونها شديدة الإضاءة، وتبعث ضوء قليل الاتساق ولكن ذا عرض نطاق مرتفع. لأنها لا تستخدم الارتداد البصري لا تصنف هذه الأجهزة في كثير من الأحيان بانها أجهزة ليزر[8].

2.4 أليه عمل جهاز الليزر:

يقوم جهاز الليزر بتضخيم الضوء حيث يقوم بتحويل الأطياف الضوئية إلى تردد واحد قوي جدا وله نقاوة تختلف عن خليط ترددات الضوء المرئي أو العادي . يتم إنجاز هذه العملية بواسطة بلورات شبه شفافة تحتوي على ذرات مشعة مثل الكروم عندما تتعرض هذه البلورات إلى مصدر ضوئي قوي فان الإلكترونات التي تدور حول النواة تكتسب طاقة إضافية فتقفز إلى مدارات أعلى لتنتقل إلي حالة غير مستقرة الأمر الذي يدفعها للرجوع إلى وضعها المستقر في المدار الذي كانت فيه مع إطلاق الطاقة التي اكتسبتها على شكل ضوء. الفوتونات التي تمر خلال الأنبوب تنعكس إلى الخلف خلال وسط الليزر. وفي كل مره ينعكس فيها الضوء إلى الأمام والخلف بواسطة مرايا خاصة على طرفي الأنبوبة يزداد فيها عدد الذرات لتضخ المزيد من الفوتونات وبالتالي فإن شدة ضوء الليزر يزداد. في نهاية المرايا يوجد فتحة صغيرة تسمح لنسبة ضئيلة من ضوء الليزر للمرور إلى الخارج خلال ذراع خاص يوجد في نهايته الأداه اليدوية التي يخرج منها ضوء الليزر ليسقط على المنطقة المراد معالجتها . .يتم السيطرة على هذه

العملية بحيث تطلق جميع الإلكترونات ضوءاً له نفس الطاقة ونفس التردد ثم تضاف هذه الأشعة المستقلة إلى بعضها البعض فتنتج شعاع واحد متماسك وبسبب هذا التماسك العرضي بين الأشعة، تنتقل أشعة الليزر لمسافات طويلة جدا وبخطوط مستقيمة وبدون حدوث أي انتشار ملحوظ.

2.5 خصائص الليزر:

2.5.1 الاتجاهية: لليزر زاوية انفراج صغيرة جدا مما يمكن الأشعة من قطع مسافات طويلة دون تشتت في الطاقة أو تغير في الاتجاه.

2.5.2 شدة الشعاع: لأشعة الليزر حجم مقطع عرضي صغير جدا لا يتجاوز عدة ميكرومترات مربعة. محصلة الطاقة الضوئية الناتجة تتمركز في هذا المقطع الصغير و تظهر علي هيئة أشعاع يمكنه قطع مسافات طويلة من دون أن تقل شدة إضاءته.

2.5.3 أحادية اللون: يتكون ضوء الليزر من حزمة من الترددات الضوئية الضيقة حيث يظهر بلون واحد وعلى درجة عالية من النقاء بينما أنواع الضوء الأخرى تتكون من ألوان الطيف المرئي.

2.5.4 ترابط وتماسك الفوتونات: تتميز الترددات الضوئية الناتجة عن أشعة الليزر بأن فوتونات هذه الأشعة مترابطة ومتماسكة لأن لها نفس الطور البنائي ونفس حجم الاستقطاب.

2.5.5 إمكانية التحكم في جهاز الليزر: يسمح جهاز الليزر بالتحكم في معدل نبضات الليزر التي يتم إطلاقها وأيضا التحكم بعرض هذه النبضات حتى تصبح ملائمة لمختلف التطبيقات.

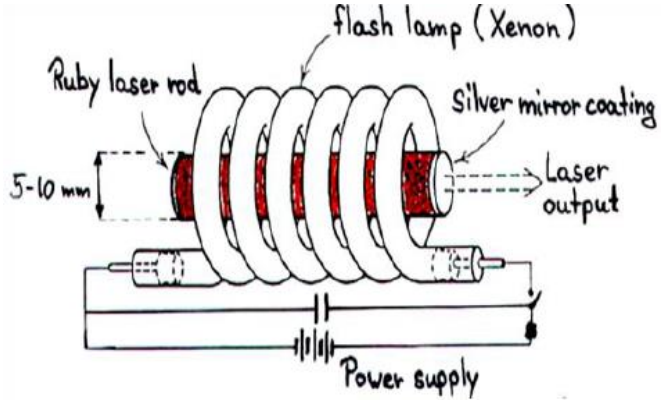
2.6 أنواع الليزر:

يعتمد تصنيف الليزر علي ضوء المادة الفاعلة(الضوء الصادر عن المادة)، مصدر الضخ (يتم الضخ باستخدام الضوء المرئي، غير المرئي، موجات الكهرومغناطيسية، موجات الراديو، التفريغ الكهربي و التفاعلات الكيميائية) وطريقة التغذية الراجعة (صقل الأوجه، المرايا وغيرها)[3].

2.6.1 ليزر الحالة الصلبة:

يتكون ليزر الحالة الصلبة من أجسام زجاجية، بلورية أو خزفية مطعمة بذرات مادة فعالة تنطبق عليها خصائص الانبعاث المستحث. أول ليزر اكتشف وعمل بنجاح هو ليزر الحالة الصلبة وكان ذلك في حزيران عام 1960 وهو ليزر الياقوت وما زال استخدامه مستمرا. تكون مواد ليزر الحالة الصلبة شفافة، عازلة و تقاوم الحرارة وهي بلورات صلبة أو قطع زجاجية وتدعى بالمواد المضيفة تحوي نسبة من ايونات الفلز. تكون مادة الليزر في شكل قضيب صقل طرفاه بدرجة عالية من النعومة ليشكلا سطحين متوازيين يوضع هذا القضيب بين مرآتين متقابلتين أو يطلى طرفاه بمادة عاكسة ليشكلا مرآتي المرنان. يسلط عليه إشعاع كهرومغناطيسي ذو شدة عالية من قبل مصباح ومضي. استخدام طريقة الضخ البصري هي الأكثر شيوعا في عمل الليزر الحالة الصلبة كما أن الضخ ألومضي (المتقطع) يؤدي إلى إنتاج ليزر نبضي أيضا كما هو موضح بالشكل (2.3)[9]. من نماذج الليزرات الصلبة[11]:

- ليزر الاتريوم والالمنيوم المشوب بالنيوديوم: يستخدم في القطع واللحام والرسم علي المعادن كما يستخدم في توليد المؤشرات الليزرية ذات اللون الأخضر وفي المطيافية ايضا.
- ليزر الياقوت مع التيتانيوم: ليزر قابل للتوليف في نطاق واسع من الطيف تحت الأحمر ويستخدم في المطيافية.

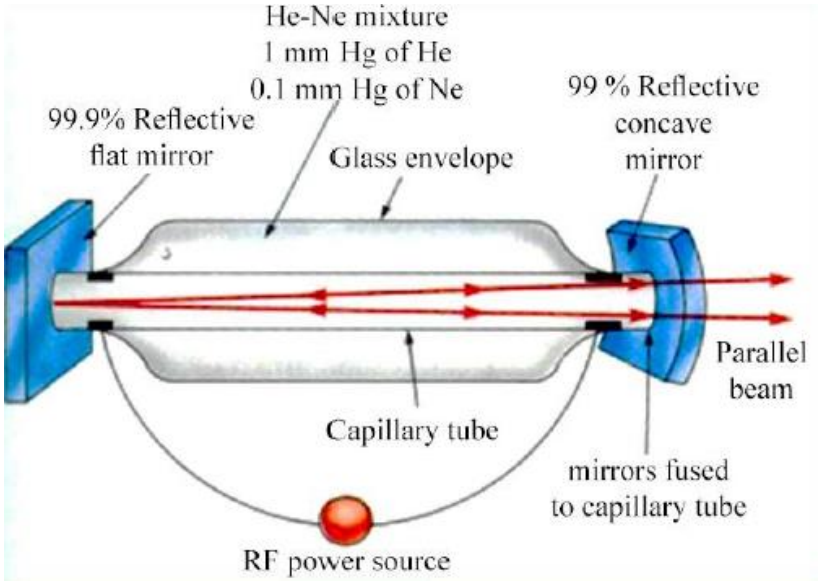


شكل (2.5) ليزر الحالة الصلبة

2.6.2 الليزرات الغازية:

تتكون الليزرات الغازية من أنبوبة مليئة بالغاز تحت ضغط منخفض، توضع الأنبوبة بين مرآتين عاكستين ويتم الضخ من خلال التفريغ الكهربائي في الغاز. شكل 2.4 يوضح ليزر الهيليوم نيون (He-Ne laser) الذي يعتبر من أشهر أنواع الليزرات الغازية ويستخدم بكثرة في المجال الطبي[9].من نماذج الليزرات الغازية[11]:

- ليزر الأرغون ألايوني: يستخدم في لحم الشبكية بالمشيمية لدي مصابي السكر.
- ليزر النتروجين: يولد الضوء فوق البنفسجي (337.1 nm).
- ليزر الأيونات المعدنية: تولد الأطوال الموجيه فوق البنفسجية البعيدة.
- ليزر غاز ثاني أكسيد الكربون: أطواله الموجيه (9.6 و 10.6 ميكروميتر).
- ليزر الإكسايمر: ليزر فوق بنفسجي يجمع بين غاز خامل (كالكريبتون أو الارغون) وغاز فعال (كالفلور او الكلور)، يستخدم في جراحة العين والمعالجات الجلدية.



شكل (2.6) أنتاج ليزر الهيليوم نيون

2.6.3 ليزر اشباه الموصلات:

بدأت تقنيه ليزر أشباه الموصلات في 1962، تعد مادة زرينخات الكاليوم GaAs المادة الفعالة في الليزر شبه الموصل والأكثر استخداما. تتم عملية الإثارة لهذا النوع من الليزر باستعمال المجال الكهربائي ويمكن الحصول علي الانبعاث الضوئي عن طريق الديود (في المنطقة السطوح الداخلية لبلورتي p و n) في هذا النوع يعتمد الطول ألموجي له علي تركيز الشوائب، درجة الحرارة والتيار الكهربي المار خلال الديود[10]. ليزر الشلال الكمومي أحد أنواع ليزر اشباه الموصلات حيث يصدر في المجال الأحمر المتوسط والبعيد.

2.6.4 ليزر الأصباغ:

هي من الليزرات السائلة التي تستخدم فيها أصباغ عضوية، تفيد هذه الأنواع في المعالجات الجلدية (الوحمات، اضطرابات الأوعية الدموية، الندبات، تفتيت الحصى وأزاله الوشم) حيث تتميز باتساع مجال أطوالها الموجيه[11].

2.5.5 ليزر الالكترونات الحرة:

يولد ليزر الالكترونات الحرة اشعاع ليزري مترابط بطاقة عالية ونطاق واسع من الاطوال الموجية. يستخدم هذا النوع في تصوير الجزيئات الحيوية[11].

3. تصنيفات الليزر:

تصنف أشعة الليزر اعتمادا على خطورته تأثيرها علي الخلايا الحية كالأتي:

1. التصنيف الأول: Class I:حيث الأشعة ذات طاقة منخفضة ولا تشكل خطورة. التصنيف الأول Class IA يضر بالعين عند النظر باتجاه الشعاع ويستخدم في الماسح الضوئي وتبلغ طاقته 4mW.
2. التصنيف الثاني: Class II طاقته لا تتعدى 1mW وهو ليزر ذو ضوئه مرئي.
3. التصنيف الثالث: Class IIIA متوسط طاقته 1-5mW ويشكل خطورة على العين إذا تعرضت لشعاع مباشر. يستخدم في الأقلام المؤشرة .التصنيف الثالث Class IIIBهذا النوع من الليزر طاقته أكثر من المتوسط.

4. التصنيف الرابع: Class IV ذو طاقة عالية وتصل إلى 500mW للشعاع المتصل ويشكل خطورة على العين والجلد كما أن استخدام هذا النوع من الليزر يتطلب العديد من التجهيزات والإجراءات الوقاية.

4. عيوب استخدام الليزر:

حزمة خطرة وخصوصاً عند تعرضها لحاسة البصر حيث:

- تحتاج إلى قدرة عالية للتشغيل، وحيث أن طرق البحث يمكن أن تأخذ أشكالاً متنوعة وهي في مجملها تحويل الطاقات المختلفة إلى طاقة ضوئية.
- تحتاج إلى دقة متناهية في تطابق المستويات البصرية لبدء الانبعاث الليزري.

الباب الثالث

تطبيقات الليزر

3.1 مقدمة

منذ ظهور أول ليزر (تضخيم الضوء عن طريق تحفيز الانبعاث من الإشعاع) في عام 1960، كانت هناك زيادة مطردة في تطبيقات الليزر التي استمرت في التطور وأصبحت أكثر تنوعًا مع زيادة قدرة الليزر. بشكل عام، يمكن وضع تطبيقات الليزر في فئتين ، الأولي تعتمد على خصائص الموجة أو الجسيمات الضوئية بينما ألآخري تحكمها المادة وخصائص التفاعل. تقع معظم تطبيقات الليزر في أحدي الفئات الآتية:

1- نقل ومعالجة المعلومات.

2- توصيل الطاقة بدقة.

3- المحاذاة، القياس، والتصوير.

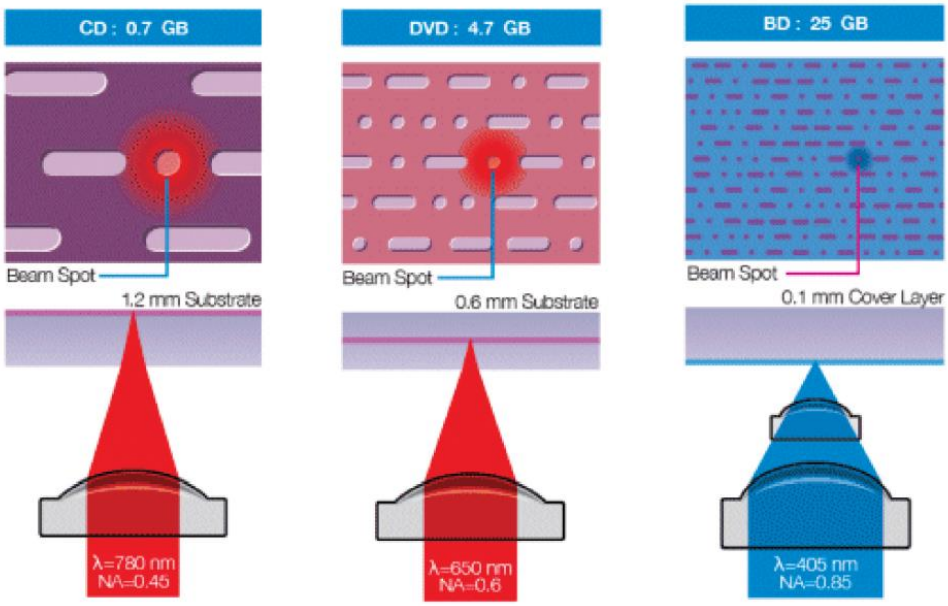
3.2 نماذج لتطبيقات الليزر

هذه الفئات تعطي سلسلة كبيرة ومتنوعة من التطبيقات منها [15]:

3.2.1 الاتصالات البصرية والتخزين

القدرة على تركيز أشعة الليزر على مناطق صغيرة جدًا والقدرة علي التحكم في تشغيلها وإيقاف تشغيلها مليارات المرات في الثانية يجعل من الليزر أداه مهمة في الاتصالات ومعالجة المعلومات. في السوبر ماركت تستخدم الماسحات الضوئية، عند تمرير الشريط تستشعر المستشعرات الضوئية الضوء المنعكس من الرموز الشريطية المخططة على الحزم ، فك تشفير الرمز ، ونقل المعلومات إلى جهاز كمبيوتر حتى يتمكن من إضافة سعر الفاتورة. وبالمثل ، فإن أشباه الموصلات الليزرية الصغيرة تعمل علي قراءة البيانات من الأقراص المضغوطة لتشغيل الموسيقى، عرض تسجيلات الفيديو وقراءة برامج الكمبيوتر. هذه التكنولوجيا

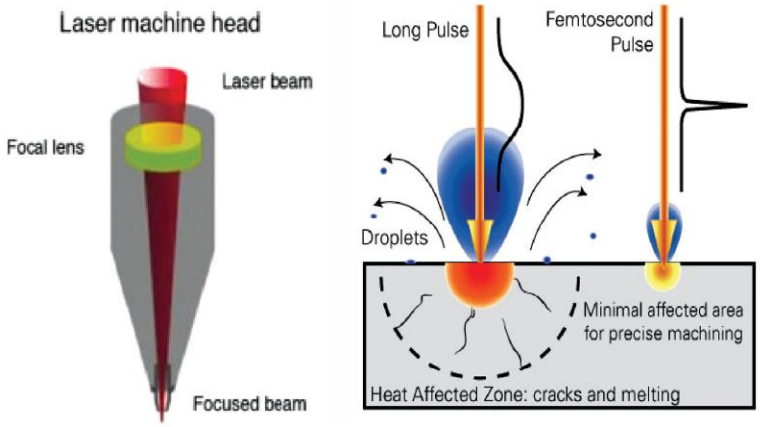
أصبحت العمود الفقري لشبكة الاتصالات العالمية، ومعظم المكالمات الهاتفية السفر وراءها تقطع حدود بلدة واحدة جزءًا من الألياف الضوئية.



شكل (3.1) رسم تخطيطي للمقارنة بين CD و DVD و Blue-Ray لتخزين البيانات باستخدام أطوال موجية مختلفة من الليزر.

3.2.2 **القطع بالليزر والثقب الميكانيكي:**

يمكن تركيز طاقة الليزر وتركيزها بحيث ترفع درجة الحرارة، تحرق أو تبخر العديد من المواد. على الرغم من أن الطاقة الكلية في حزمة الليزر قد تكون صغيرة ، إلا أنها مركزة بحيث يمكن أن تكون الطاقة في مناطق صغيرة أو خلال فترات زمنية قصيرة ولها تأثيرات هائلة. على الرغم من أن الليزر ذو تكلفة أكثر من المثاقب الميكانيكية أو الشفرات، لكن خصائصه المختلفة تسمح بأداء المهام الصعبة. شعاع الليزر لا تشوه المواد المرنة كما يحدث في الحفر الميكانيكي لذلك يمكنه حفر ثقوب في مواد مثل الحلمات المطاطية الناعمة لزجاجات الأطفال. كما انه لا يعتمد على صلابة المواد ولكن على الخصائص البصرية لليزر والخصائص الحرارية للمادة.



شكل (3.2) رسم تخطيطي لرأس بالقطع بالليزر وعمله تحت التشغيل مقارنة النبض الطويل مقابل فيمتوثكوند (10-15 ثانية) بالقطع النبضي بالليزر.

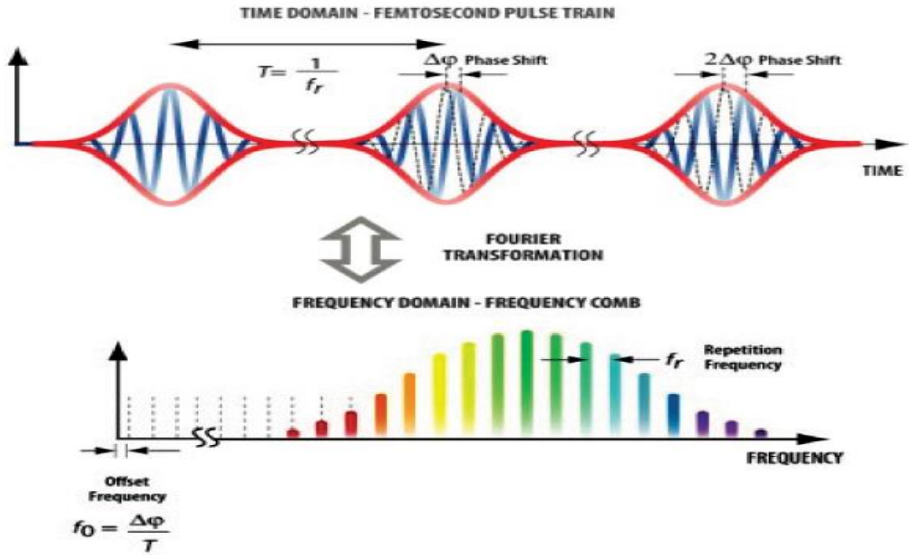
3.2.3 التطبيقات العسكرية والدفاعية

التطبيقات الرئيسية لمستويات الطاقة العالية هي أبحاث الاندماج النووي، اختبار الأسلحة والدفاع الصاروخي. هناك حاجة إلى درجات حرارة وضغوط مرتفعة للغاية لإجبار النوى الذرية على الاندماج معًا وإطلاق الطاقة. يمكن تسخين وضغط الكريات الصغيرة التي تحتوي على خليط من نظائر الهيدروجين وإنتاج الانهيارات الصغيرة لتوليد الطاقة للاستخدام المدني وكذلك لمحاكاة انفجار قنبلة هيدروجينية والتي تنطوي على عمليات مماثلة. الليزر عالي الطاقة وسيلة لتوفير الطاقة المدمرة، في عام 1970 تم تطوير مكتشفات الليزر العسكرية لقياس المسافة بدقة في ساحة المعركة. لقد اختبر الباحثون العسكريون طاقة أشعة الليزر لاستخدامها كأسلحة على الأرض، البحر، الجو وفي الفضاء .

3.2.4 التطبيقات المترولوجية والجيوفيزيائية:

يستخدم المساحون وعمال البناء أشعة الليزر لرسم خطوط مستقيمة عبر الهواء. الإشعاع نفسه غير مرئي في الهواء إلا في حالة تناثره بواسطة الغبار أو الضباب، لكنه يظهر في صورة مشرقة بقعة على كائن بعيد. ليزر الرادار النابض يمكن قياس المسافة بنفس الطريقة التي يعمل بها رادار الميكروويف بواسطة قياس التوقيت الذي يستغرقه نبض الليزر للارتداد من كائن بعيد. على سبيل المثال، في عام 1969

استخدم رادار الليزر لقياس المسافة من الأرض إلى القمر ثم توالت الاستخدامات حيث تم مسح الليزر لقياس ومسح الارتفاع لرسم خريطة الارتفاعات على سطح المريخ حاليا يستخدم الليزر على نطاق واسع للاستشعار عن بعد. أيضا تستخدم تقنيات الليزر في العديد من المختبرات وفي جميع أنحاء العالم لإجراء تجارب الفيزياء الأساسية مثل قياسات الانجراف وغيرها.

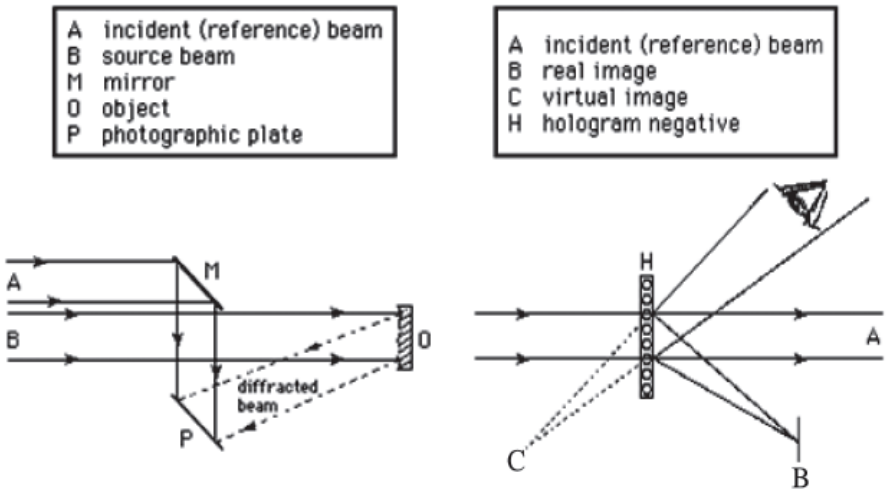


شكل (3.3) تولد مجموعة من نبضات الليزر المستقرة مجموعة من الخطوط الطيفية الحادة

يحددها ترددان: تباعد المشط (frep) والإزاحة (f_0).

3.2.5 التصوير بالليزر والصور المجسمة:

تماسك ضوء الليزر أمر بالغ الأهمية لقياس التداخل والصور المجسمة ، والتي تعتمد على التفاعلات بين موجات الضوء لإجراء قياسات دقيقة للغاية وتسجيل الأبعاد الصور. تعتمد نتيجة إضافة موجات الضوء معًا على مراحلها النسبية.



شكل (3.4) تخطيطي لعملية التصوير المجسم حيث يتم تقسيم شعاع الليزر إلى ثلاثة مكونات. أول هناك حاجة إلى اثنين من الحزم لإنشاء الهولوغرام الذي يتم عرضه بمساعدة الثالث.

3.2.6 التطبيقات الطبية:

أصبحت معدات الليزر خصوصا co_2 و Nd: YAG جزءًا قياسيًا من مستودع الأسلحة العصبية لدينا، واستخدامها له قيمة خاصة في العمليات الجراحية للأورام مثلا الأورام الموجودة في أعماق قاعدة الجمجمة حيث يستخدم الليزر بصورة دقيقة مع الهياكل المحيطة بحيث نتمكن من إزالة الورم دون المساس بالأنسجة كأنسجة المخ والأوعية الدموية والأعصاب مع تفادي الأضرار الميكانيكية والحرارية [16]. وغيرها من الاستخدامات في مختلف المجالات الطبية:

3.2.6.1 جراحة الجهاز الهضمي (المعدة والأمعاء):

استخدم كل من ليزري الاركون والياك في علاج أمراض المعدة والأمعاء وباستعمال منظار الجوف.وقد حصر الجراحون اهتماماتهم في بادئ الأمر في ليزر الأركون، حيث اعتبر ليزر امن لقلة قابليته على الاختراق، ولكن قابليته على قطع النزف ضعيفة أيضا .أثبتت الأبحاث أخيرا أن استعمال ليزر الياك امن أيضا ،حيث يمكن

السيطرة على القدرة، وقابليته على الاختراق كانت أكبر من ليزر الاركون لذلك أثبت كفاءة أكثر في العلاج.

أما ليزر ثاني اوكسيد الكاربون فاستخدمه في علاج أمراض المعدة والأمعاء ضيق ومحدد جدا وذلك لعدم إمكانية نقل شعاعه عبر الألياف البصرية المرنة (الناظور المرن)، وأول استخداماته في علاج أمراض المعدة كان لإيقاف النزف الناتج من القرح واستعمل الناظور الصلب لذلك، وهذا يعوض عن إجراء الجراحة الطارئة وبالطرق التقليدية في حال وجود نزف مستمر أثناء استخدام الناظور مما يؤدي الي حجب الرؤية،يستخدم نفث من غاز ثاني اوكسيد الكربون محوريا من خلال قنطر نحيل يحتوي على أليف البصري الناقل للشعاع، وذلك لإزاحة الدم من مجال الرؤية وكذلك الفضلات التي تعلق برأس أليف البصري .أما الالتهاب المرئي النازف والالتهاب المعدة،والالتهاب ألاثني عشر فلم يتمكن الجراحون من علاجها باستعمال الليزر ،رغم أن البعض قد ادعي علاج نزف دوالى المرئ باستخدام الليزر، لكن ليس هناك ما يثبت صحة ذلك.

من التطبيقات المهمة لأشعة الليزر في هذا المجال هو استخدامه في فتح قناة داخل الأورام الفالقة لمجرى القناة الهضمية في المعدة أو الأمعاء ،وتعتبر هذه عملية مهدئة، وخصوصا في حالات صعوبة البلع الذي يحدث مع الأورام المتقدمة في المرئي والتي لا يمكن علاجها بطرق أخرى، وكذلك الأمر للمناطق الأخرى للقناة الهضمية.ويستخدم الليزر كذلك في تدمير الحليمات الحميدة الصغيرة تدميراً كاملاً .[17]

3.2.6.2 جراحة العظام:

استخدام الليزر في الوقت الحاضر من قبل جراحي العظام محدود، ولكن الأبحاث جارية على قدم وساق، يستخدم ليزر ثاني اؤكيسد الكربون لتبخير (ميثيل ميثاكريليت)عند استبدال المفاصل الصناعية والشعاع يجب أن يكون بقدرة كافية لتبخير المادة الصمغية ،ولكن ليس بدرجة بحيث تؤذي العظم مع ضرورة التبريد المستمر للمنطقة لمنع احتراق العظم ،كذلك يتوجب مص (سحب)الدخان المتولد.

الأبحاث جارية ألان لاستخدام ناظور المفاصل لإيصال شعاع ليزر ثاني اؤكسيد الكربون إلي المفصل لصهر وتشكيل الغضروف .كذلك يحاول بعض الباحثين استعمال ليزر الياك مع ناظور المفصل أو في الجراحة المفتوحة .وتبدو في الأفق القريب إمكانية استخدام الليزر في جراحة العظام التقويمية الدقيقة ،وهذا يعد تطوير لعملية استخدام الليزر في لحم الانسجة،كما في جراحة تقويم الاوعية الدموية الدقيقة[15].

3.2.6.3 جراحة العيون:

يعتبر أطباء العيون الرواد الأوائل في استخدام الليزر في الجراحة فقد استعمل في التخثير الدقيق للشبكية في أواسط الستينات.ويستخدم ليزر الاركون بصورة أساسية في جراحة العيون كما يمكن استخدام ليزر الكربتون ذي ألون الأصفر، وكذلك شعاعه الأحمر من قبل اختصاصي الشبكية،حيث تتيح هذه الألوان السيطرة الكاملة على المنطقة (البقعة) في الشبكية. وتجرى الأبحاث في الولايات المتحدة ألان على استخدام نظام السيطرة على النوعية ونظام التثبيت النمط مع ليزر الياك،وصناعة هذه الليزرات انتشرت في الولايات المتحدة بشكل جعل منطقة الغذاء والدواء تقوم بتحديد عدد الليزرات المصنعة.

اما ليزر ثاني اوكسيد الكربون فلم يستخدم بصورة واسعة جدا في عمليات استئصال الأورام الثانوية المنتشرة في الكبد،وكذلك في عمليات استئصال البنكرياس الجزئي، وغيرها من الأعضاء الكثيرة الأوعية الدموية. كما في جراحة الأعصاب كذلك في الجراحة العامة يفضل استخدام ليزر ذي قدرة عالية،وبذلك يستخدم ليزر ثاني اوكسيد الكاربون ذو ال(60واط)،وغالبا ما تبقى هذه القدرة كاحتياطي لاستغلالها عند حدوث النزف ويستخدم (40واط) منها فقط في الوضع الاعتيادي أن ليزر ثاني اوكسيد الكاربون يعقم كما يبخر، فلذلك يعتبر أداة جيدة في عملية تنظيف القرح الخارجية، وكذلك في تنظيف الحروق.وتجرى التجارب حاليا على استعمال ليزر الياك في جراحة الكبد والبنيكرياس.

3.2.6.4 طب وجراحة الأنف والأذن والحنجرة:

يشكل طب وجراحة الأنف والأذن والحنجرة أفضل المجالات لاستخدام ليزر ثاني اوكسيد الكربون ،وذلك بسبب تقنية عدم اللمس المستخدمة، وخلو منطقة الجراحة من التورم والتضييق الذي يحصل ما بعد العملية الجراحية عادة، وكذلك قلة النزف أو بالأحرى انعدامه إضافة إلى قلة الألم ما بعد العملية بدرجة كبيرة ،فمثلا التورم ألحلمي التنفسي المتكرر والذي يحدث عادة في الجوف الأنفي الأمامي و ما تحت المزمار، والقصبة الهوائية، وكل هذه الأماكن يصعب الوصول إليها لولا استخدام ليزر ثاني اوكسيد الكربون ،الذي يعد الأمثل في رفع مثل هذه الحليمات المرئية بالتخثير كما أن عدم حدوث النزف يجعل العلاج تحت السيطرة البصرية (المرئية)المستمرة .واستخدام ليزر ثاني اوكسيد الكربون لرفع هذه الحليمات لا يسبب ضررا يذكر للأنسجة التي تحتها ،كما أن المجرى الهوائي يبقى مفتوحا إذ لا نحتاج إلى عمل فتحة في القصبة الهوائية (الرغام) واحتمالية عودة ظهور الحليمات بعد إجراء العملية تكون بنسبة اقل من احتمالية عودتها عند إجراء العملية بالطرق الاعتيادية. وبذلك يعد استخدام ليزر ثاني اوكسيد الكربون أفضل الطرق لإزالة هذه الحليمات .

واستخدام الليزر مع منظار الحنجرة الدقيق يعطي لنا درجة كبيرة من الدقة ، والتي كانت تعد من الأمور المستحيلة سابقا وحيث أن القطع الدقيق والإتمام الجيد له فائدة عظيمة جدا في عملية منع النزف، والإقلال من الم ما بعد العملية. وأكثر العمليات تجرى في يوم دخول المريض الى المستشفى . يلجأ عند استخدام الليزر عند استخدام أنبوب داخل القصبة الهوائية عوضا عن الحاجة إلى إجراء فتحة فيها، وبذلك يتوجب استخدام التخدير العام والانتباه إلى أسس السلامة العامة و الخاصة بمثل هذه الحالات ووجدت استخدامات أخرى لأشعة الليزر في طب وجراحة الحنجرة الدقيقة، كجراحة عقد حبال الصوت وحليماته، الحبال الصوتية، الأورام الحبيبية ،استئصال الغضروف الطرجهاري وذمة رينك، الأكياس، الأغشية الصفاقية وتضيق الحنجرة .

كذلك اثبت ليزر ثاني اوكسيد الكربون جدارة في علاج إصابات المجرى الهوائي للأطفال حيث يشكل الأمر أكثر خطورة مما عليه البالغين ،وذلك السبب صغر

المسالك الهوائية ، ويعتبر مثاليا في علاج حالات الأطفال الرضع. أن خاصيته في إيقاف النزف وتوفير الرؤية وانعدام التورم والتليف بعد العملية يساهم في استعماله الناجح في طب الأطفال. كذلك استخدام ليزر ثاني اوكسيد الكربون في علاج انسداد المنخر الخلفي ولطخة التوسع الدموي الشعري وفي الآونة الأخيرة استعمل ليزرالياك ذو التردد المضاعف في علاج التوسع الدموي الشعري ويستعمل الليزر كذلك في عملية استئصال اللوزتين للمرضى المصابين بصعوبة التخثر مثل الهيموفيليا.وكذلك في حالات عدم كفاءة اللهاة بسبب عدم وجود التندب،غير انه يجب التضحية بالأعمدة الأمامية عند استعمال الليزر في رفع اللوزتين. إخراج المريض في اليوم التالي لإجراء العملية أعطى لاستخدام الليزر فائدة اقتصادية أيضا إضافة لفوائده الأخرى .ويستخدم ليزر الياك إضافة إلى ليزر ثاني اوكسيد الكربون في علاج أورام القصبة الهوائية ،كعلاج مهدئ للحفاظ على استمرارية المجرى الهوائي،ويستعمل الناظور القصبي الصلب مع ليزر ثاني اوكسيد الكربون لإيصال الشعاع الى المناطق المطلوبة،وفي المستقبل القريب سوف تستخدم الألياف البصرية لنقل أشعة ليزر ثاني اوكسيد الكربون. ويستخدم الناظور المزدوج كذلك في العلاج وهذا مكون من جزأين، الاول يسمح بإيصال الشعاع إلى المنطقة المطلوبة ،والثاني يسمح في رؤية أنية للمنطقة، لإتاحة السيطرة الكاملة على الشعاع لمنعه من اختراق القصبة الهوائية باتجاه الأوعية الدموية الكبيرة المجاورة.اما الاورام خارج القصبة الهوائية فلا يمكن علاجها باستخدام الناظور.اما ليزر الاركون فقد استعمل بنجاح في علاج امراض الاذن،كعملية قطع ركابي،وذلك بسبب صغر مقطع الاشعة حيث يعمل الجراح سلسلة من الثقوب الصغيرة في لوح القدم لعظم الركاب،وبذلك يرفع بأقل اذن ممكن للأذن الوسطي والداخلية وثم يوضع المكبس الصناعي في الثقب.ولكن هذا الاستعمال يثير الجدل حاليا،بسبب انتقال ضوء الليزر إلي القوقعة، والذي قد يسبب ضررا للعصب السمعي.وقد يصبغ لوح القدم بالون الأحمر بواسطة الدم،ليزيد من تأثير أشعة ليزر الاركون فيه، لان امتصاصية ألون الأحمر لأشعة ليزر الاركون الزرقاء عالية نسبيا [12].

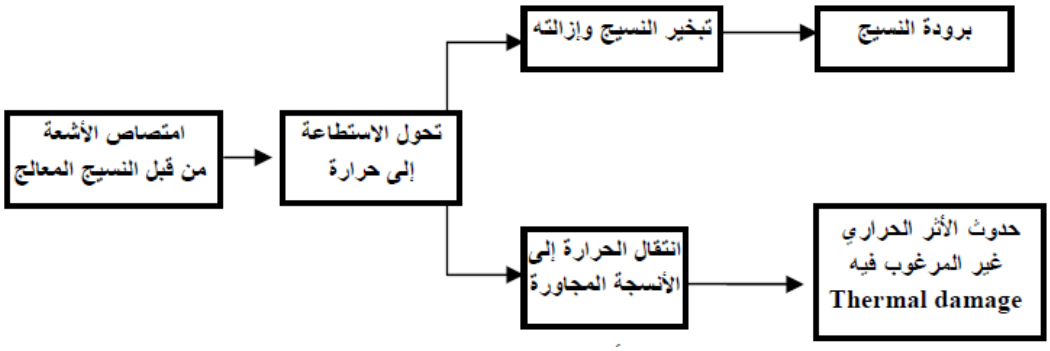
3.2.6.5 الأمراض الجلدية والجراحة التجميلية:

يستعمل ليزر الا ركون وثاني اوكسيد الكربون في علاج الأمراض الجلدية بالنسبة نفسها تقريبا،فخاصية اختيار ألون لدى الاركون،والدقة ومنع حدوث النزف لدى ثاني الكربون، تستغل هذه كلها بأقصى ما يمكن. أما ليزر الياك فأنه لا يجد سوى بعض الاحتمالات البسيطة في هذا المجال.وقد دلت الأبحاث الأخيرة على أن ليزر الصبغة ذا اللون الأخضر(577نانوميتر) يسبب تلفا في الأوعية المجهرية، وبصورة التلقائية ودقيقة جدا، مع أذى قليل ومعروف للتركيب المجاورة،كالبشرة مثلا. يستخدم ليزر الاركون في تخثير آفات الجلد الملونة، مثل اللطخات النبيذية الحمراء، والأورام الوعائية الدموية الشعرية أو الكهفية ولطخة التوسع الدموي الشعري،وعلامات الرازيري والأورام الدموية الوعائية للشيخوخة من نوع (كامل دي موركان) وحب الشباب الاحمرار(الوردي)،وكذلك في رفع الوشم والعقد الحبيبية المسبب للحمى والخال ألدهني و متلازمة بنتزجيكهر وتتضمن الابحاث الان علاج الجدرة النبوية ودوالى الاوردة تحت الجلد،ة وحروق دواسة القدم، والشامات والثأليل والخال من النوع متلازمة أوسر-ويبر-رندو. تتضمن أورام العروق الدموية من نوع النبتذ الأحمر زيادة في عدد العروق في منطقة ما تحت البشرة،وحيث ينفذ شعاع الاركون من خلالها البشرة كما ينفذ الضوء من الزجاج، ويخثر العروق في الجزء الأعلى من الأدمة وبكثافة لا تتجاوز المليمتر الواحد،ولذلك يعاد العلاج وبعدة جلسات وعلى مدى عدة أشهر، للمساعدة على الالتئام وإعادة تكوين النسيج ألطلائي. وكلما كان لون الادمة أغمق، وارجواني أغمق فإنها تستجيب بصورة أكثر إلى لون شعاع الاركون. أما أورام العروق الأكثر وردية والتي تبيض تحت الضغط فيقال أنها تستجيب بصورة أفضل إلى شعاع ليزر ثاني اوكسيد الكربون. ويستعمل ليزر الاركون في إزالة الوشم والو بصورة غير كاملة، ولكن ليست هناك طريقة أفضل. وإزالة الوشم المعمول من قبل محترف تكون أسهل ذلك بتجانس الصبغة فيه.حيث يخترق ضوء الليزر البشرة دون ترك ندبة سطحية، لكن الندبة المتضمنة للوشم تبقى رغم زوال الصبغة من الوشم.جرب ليزر الياك في عملية رفع الوشم واتضح انه يحل

بعض المشاكل السابقة. أما ليزر ثاني اوكسيد الكربون فانه يمتص من قبل الجلد بصورة متجانسة غير متأثرة باصبغه، وبذلك يزيل الوشم ويؤثر في المناطق المجاورة له،ويترك كذلك بعض الأثر في الجلد، لكن هذا الأثر لا يمثل شكل الوشم السابق[18].

3.3 النسيج الحيوي:

عند تسليط شعاع الليزر تتحول الاستطاعة إلى حرارة يمَتص جزء منها من قبل النسيج المعالج فيتبخَّر ويزالُ من خلال تبخير المحتوى المائي في الخلايا، أما الجزء الباقي فينتقل إلى الأنسجة المجاورة حيث يقوم بتسخينها، ومن هنا ينشأ التأثير الحراري غير المرغوب فيه في الأنسجة المجاورة كما هو مبين:



شكل (3.5) التأثير الحراري في النسيج الحيوي

عندما تزيد درجة حرارة النسيج على 60 درجة مئوية تزيد على بضع ثوانٍ فإن بروتين الخلايا يتخرب ويحدث تخثير، وإذا استمرت درجة الحرارة في الارتفاع إلى 100 درجة فان المحتوى المائي للخلايا يتبخر مما يسبب انكماش الخلايا وزوالها، والاستمرار في زيادة درجة الحرارة يؤدي إلى تفحم الخلايا واحتراقها وحدوث الندبات والضرر الحراري غير المرغوب فيه [19] تتحمل معظم الخلايا التعرض لدرجة حرارة 40 درجة مئوية عند درجة حرارة 45 درجة تموت الخلايا في حال تعرضها مدة 20 دقيقة لدرجة الحرارة نفسها .الخلايا نفسها يمكن أن تحتمل درجة حرارة 100 درجة مئوية ولكن فقط مدة 0,001 ثانية .ومن هنا نلاحظ أن درجة الحرارة والزمن هما العاملان الأساسيان في الأثر الحراري لليزر [2، 21].

3.3.1 معادلة الانتشار الحراري في النسيج الحيوي:

تتعلق هذه المعادلة بتغير درجة حرارة النسيج الحيوي وبحد التدفق الدموي وبالحرارة المتولدة من عمليات الاستقلاب الحيوية في الجسم باعتبار انتشار الحرارة يتم في بعد واحد [22]:

$$\rho_t C_t \frac{\partial T_t}{\partial T} = K \frac{\partial^2 T_t}{\partial X^2} + \omega_b C_b \rho_b (T_a - T_t) + Q_m + Q_r\ (x,t) \quad (3.1)$$

حيث:

ρ_t : كثافة النسيج.

C_t : الحرارة النوعية للنسيج.

K : التوصيل الحراري للنسيج.

C_b : الحرارة النوعية للدم.

ρ_b : كثافة الدم.

W_b : متعلق بحد التدفق الدموي

T_a : درجة حرارة الدم الشرياني وجميعها تعد قيماً ثابتةً.

T_t : درجة حرارة النسيج.

Q_m : الحرارة المتولدة من العمليات الاستقلابية في الجسم.

Q_r : مصدر الحرارة الخارجي

X : هي المسافة من سطح الجلد وحتى داخل الجسم.

عند سطح الجلد $X = 0$

$$-K \frac{\partial T_t}{\partial x} = Q_t\ (t) \quad (3.2)$$

$Q1(t)$ هي مقدار تدفق الحرارة على السطح وهي متغيرة مع الزمن

وبما أن حرارة الجسم الداخلية تكون ثابتة إذا : $X = L$

$$T_t(x,t) = T_c \qquad (3.3)$$

$$K\frac{\partial^2 T_t}{\partial X^2} + \omega_b C_b \rho_b [T_a - T(x,0)] + Q_m = 0 \quad (3.4)$$

$$T_t(x,0) = T_c \qquad (3.5)$$

$$-K\frac{\partial T_t(x,0)}{\partial x} + h_0[T_s - T_t(x,0)], \qquad X = 0 \quad (3.6)$$

من خلال الحسابات والتعويض:

$$T_t(x,0) = T_a + \frac{Q_m}{\omega_b C_b \rho_b} +$$

$$\frac{[T_c - T_a - \frac{Q_m}{\omega_b C_b \rho_b}][\sqrt{A}\cos h\left(\sqrt{Ax}\right) + \frac{h_0}{k}\sin h\left(\sqrt{AX}\right)}{\sqrt{A}\cos h\left(\sqrt{AL}\right) + \sin h\left(\sqrt{AL}\right.}$$

$$+ \frac{\frac{h_0}{k}\left[[T_{cs} - T_a - \frac{Q_m}{\omega_b C_b \rho_b}\right].\sin h\left(\sqrt{A}(L-X)\right.}{\sqrt{A}\cos h\left(\sqrt{AL}\right) + \frac{h_0}{k}\sin H(\sqrt{AL})} \qquad (3.7)$$

منه نجد :

$$A = \frac{\omega_b C_b \rho_b}{k} \qquad (3.8)$$

من تحويلات Carslaw and Jaeger نحصل علي [23]:

$$T_t(x,t) = T_t(x,0) + R(X,t)\exp[-\frac{\omega_b \rho_b C_b}{\rho_t C_t}] \qquad (3.9)$$

لتصبح المعادلة :

$$\frac{\partial \mathrm{R}}{\partial \mathrm{t}} = \alpha \frac{\partial^2 \mathrm{R}}{\partial \mathrm{X}^2} + \frac{Q_r(x,t)}{\rho_\mathrm{t} C_\mathrm{t}} \exp\left(\frac{\omega_\mathrm{b} \rho_\mathrm{b} C_\mathrm{b}}{\rho_\mathrm{t} C_\mathrm{t}}\right) \qquad (3.10)$$

أذا الانتشار الحراري للنسيج الحيوي يساوي:

$$\alpha = \frac{\mathrm{k}}{\rho_\mathrm{t} C_\mathrm{t}} \qquad (3.11)$$

تصبح الشروط الحدودية:

$$X = 0: \; -k \frac{\partial \mathrm{R}}{\partial \mathrm{t}} = \psi 1(t) \qquad (3.12)$$

$$X = L: \quad R = 0,$$

$$t = 0: \quad R(,t) = 0$$

$$\psi 1(t) = \left[k \frac{dT_t(x,0)}{dx} + \emptyset_1(t)\right] \exp\left[\frac{\omega_\mathrm{b} \rho_\mathrm{b} C_\mathrm{b}}{\rho_\mathrm{t} C_\mathrm{t}}\right] H(t) \quad (3.13)$$

$$H(t) = 0, t < 0$$

$$H(t) = 1, t > 0$$

بحل المعادلة:

$$T_t(x,t) = dT_t(x,0) + R(X,t) \exp\left[-\frac{\omega_\mathrm{b} \rho_\mathrm{b} C_\mathrm{b}}{\rho_\mathrm{t} C_\mathrm{t}}\right] \quad (3.14)$$

باعتبار:

$\mathrm{T}_\circ = 32$: درجة حرارة الجلد هي نفسها درجة حرارة الغرفة .

$\mathrm{t} = 0\mathrm{s}$: الزمن قبل التعرض للتسخين.

T_t : هي درجة حرارة الجلد قبل التسخين.

T_s : درجة حرارة الجو المحيط.

h_o : معامل التبادل الحراري بين الجلد والوسط المحيط.

الباب الرابع

الجانب العملي

4.1 مقدمة

عند مرور الضوء خلال الوسط المائي فأنه يتفاعل مع جزيئات الماء مما يؤدي إلي امتصاص أو تشتت الفوتونات في زاوية معينة اعتمادا علي اتجاه الشعاع الساقط وجزيئات الماء والمواد العالقة او الذائبة فيه. بالنسبة لليزر تحديدا فان انتقاله وتأثيراته علي الماء تعتمد علي كل من الخواص الطيفية للماء، المواد الموجودة فيه من أملاح، مواد عالقة او ذائبة بالإضافة للطول الموجى لليزر المستخدم والمدة.

4.2 تفاعل الليزر مع المادة

يختلف تفاعل الليزر مع المادة باختلاف الطول الموجي لشعاع الليزر من ليزر إلى آخر وينتج تأثير طاقة الليزر في المادة من عدد من العمليات المختلفة:

- **التأثير الحراري:** قد تمتص طاقة الليزر بواسطة الخلايا الملونة ويكون ناتج امتصاص الأشعة خروج طاقة حرارية .
- **التأثير الضوئي الكيميائي**: يتفاعل الليزر مع الجزيئات داخل الخلية وبعد حدوث التفاعل بينها تحدث تغيرات كيميائية ، وهذا هو التأثير الضوئي الكيماوي ،وكمثال لهذا النوع من التأثير الليزري حقن بعض الأدوية المنشطة للحساسية الضوئية في بعض الأنسجة والتأثير الكيماوي الحيوي عندما ينبه الدواء بطاقة الليزر.
- التأثير الميكانيكي: استخدام النبضات لبعض الليزرات العالية القدرة الكهربية قد يؤدي ذلك لتصدع البنيات الخلوية نتيجة لحدوث موجات ضوئية وسمعية ، ويعتبر هذا النوع الميكانيكي مثالا للتأثيرات غير الحرارية لليزر.

4.3 تسخين الماء بالليزر

الماء من السوائل الشفافة بصرياً أي يسمح بمرور الأشعة ذات الأطول الموجيه المختلفة ضمن الطيف المرئي مثل الأشعة الصادرة من ليزر الياقوت حيث ينفذ حوالي ٩٥ % من الشعاع الساقط حتى منطقة طيف الأشعة تحت الحمراء القريبة وتبعاً لذلك يكون الامتصاص الجزئي ومن ثم معامل الامتصاص متغير حسب قانون لامبرت للامتصاص:

$$I = I_{\circ} e^{\mu x} \qquad (4.1)$$

I: الشدة النافذة عبر X من الماء المعرض للأشعة.

$I_{\circ}$: شدة الساقطة الحزمة

μ: عامل الامتصاص ويختلف من منطقة إلي أخري.

وعلى كل حال يمكن دراسة نوعية التأثير من خلال مقدار الامتصاصية إضافة إلى نوعية التفاعل فإذا كان امتصاص أشعة الليزر قليلة فقد تحدث تأثيرات حرارية وكانت الأطوال الموجية ضمن المنطقة المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي وأهم تلك التأثيرات هو احتمالية تغيير التركيب البلوري أو الانهيار ضمن طبقة السطح أو دونه بقليل كذلك احتمالية توليد البلازما الذي تتكون ضمن حيز المحتوى البصري غير المعزول حراريا (آيزوثرمي)عند تسليط الليزر بحيث تسمح بوجود عوامل التغير الحراري (تحول) للطاقة مما تولد بدلاً عن ذلك تأثيرات حرارية حجميه تسمى النظام الحراري المرن. وإذا كانت طاقة أو قدرة الليزر واطئة أي عدم وصول درجة حرارة السائل إلى درجة حرارة التحول الطوري فإنها تولد تأثيرات حجميه في بادئ الأمر ثم تولد تأثيرات صوتية والتي تمتلك حيزاً كبيراً في الحالات التطبيقية غير التهدمية، كذلك في الحالات الصوتية بصرية وعندما تكون الطاقة عالية لأشعة الليزر تؤدي إلى حدوث تسخين ثم تحول طوري سريع (غليان السائل) وحدوث تبخير مفاجئ يتبعه تصاعد بخار مولداً قوة رد فعل في السائل بحيث تتجاوز التأثيرات

الحجميه والتمددية .عندما تكون طاقة الليزر عالية جداً يحدث انهيار في السوائل ولاسيما الماء واستمرار العملية يؤدي إلى حدوث موجات تتفرقع على شكل قطرات متطايرة من السائل مع توليد الضوء والصوت وتوليد موجات تصادم في السائل والمحتوى البصري أو الهواء المحيط به والملامس له.

4.4 التجربة

4.4.1الغرض من التجربة:

معرفة التأثير الحراري لليزر علي الماء.

4.4.2الأجهزة والأدوات:

- حامل
- كاس تسخين
- thermometer
- ليزر انديك
- مغنطيس التبديل
- ماء

4.4.3 الطريقة:

يصب الماء داخل الكأس المثبت علي الحامل ثم يسلط الليزر علي الكأس، يستخدم المغنطيس لتحريك الماء. تسجل القراءات كل 30 ثانية:

جدول (4.4.1)

$\mathbf{t \pm 1s}$	$\boldsymbol{\theta \pm 1}$
30	11
60	12
90	14
120	16
150	18
180	20
210	23
240	25
270	28
300	29

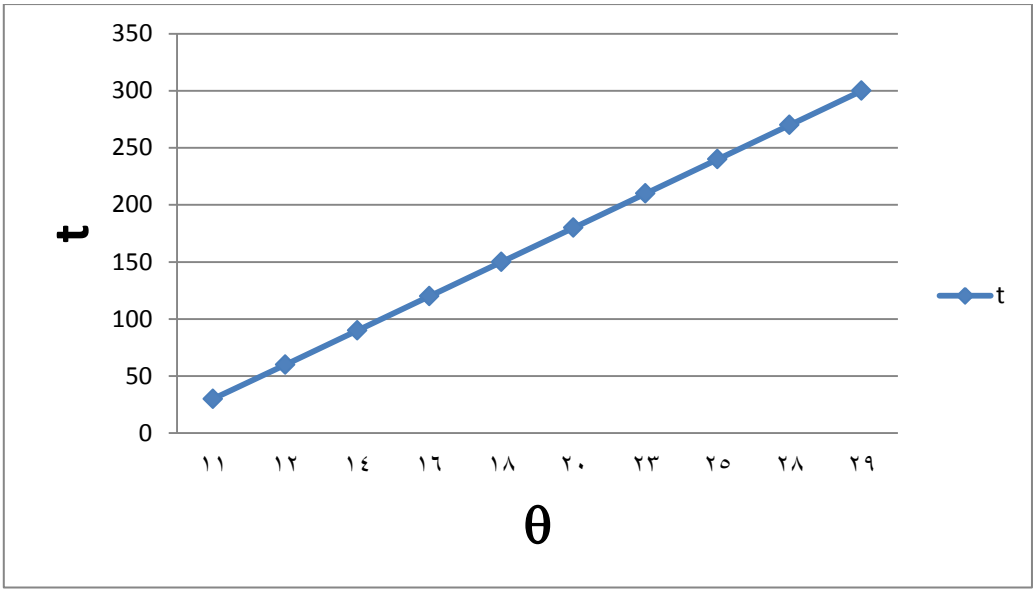
θ = درجة الحرارة

t = الزمن

4.4.4. التحليل والمناقشة:

من الجدول (4.4.1) يتضح أن هنالك علاقة طردية بين زمن تعرض الماء لليزر ودرجة حرارة الماء حيث تتزايد درجة الحرارة بمتوسط درجة كل 30 ثانية.

من الشكل (4.4.1) يتضح أن الماء يبلغ درجة الغليان ($100^{\circ}c$) بعد 600 ثانية. وهذا يعني ان تبخر الماء من الخلية يبدأ في أقل من10 دقائق. وهو يعني أن فعل أليزر في قطع الأنسجة بأليه التبخر في العمليات الجراحية تستوجب أن يكون زمن التعرض أكثر من 600 ثانية.



شكل (4.1) علاقة درجة الحرارة مع الزمن

4.3.5 الاستنتاج:

يوضح هذا البحث من خلال التجربة العملية أن الليزر يمكن أن يستخدم في العمليات الجراحية لقطع الأنسجة بأليه التسخين عندما يتجاوز زمن التعرض 600 ثانية.

5. التوصيات والمقترحات:

نوصي باستخدام الليزر بدقة ومراعاة الطاقة وزمن العرض. ونسبة لتعدد العوامل الموترة علي معامل امتصاص الماء للضوء (الليزر) لابد من الاختيار المناسب لقوة وطاقة ونوع الليزر عند الاستخدام.

المراجع

[1] الليزر وتطبيقاته . د.سعود بن حميد اللحياني. جامعة أم القرى.

[2] An introduction to laser technology and its applications, 2018 by United States Academic Decathlon, Northwest Pa. Collegiate Academy - Erie, PA.

[3] Viktor Weisskopf (1935). "Probleme der neueren Quantentheorie des Elektrons". Naturwissenschaften. 23: 631–637

[5] Milonni (1987). "Classical stimulated P. W. emission". Journal of the Optical Society of America B. 4: 78.

[6] تفاعل الاشعاع مع المادة د.صالح يوسف الدرويش

[7] Mayer, B., et al. "Long-term mutual phase locking of picosecond pulse pairs generated by a semiconductor nanowire laser." Nature Communications 8 (2017): 15521. نسخة محفوظة 28 مايو 2017 على موقع واي باك مشين.

[8] مرجع سابق الليزر وتطبيقاته. د.سعود بن حميد اللحياني. جامعة أم القرى.

[9] الليزرات. بيلا أ. لينكيل. ترجمه فاروق عبود قصيرة. جامعة سان فرناندو كاليفورنيا. 1984.

[10] تقنية الليزر في مجال الطب. م. عباس عبد سويف، حامد ناهض وزيد عماد. جامعة القادسية. 2018.

[11] دراسة استخدام الليزر في علاج الأمراض الجلدية. ياسين نجم الدين، زينب حمزة و سمية ياسين. مجلة كلية التربية. جامعة المستنصرية. العدد الأول، 2007. الصفحة (546-563).

[12] محاضرات فيزياء التصوير التشخيصي. د.م. يحي لحفي، ماجستير الفيزياء الطبية، قسم الفيزياء، كلية العلوم،2017.

[13] تحلية المياه باستخدام أشعة ليزر ثاني اوكسيد الكربون .CO2 مجلة جامعة بابل : العلوم الصرفة و التطبيقية،عرط، عبد الأمير خلف وحربي، مشرق وحيد. 2014. مج. 22، ع. 8، ص ص. 2181-2187.

[14] المستمر الموجة ليزر ثوليوم لتسخين الخلايا المستزرعة للتحقيق في الآثار الحرارية الخلوية.

Yoko Miura, Joachim Pruessner, Carla LottaMertineit, [15] Katharina Kern, Michael Muenter, Moritz Moltmann, VeitDanicke, Ralf Brinkmann, Institute of Biomedical Optics, University of Luebeck, 2Medical Laser Center Luebeck GmbH, University of Leubeck, 3Department of Ophthalmology, University of Luebeck

IMLT@ Micro Laser https://www.microlasertech.de/en/ [16] Tech, Packaging Tobacco & Paper Automotive & Others.

Lasers and their Applications, Debabrata Goswami1, [17] Indian Institute of Technology Kanpur, Kanpur-208016, India, pp 78:95

Clinical application of laser in oncological neurosurgery [18] Josip Paladino and Goran Mrak Zagreb University School of Medicine Department of Neurosurgery, Clinical Hospital Centre, Zagreb, pp 261:277

[19] ليزر في الطب، تأليف ،Stephen N- joffe- من جامعة ادنيرة وكلاسكو – رقم الايداع في دار الكتب والوثائق 1139 – لسنة 1988 بغداد .استاذ الجراحة في جامعة سنسناتى و Gregory T.Absten مدرس في جامعة سنسناتى عضو الجمعية الامريكية لاستخدام الليزر في الجراحة وترجمة رياض غرير مزرة.

[20] ولسون وهوكس –ترجمه :عبدالله الضويان ومحمد الصالحي-2003- مبادئي الليزرات وتطبيقاتها –جامعه الملك سعود النشر العلمي والمطابع.

R. Rox Anderson, M. D. (2000). "Coetaneous Laser [21] Surgery" Second edition, pp29-78.

Suman Chakraborty. (2005). "A novel ،Rajan Dua [22] modeling and simulation technique of photo-thermal interactions between lasers and living biological tissues undergoing multiple changes in phase" computers in biology and medicine, 35, 447-462.

[23] E.N. Sobal, M. Makroppoulou, A. A. Serafetinides and D. Yova. (1996). "Theoretical model CO2 laser ablation soft tissue phantoms" Volume 18, 4, pp. 483-490.
[24] محاكاة توزع الحرارة الناتجة عن العلاج بالليزر على النسيج الحيوي ودراسة معادلة الانتشار الحيوي مجلة جامعة دمشق للعلوم الأساسية المجلد (30) العدد الأول 2014 كوثر شراب.