الفصل الأول

1.1 المقدمة :

إن الليزر Laser (مختصر لعبارة تضخيم الضوء بوساطة الانبعاث المحفز للإشعاع Light Amplification by stimulated Emission of Radiation) هو مصدر ضوء يبعث الفوتونات الضوئية على شكل حزمة مترابطة coherent beam أن كلمة laser وهي فعل تعني إنتاج ضوء الليزر.[1]

يعتبر الليزر من اهم ابتكارات هذا العصر ويستخدم حالياً لاغراض متعددة ، وفي كثير من حقول الابحاث العلمية والتقنية المختلفة بما فيها العلوم الطبيعية كالفيزياء والكيمياء وعلوم الحياة كذلك في الصناعة وعالم الالكترونيات والطب وتمثل الاستخدامات الطبية لليزر الأكثر تطوراً وفائدة للإنسان, فلقد استخدمت أشعة الليزر بمختلف أنواعها في علاج الكثير من الأمراض بل وحتى الوقاية من حدوث هذه الأمراض في أحايين أخر.

وهناك دراسات سابقة عديدة اجريت فيما يخص تاثير الليزر على النسيج الحي, ففي دراسة اجرتها الباحثة هنادي عبد الله بمعهد الليزر بجامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا [2] قامت الباحثة بدراسة تاثير الليزر ذو القدرة المنخفضة في علاج قروح السكري المزمنة بالاضافة الى العلاج التقليدي وقد اتضح من هذه الدراسة ان العلاج بالليزر ذو القدرة المنخفضة يسرع في عملية إلتئام القرح. وفي بحث اخر اجراه الباحث محمد صالح مختار بنفس المعهد[3] قام ايضا بدراسة مدى فعالية اليزر منخفض الطاقة في علاج الليشمانيا الجلدية لمرضى سودانين بولاية الخرطوم, اظهرت الدراسة ان العلاج بالليزر منخفض القدرة وسيلة ناجعة وسريعة وقليل الاثار الجانبية.

2.1 مشكلة البحث :

ان الطرق التقليدية (الأعشاب مثلاً) في علاج جروح السكري تأخذ الكتير من الوقت والطاقة ومع ذلك لايكون هناك إلتئام بصورة كبيرة لذا كان لابد من تسليط الضوء على واحدة من انجح سبل علاج جروح السكري وهي إستخدام الليزر منخفض الطاقه في إلتئام جروح السكري.

3.1 اهداف البحث:

- التعرف على الطريقة التي يتم بها العلاج بواسطة الليزر .

- التعرف على تطبيقات الليزر في مجال الطب .

- الاستفادة من دقة تركيز الليزر لاستخدامه في علاج جروح السكري

4.1 أهمية البحث:

تأتي أهمية هذا البحث في أن استخدام الليزر في العلاج يعتبر وسيلة لتوفير الطاقة والوقت مقارنة بالطرق التقليدية ، كما أن إستخدام الليزر يعتبر وسيلة لا ينتج عنها تلوث للبيئة المحيطة وبالتالي فهو حل لكثير من المشاكل.

5.1 محتوى البحث:

يحتوي هذا البحث على اربعة فصول, تناولنا في الفصل الأول المقدمة والفصل الثاني تحدثنا عن الليزر وأنواعه وتطبيقاته ومميزاته وفي الفصل الثالث تطبيقات الليزر وإنواعه في الطب أما الفصل الرابع فهو عبارة عن إستخدام الليزر منخفض الطاقة في إلتئام جروح السكري.

6.1 منهجية البحث:

استخدمت الباحثة المنهج التجريبي.

الفصل الثاني

طبيعة ضوء الليزر وتطبيقاته

1.2المقدمة:

إن الخواص الأولية لضوء الليزر التي جعلته مفيداً في التطبيقات التكنولوجية هي: أن ضوء الليزر متشاكه (مترابط) Coherent اي إن أشعة ضوء الليزر المنفردة تحافظ على علاقة طور ثابتة بعضها مع البعض الآخر لتؤدي إلى تداخل بناء. وإن ضوء الليزر أحادي اللون ، حيث يمتلك شعاع ضوء الليزر مدى ضيق جداً من الاطوال الموجية. ويمتلك ضوء الليزر زاوية انحراف صغيرة ، اي ينتشر الشعاع بمقدار صغير للغاية وحتى عبر مسافات كبيرة. لكي نفهم مصدر هذه الخواص لابد من التعرف على مستويات الطاقة الذرية وبعض المتطلبات الخاصة للذرات التي تبعث ضوء الليزر.[1]

عندما يسقط ضوء على مجموعة ذرات يحدث في العادة امتصاص للطاقة لأنه عندما يكون النظام في توان حراري تكون هنالك ذرات أكثر في الحالة الأرضية عنها مما في الحالات المستثارة ، على أية حال ، لو أن الحالة يمكن أن تعكس بحيث تكون ذرات أكثر في الحالة المستثارة عما في الحالة الأرضية فيمكن أن تنتج محصلة انبعاث للفوتونات وأن وضعية كهذه تسمى بالتوزيع المعكوس Population Inversion.[1]

يمتلك ضوء الليزر طول موجي أقرب لأن يكون أحادي اللون أو بعبارة أخرى يمتلك شعاع ضوء الليزر مدى ضيق جداً من الأطوال الموجية وهذا على تعارض مع مصادر الضوء الشائعة التي تبعث فوتونات غير مترابطة incoherent photons في جميع الاتجاهات تقريباً وفي العادة عبر طيف واسع من الأطوال الموجبة.

يتم توضيح عمل الليزر بوساطة نظريات الميكانيك الكمي والديناميكا الحرارية . لقد وجد أن هناك مواد عديدة تمتلك الخصائص المطلوبة لتشكيل وسط الليزر الفعال اللازم لليزرات القدرة ولقد أدى ذلك لاختراع العديد من أنواع الليزرات ذات الخصائص المتنوعة التي تناسب التطبيقات المختلفة.[1]

حسب البرت اينشتين عام 1917م بانه تحت شروط معينة تستطيع الذرات والجزيئات وهي المكونات الاساسية لكل المواد امتصاص الضوء او اي طاقة اخرى ومن ثم يمكن حث هذه الذرات على بعث

ما إستعارته من طاقة على شكل جسيمات ضوئية. وعلى اثر ذلك وبين 1950 – 1958 إقترح كل من الدكتور جارلس تاونس وارثر سالوه من الولايات المتحدة تكبير إشعاعات هذة الجسيمات الضوئية بطريقة الانبعاث المحث stimulated emission وقد صمم جهاز لهذا الغرض ، أستخدمت فية مادة غاز الأمونيا للحصول على أول شعاع ليزري في منطقة المايكروويف "الامواج الدقيقة" عرف هذا الجهاز انذاك باسم الميزر ""maser" والذى نالوا عليه جائزة نوبل للفيزياء سنة 1964م.[4]

لقد قدم الليزر أواخر الخمسينات على أنه تغيير لمبدأ الميزر (مختصر لعبارة تضخيم الأمواج الماكروية بواسطة الانبعاث المحفز للإشعاع Microwave Amplification by stimulated Emission of Radiation وتم إنتاج أول ليزر غازي يصنع هو ليزر الهليوم – نيون بوساطة على جافان Ali Javan وتم فحصه في الثاني عشر من ديسمبر عام 1960م. ومنذ ذلك الوقت تطورت تقنيات الليزر لتجد لها التطبيق في مجالات عديدة منها العلمية والدفاعية والصناعية والطبية والإلكترونية . وتمتد الليزرات في إحجامها من تلك المجهرية في تطبيقاتها العديدة حتى تصل إلى مساحة ملعب كرة قدم التي تستعمل في أبحاث الأسلحة النووية وتجارب فيزياء كثافة الطاقة العالية.[1]

2.2 مكونات الليزر ومفاهيم اساسيه في الليزر:

يتكون الليزر من وسط ليزر فعال Active Laser Medium وحجرة (أو مرنان) بصرية Optical Cavity. والوسط الفعال يقصد به الوسط أو (المادة) الذي تكون له قابلية احتواء التعداد المعكوس ويقوم بتحويل الطاقة الخارجية إلى حزمة ليزر وقد يكون مجموعة من ذرات أو جزئيات أو أيونات عنصر أو مركب أو مزيج بحالة صلبة أو سائلة أو غازية واختيار الوسط المناسب لانبعاث أشعة الليزر وفق خطط ضخ ولظروف أكثر ملائمة يوفر كثيراً من الطاقة اللازمة للضخ عن طريق تقليص الخسارة في الوسط نفسه. وتوافر المادة الفعالة بالكمية المناسبة وقد تكون مكونة أو محاطة بالمرنان , وهي مادة ذات نقاوة وحجم وشكل محدد تقوم بتضخيم الحزمة من خلال عمليات الانبعاث المحفز قام باكتشافها البرت اينشتين عندما كان يقوم بأبحاثه في الاثير الكهروضوئي ويكون تجهيز الوسط الفعال بالطاقة أو ضخ الطاقة pumped بواسطة مصدر طاقة خارجي وتتضمن مصادر الضخ الكهرباء والضوء ، يتم امتصاص الطاقة التي تضخ بواسطة وسط الليزر لتجعل عدداً من جسيماته عندما تكون مستويات طاقة عالية (تهيج) وعندما يتجاوز عدد الجسيمات في أحد المستويات المتهيجة عدد الجسيمات التي في مستوى طاقة أوطأ يكون قد حصل ما يمسى بالتوزيع المعكوس

population inversion . وتحت هذا الشرط أو الظرف تقوم الحزمة الضوئية المارة خلال الوسط بإنتاج انبعاث محفز أكثر من الامتصاص المحفز بحيث تتضخم الحزمة.

إن التوزيع المعكوس هو المبدأ الأساسي في عمل الليزر ، أن حصول الانبعاث المحفز شرط لكي ينجز فعل الليزر.[1]

أفرض أن ذرة في الحالة المستثارة وسقط عليها فوتون طاقته hf ، يمكن للفوتون الوارد تحفيز الذرة المستثارة لتعود إلى الحالة الأرضية وبالتالي ستبعث فوتوناً ثانياً يمتلك الطاقة hf نفسها ويتقدم بالاتجاه نفسه. وبسبب عدم امتصاص الفوتون الساقط سيكون هنالك بعد الانبعاث المحفز فوتونين متماثلين وهما الفوتون الساقط والفوتون المنبعث ويكون الفوتون المنبعث بالطور نفسه مع الفوتون الساقط ويمكن لهذه الفوتونات تحفيز ذرات أخرى لكي تبعث فوتونات بسلسلة ذات عمليات متشابهة .

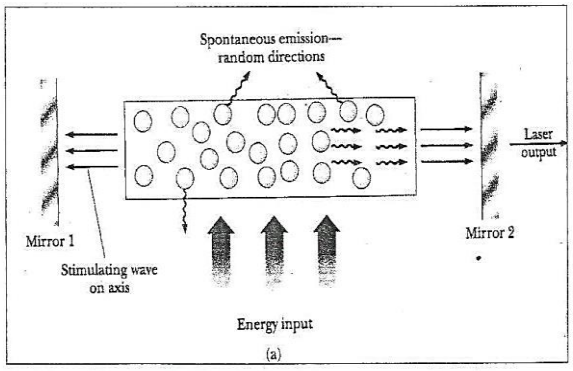
أن الفوتونات الكثيرة المنتجة بهذه الطريقة هي مصدر الضوء الشديد المترابط في الليزر.

لكي يؤدي الانبعاث المحفز إلى ضوء الليزر يجب أن نمتلك تراكم من الفوتونات في النظام وأن الشروط الثلاثة التالية يجب تحققها لكي ننجز هذا التراكم.

يجب أن يكون النظام في حالة توزيع معكوس (يجب أن تكون هنالك اليكترونات كثيرة في حالة متهيجة مما في الحالة الأرضية) لأن عد الفوتونات المنبعثة يجب أن يكون أكبر من عدد الفوتونات الممتصة.

يجب أن تكون الحالة المتهيجة للنظام في حالة شبه مستقرة Metastable State والتي تعني أن يكون عمرها أطول مقارنة مع العمر القصير المعتاد للحالة المتهيجة و في هذه الحالة يمكن للتوزيع المعكوس أن يتم .

يجب أن تحصر الفوتونات المنبعثة في النظام زمناً كافياً لتمكينها من تحفيز انبعاث أكثر من ذارت متهيجة أخرى وتتم هذه بواسطة استعمال مرايا عاكسة عند نهايات النظام ويكون أحدها ذو انعكاسية تامة وتكون الأخرى عاكسة جزئياً . وينفذ جزء من شدة الضوء خلال المرآة العاكسة جزئياً مكوناً شعاع ضوء الليزر كما في الشكل (1.2.2) .[1].



شكل رقم (1.2.2): مكونات المنظومة الليزرية

Spontaneous emission_random direction: الإنبعاث التلقائي _إتجاهات عشوائية

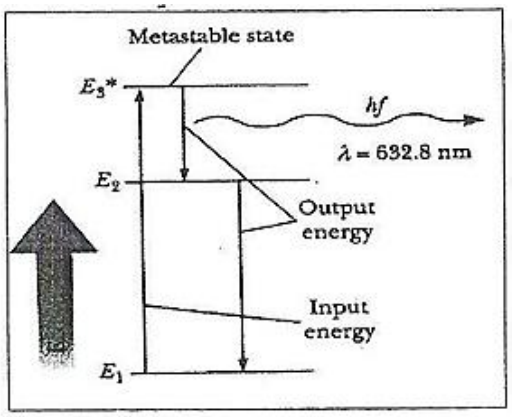
Mirror 1: 1 مرآه

Mirror2:2 مرآه

Stimulating Wave on axis: الأشعة المستحثه على المحور

Laser output: الليزر الخارج

يعد ليزر غاز الهليوم – نيون أحد الأجهزة التي تظهر الانبعاث المحفز للإشعاع ويوضح الشكل (2.2.2) مخطط مستوى الطاقة لذرة الهليوم في هذا النظام . يتم حصر مزيج من الهليوم والنيون في أنبوبة زجاجية محكمة الغلق من نهايتيها بوساطة مرايا ويتم تسليط فولتية عبر الأنبوبة لتمكن الإليكترونات من الاندفاع مصطدمة مع ذرات الغازات رافعة إياها إلى الحالات المتهيجة . تتهيج خلال هذه العملية ذرات غاز النيوم إلى الحالة E^*_3 (النجمة تؤشر الحالة شبه المستقرة) وكذلك نتيجة للتصادمات مع ذرات الهليوم المستثارة . إن الانبعاث المحفز يجعل ذرات النيوم تقوم بالانتقال إلى الحالة E_2 وتتحفز كذلك الذرات المتهيجة المجاورة . وتؤدي هذه إلى إنتاج ضوء متشاكه ذو طول موجي 632.8nm



شكل (2.2.2):يوضح مخطط مستوى الطاقة لذرة الهليوم

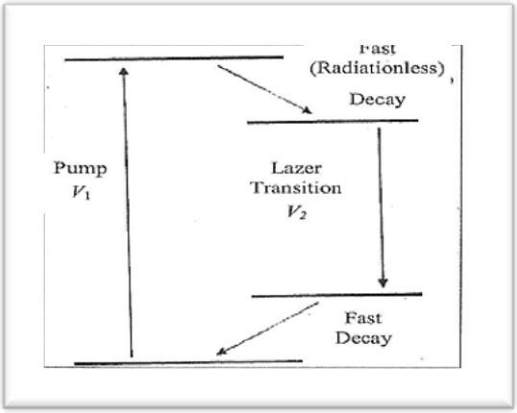
Metastable state:الحالة شبه المستقرة

Output energy: الطاقة الخارجة

Input energy:الطاقة الداخلة

لا يمكن تحقيق فعل الليزر في نظام مكون من مستويين للطاقة لسببين أولاهما امتلاك الطاقة المستعملة لضخ الجسيمات إلى المستوى الأعلى احتمالية متساوية لتحفيزها أثناء العودة (أي احتمالية الامتصاص المحفز مساوية لعمليات الانبعاث المحفز) فيكون بذلك من غير الممكن الحصول على أكثر من نصف الجسيمات في المستوى المتهيج . لقد وجدنا أن نظام المستويات الثلاثة (الشكل 2.2.2) يحيط بهذه المشكلة بواسطة أولاً تحفيز الجسيمات إلى مستوى متهيج أعلى في الطاقة E^*_3 من مستوى طاقة الليزر العلوي E_2 ثم تهبط الجسيمات بسرعة إلى مستوى الليزر العلوي ويكون من المهم بالنسبة لمستوى الضخ أن يمتلك عمر حياة قصير بالنسبة للانبعاث التلقائي Spontaneous emission مقارنة بمستوى الليزر العلوي بحيث تعيش الجسيمات عمراً أطول بما فيه الكفاية لكي تتحفز.

ويخطو نظام المستويات الأربعة الموضح في الشكل (3.2.2) خطوة أبعد في إعادة توزيع لمستوى الليزر الاقل بوساطة عملية هبوط سريعة وتقوم هذه بتقليص فقد فوتونات الليزر بشكل كبير من خلال عمليات الامتصاص المحفز بسبب امتلاك الجسيمات الموجودة في مستوى الليزر الاقل عمر حياة أقصر بالنسبة للانبعاث التلقائي .[1]



شكل (3.2.2): يوضح نظام المستويات الاربعة

Fast decay : انحلال سريع

Laser Transition : ليزر منتقل

Pump: ضخ

- **الحجرة البصرية أو المرنان البصري Optical Cavity:**

وهي الوعاء الحاوي والمنشط لعملية الضخ ، والمقصود بالمرنان فجوة جدرانها الداخلية عاكسة ، وتحتوي على وسط متجانس متناظر عازل وغير فعال ، أما صيغة التذبذب في هذا المرنان فيعبر عنه بدلالة ترتيب الموجات الواقفة للإشعاع الكهرومغناطيسي ، والذي يخضع لقوانين ماكوسيل وشروط الانعكاس عن الجدران الثابتة ، وهذه هي صفات المرنان المستخدم في حالة الميزر ، بينما في حالة الليزر فالمرنان البصري يختلف عن ذلك المستخدم للأشعة المايكروية بنقطتين رئيسيتين هما:

- ❖ مرنان الليزر مرنان مفتوح والمقصود بهذا عدم وجود جدران أو حواجز بصرية على الجوانب.
- ❖ إن أبعاد المرنان كبيرة إذا ما قورنت بطول موجة الليزر.[1]

المرنان البصري بشكل عام يتكون من مرآتين متقابلتين على مسافة من بعضهما البعض ، بحيث يتطابق محورهما البصري وكل منهما ذات قابلية عكس عالية ، أحدهما شفافة جزئياً لتشكل مسرباً لليزر ، أما شكل المرآتين فقد تكونا مستويتين أو مقعرتين ، أو إن أحدهما مستوية والاخرى مقعرة ، أن تقنية المرايا وأشكالها كذلك الدقة في كيفية ترصيف المرايتين ، والمسافة بينهما تشكل عوامل لها تأثير كبير ومباشر على جوهر عملية توليد الليزر ، واستمرار تشغيله وفي العادة يستخدم إما مرنان داخلي أو مرنان خارجي:

أ. المرنان الداخلي: يتمثل في طلاء نهايات المادة الفعالة لتعمل عمل المرآءة ، كما في ليزرات بلورات الياقوت Ruby laser ، وليزر عقيق الألمونيوم والزجاج Nd– Yag laser ، وفي الليزرات الصلبة بصورة عامة.

ب. المرنان الخارجي: وهو مرآتان متوازيتان في نهاية الأنبوب الحاوي للمادة الفعالة ، وتكون الإنعكاسات المتعددة بينهما هي الأساس في عملية الضوء ، كما في الليزرات الغازية. وفي كل الحالتين يجب أن تكن إحدي المرآتين عاكسة كلياً للفوتونات الضوئية والأخرى تسمح بالنفاذ الجزئي ، لكي يتسنى لشعاع الليزر الخروج من خارج المرنان. [5]

3.2 خصائص الليزر:

لعل أهم الخصائص المشتركة لجميع انواع اشعة الليزر التي تميز هذه الأشعة عن تلك التي تنبعث من المصادر الضوئية العادية هي مايلي :–

1– شدة أشعة الليزر.

2– انتشار حزمة اشعة الليزر.

3–النقاء الطيفى للاشعة .

4–ترابط وتماسك فوتونات الأشعة.

اولاً: شدة اشعة الليزر :

تنبعث من المصباح الكهربائي المستخدم في الإنارة اشعة فى جميع الإتجاهات ، فاذا استقبلنا الأشعة الصادرة من المصباح الكهربى بفتيلة قدرته 100 واط على بعد 30 متر مثلاً فان القدرة التى تصدر عن العين تكون اقل من 100/1 من الواط ، في حين انه ينبعث من الليزر ضوء على هيئة حزمة ضيقة تتركز طاقتها في منطقة ذات مساحة صغيرة للغاية .

هذا التركيز للطاقة في الفراغ او مايسمى بالكثافة الضوئية هو المسئول عن الشدة العالية لاشعة الليزر فاذا افترضنا اننا قد نظرنا فى اتجاه حزمة الليزر فان كل القدرة المنبعثة التى تحملها اشعة الليزر سوف تسقط على العين ، حتى ولو كانت قدرة الليزر واحد واط . وتظهر اعلى شدة بالاف

المرات من مصباح كهربي قدرته 100 واط وينبعث من بعض انواع الليزر حزم ضوئية بكثافة ضوئية تزيد على الكثافة الضوئية على سطح الشمس بملايين المرات.[4]

ثانياً: انتشار حزمة اشعة الليزر :

تنتشر حزمة اشعة الليزر فى خطوط مستقيمة اقرب الى التوازن ، اذ ان زاوية انفراد الأشعة ضيئلة للغاية حيث يتسع مقطعها لمقدار ملليمتر واحد لكل مسافة طولها متر .

إن اشعة الليزر تفوق فى تركيزها بملايين المرات الأشعة المنبعثة من المصادر الضوئية العادية، اذ ان تلك الأخيرة تمتد ويتسع مقطعها ليغطى مساحة قطرها 1 كيلومتر لكل كيلومتر ، وهذا يعنى انه يمكن توجيه شعاع الليزر ليصل الى اهداف بعيدة جداً ، مع احتفاظه بمعظم شدته ، فاذا ارسلت اشعة الليزر فى اتجاه القمر على مسافة 400 الف كيلو متر من سطح الأرض وكانت شدتها بالقدر الكافى فانها تغطى بقعة على سطح القمر لايزيد قطرها على الكيلومتر وتتوقف مساحة البقعة على الطول الموجى لاشعة الليزر في حين انه اذ ارسل الضوء العادى ووصل الى سطح القمر فان قطر هذه المساحة يصل الى 3476 كيلو متر.[4]

ثالثاً: النقاء الطيفى لأشعة الليزر (احادية اللون):

ان شعاع الليزر عبارة عن حزمة ضوئية غاية فى النقاء من ناحية الطول الموجود. وعند مقارنة الليزر بمصادر الضوء العادية نجد انه تنبعث من المصادر الضوئية العادية كمصباح الزئبق الذى يستخدم فى الانارة حزمة من الأشعة البيضاء تميل الى الزرقة . واذا مانفذت هذه الأشعة خلال مرشح ضوئى مناسب فاننا نصفها بانها وحيدة الطول الموجى والحقيقية ان الأشعة المنبعثة من المصباح تحتوى على الوان عدة لاتستطيع عين الانسان ان تميز بينها وهى خطوط طيف زرة الزئبق الذى يحتوى على خطين في الاصفر وخط واحد في الأخضر وخط فى الازرق وخطين في البنفسجى وباستخدام مرشح ضوئى يسمح لخط واحد بالنفاذ خلاله نحصل على ضوء احادى الطول الموجى .

أما اشعة الليزر فتتميز بان الاتساع الطيفى ضيئل للغاية بالمقارنة بخطوط الطيف المنبعثة من المصادر الضوئية التقليدية ولهذا فاننا نصفها بانها غاية في النقاء من ناحية الطول الموجي او التردد.[4]

رابعاً: ترابط وتماسك فوتونات الأشعة :

وهذه الخاصية بالغة الأهمية حيث هنالك ترابط وتماسك بين الفوتونات المكونة لشعاع الليزر اي ان الفوتونات في الشعاع الضوئى ترتبط فيما بينها بعلاقة طورية Phase Relation Ships الأمر الذي لاينطبق على اشعة الضوء العادى .[4]

4.2 أنواع الليزرات:

1.4.2 ليزرات الحالة الصلبة:

يتم تصنيع مواد ليزرات الحالة الصلبة بواسطة تطعيم صلب بلوري بايونات توفر طاقة المستويات اللازمة على سبيل المثال أول ليزر حالة صلبة هو ليزر الياقوت Ruby Laser المصنوع من الياقوت أو الكروم المطعم بالياقوت تم تطويره بوساطة ثيودور ماي مان Theodore Maiman عام 1960 ويتكون تصميم ماي مان من قضيب من الياقوت يضخ بواسطه ضوء وميضي وكان الياقوت المستعمل عبارة أن أوكسيد الألمنيوم المطعم بمقدار بسيط من أيونات الكروميوم يكون Al_2O_3 مزيجاً صلباً لأيونات الكروم Cr^{+3} وأن أيونات الكروم هي التي تنتج الانبعاث . لكي يتم قدح الليزر يتم أيونات الكروم بواسطة ضوء وميضي من المستوى الأرضي إلى مستوى اعلى وسرعان ما يحث الانتقال لمستوى وسطي ليتم الانتقال بعدها إلى المستوى الأرضي وينعبث الليزر. وبسبب أن نهاية فعل الليزر تكون المستوى الأرضي يكون من الصعب المحافظة على التوزيع المعكوس ويعد هذا أحد أسباب الكفاءة الواطئة لليرز الياقوت . يستعمل ليزر الياقوت في التصوير المجسم (الهولوغرافي) وفي إزالة الوشم والقطع الصناعي واللحام ، وتم الاستغناء عن هذا الليزر بوساطة ليزرات الحالة الصلبة مثل ليزر Nd:YAG والمصنوعة من النيوديميوم Neodymium المطعم بعقيق يتريوم ألومنيوم Yttrium Aluminum Garnet (YAG) يتكون تصميم هذا النوع من الليزرات من قضيب مصنوع من ياقوت يتريوم ألومنيوم المطعم بنسبة 1% من النيودميوم المتأين ويكون القضيب بقطر بحدود 10cm وطول ما بين 6cm إلى 9cm وهنالك مرآتين واحدة تامة الانعكاس والأخرى شبه شفافة موضوعة كل منها عند إحدى نهايتي القضيب . غالباً ما يستخدم ضوء الزينون كمصدر للضخ الذي يمكن لفه حول القضيب. يتكون هذا الليزر من أربع مستويات انتقال إليكترونية إذ يتم إسكان أيونات Nd^{+3} مستويات الطاقة العلوية بواسطة ضخ ذرات المستوى الأرضي بضوء طوله الموجي 720nm و 830nm باستعمال الضوء الومضي أو مصابيح قوس التنجستن أو ليزر ثنائي الوصلة GaAlAs . يُنشأ الضخ التوزيع المعكوس وتهبط أيونات Nd^{+3} من مستويات الطاقة العلوية إلى

مستوى ليزر علوي ومن هذا المستوى يحدث انتقال الليزر الأساسي باعثاً ضوء بطول موجي 1064nm ، تعود الأيونات إلى المستوى الارضي من مستوى الليزر الأقل خلال الاستقرار الاهتزازي Vibrational Relaxation . يمكن أن تعمل هذه الليزرات أما بنمط نبضي أو نمط موجه مستمرة وتنتج طول موجي مقداره 1064nm ، تمتد قدرات نمط الموجه المستمرة من 0.1Watts إلى 100Watts. وتمتد ذروة القدرة للنمط النبضي من العشرات إلى المئات من الكيلواط بفترة نبضة من مرتبة الملي ثانية إلى مئات من الميجاواط بفترة نبضة بين 10-20ns . يمكن أن تمتد طاقة النبضة لهذه الليزرات بقيم واطئة من الملي جول إلى عدد من الجولات أو من 0.1J إلى 100J بفترة نبضة تستغرق مرتبة الملي ثانية.[5]

لهذه الليزرات استخدامات عديدة لأنها تتمكن من إنتاج حزمة مستمرة ذات نوعية عالية عند درجة حرارة الغرفة ويمكن استعمالها كنظام متنقل لأن القضيب صغير نسبياً . ومن بين استخداماته الحفر واللحام النقطي وتطبيقات في مجال الجراحة ويستخدم في مطياف رامان والتحسس عن بعد المواد وكذلك في المجال العسكري في تحديد الأهداف . ويمكن لهذه الليزرات أن تنتج قدرات عالية في طيف الأشعة التحت الحمراء عند الطول الموجي 1064nm وتستعمل في ضخ ليزرات الصبغة dye lasers. ومن الشائع في هذه الليزرات مضاعفة التردد لإنتاج طول موجي 532nm عندما تكون هناك حاجة لمصدر مرئي(أخضر) مترابط.

وهناك ليزرات حالة صلبة تطعم باليتربيوم Ytterbium أو الهولميوم holmium أو الثوليوم thulium أو الايربيوم erbium يستعمل ytterbium في بلورات مثل Yb:YAG أو Yb:KGW أو Yb:SYS أو Yb:Boys أو Yb:GaF2 التي تشتغل عند الطول الموجي 1050nm. تكون هذه الليزرات ذات كفاءة عالية وقدرة عالية بسبب عيوبها الكمية الصغيرة يمكن إنجاز قدرات عالية على شكل نبضات فوق صوتية بليزر Yb: YAG . تبعث بلورات الهولميوم Holmium المطعمة بالياك YAG عند الطول الموجي 2078nm ويشكل ليزراً ذي كفاءة يشتغل عند أطوال الأشعة تحت الحمراء الموجية التي تمتص بقوة بواسطة الأنسجة الحاملة للماء وغالباً ما يستخدم ليزر Ho-YAG بالنمط النبضي ويمر خلال أجهزة جراحة الألياف البصرية لإعادة سطوح الروابط Resurface joints وإزالة جذر السن والعمل على استئصال الأورام السرطانية وسحق حصى المرارة والكلية.

التيتانيوم المطعم بالياقوت (Ti: Sapphire) ينتج أحد ليزرات الحالة الصلبة ذات الأشعة تحت الحمراء عالية التنغيم المستخدمة في تحليل الأطياف Spectroscopy ويبعث بطول موجي ضمن مدى 690nm إلى 960nm .[5].

2.4.2 ليزرات أشباه الموصلات:

أن شبه الموصل مادة صلبة بلورية معامل توصيلها الكهربائي أقل بكثير من معامل التوصيل الكهربائي للفلزات .

نورد هنا بعض المعلومات الاساسية التي تدخل في عمل شبه الموصل كمادة فعالة للإنبعاث المحفز وكيفية توفير التأهيل العكسي لهذا النوع الذي يختلف في جوهر عمله عن المواد الفعالة لأنواع الليزر السالفة الذكر أن مستويات الطاقة لبلورة نقية لشبة موصل تقع في نطاقين عريضين عند تهيج شبه موصل بطريقة ما فهذا يعني انتقال من نطاق التكافؤ الى نطاق التوصيل مخلفا فيها فجوة الكترونية موجبة وعكس مع الفجوة والتي يكون نتيجتها أنبعاث اشعة كهرومغنطيسية (فوتون) في شبه موصل .

فعلى الرغم من كون الوسط الفعال في هذا النوع مادة صلبة ، إلا أن جوهر العمل لهذا النوع يختلف تماماً عن ليزرات الحالة الصلبة , ويطلق عليه أحياناً بليزر الديود أو ليزر الصمام الثنائي ويعتمد على المواد شبه الموصلة ويمتاز بحجم واستهلاك طاقة قليلة للغاية (مقارنة بالأنواع الأخرى) ولذلك أصبح يستخدم على نطاق واسع في كافة التطبيقات والأجهزة الدقيقة حتى قدرة 1000ميلي وات ويتواجد في أجهزة السي دي (CD) والديفيدي (DVD) وطابعات الليزر وادوات القياس الدقيقة للمسافات والاطوال والأجهزة البصرية واقلام والعاب الليزر وتعددت الوانه فمنه الأحمر والأخضر والأزرق.[6]

ويصنف ليزر الدايود الى منخفض الكثافة وعالي الكثافة ولكن في هذا البحث تم استخدام الليزر منخفض الكثافه .[1]

3.4.2 الليزرات الغازية:

يكون كثافة الوسط الفعال للغازات قليلاً ومن هنا يكون التوزيع المعكوس صغير عند مقارنته مع ليزرات الحالة الصلبة وتعد هذه أحد أسباب كبر حجم منظومات الليزر الغازية مقارنة بحجم ليزرات الحالة الصلبة للقدرة ذاتها . أن ضيق خطوط امتصاص ذرات الغازات يجعل الضخ الضوئي ليس

عملياً ، لذلك يتم القيام بالضخ بوساطة التفريغ الكهربائي . يوضع الغاز في أنبوبة زجاجية مفرغة تحت ضغط منخفض وتوجد عند نهايتي الأنبوبة أقطاب التفريغ الكهربائي الكاثود Cathode والأنود Anode.

تتسارع الإليكترونات التي تنتج من خلال التفريغ الكهربائي باتجاه الأنود وبسبب الاصطدمات تكتسب الذرات المتعادلة أو الأيونات طاقة إضافية تتهيج بواسطتها إلى مستويات طاقة أعلى . يؤدي اكتساب الطاقة هذا إلى حصول التوزيع المعكوس الذي يكون الشرط اللازم لفعل الليزر . من الملائم تقسيم الليزرات الغازية إلى ليزرات غازية ذرية وليزرات أيونية وليزرات جزيئية بسبب الاختلاف بين الاسس النظرية والعملية التي تعتمد عليها. [6]

1.3.4.2 ليزرات الغازات الذرية:

ليزر هليوم – نيون:

من ناحية التصميم يتكون ليزر الهليوم – نيون التقليدي من أنبوبة زجاجية تحتوي على غازات وعلى وسائل القيام بالتفريغ الكهربائي ومرايا عند نهايات الأنبوبة لتكون حجرة المرنان . تكون المرايا خارج أنبوب البلازما بحيث يتم إخراج الضوء خارج الأنبوبة بأقل انعكاس ويتم ذلك بواسطة استعمال نافذة بريستر Brewster Widows التي تكون عبارة عن صفائح زجاج بصرية مسطحة تتجه عند زاوية بريستر Brewster angle ويكون عند هذه الزاوية الانعكاس الداخلي ضمن الأنبوبة ذي استقطاب معين.

الوسط الفعال لهذا النوع من الليزرات الغازية هو خليط من غازي الهليوم والنيون . تتم عملية الضخ من خلال تسليط فرق جهد كافي لإحداث التفريغ الكهربائي . بواسطة جهاز قدرة يتم تزويد المنظومة بالفولتية والتيار اللازمين . تتم الانتقالات الليزرية بين مستويات الطاقة الخاصة بغاز النيون إذ أن هناك العديد من الانتقالات تبدأ من المستويين (2s,3s) ولعدم وجود انتقالات إلكترونية من المستوى الأرضي إلى هذه المستويات خلال عملية الضخ يتم إضافة غاز الهليوم الذي يمتلك مستويات طاقة متهيجة تتطابق مع المستويين (2s , 3s) لغاز النيون . يمكن تصنيف ليزر الهليوم– نيون ضمن نظام المستويات الأربعة يبعث ليزر الهليوم– نيون أطوال موجية هي 543nm و594nm و612nm و633nm وهو من الأنواع الشائعة الاستعمال في المعامل بسبب كلفته المنخفضة . تكون هذه الليزرات ذات كفاءة قليله (0.01% to 0.1%) وقدرة قليلة (max 10mbV) . يستعمل

ليزر الهليوم – نيون في الأبحاث الكيميائية والتحليل الطيفي والصور المجسمة (الهولوغرافي) والاتصالات.[6]

ليزر بخار النحاس:

جهاز ليزر بخار النحاس Cooper Vapor Laser (CVL) يشابه ليزر بخار الذهب . اخترع عام 1966م وأول جهاز على المستوى التجاري صدر للأسواق كان عام 1980م . ويتميز هذا الجهاز بكفاءته العالية نسبياً في مجال الطيف المرئي وهو من أنواع الليزرات النبضية.

من ناحية التصميم يتكون من أنبوبة مصنوعة من الألومنيا Alumina أو الزركونيا Zirkonia مع نوافذ ومرايا عند نهايات الأنبوبة . انعكاسية واحدة من المرايا تكون 100% بينما تكون الأخرى مرآة شفافة حيث تعكس فقط 10%. يتم ملأ الأنبوبة بغاز خامل وكمية قليلة من نحاس نقي. يتم ملأ الأنبوبة في العادة بغاز النيون . يكون قطر الأنبوبة بحدود 10-8mm . يمكن لهذا الليزر العمل بدون حجرة بصرية لأن هذه الليزرات تمتلك وسط فعال كبير.

يمثل بخار النحاس الوسط الفعال لهذا النوع من الليزرات ولأن بخار النحاس يتطلب حرارة عالية فهذا يتطلب أن تبقى أنبوبة التفريغ الكهربائي عند درجة حرارة عالية. أن ليزر بخار النحاس هو ليزر المستويات الثلاثة وهو كذلك ليزر نبضي بسبب ازدياد مستويات الطاقة بسرعة كبيرة لا يكون بعدها التوزيع العكسي كافياً للمحافظة على الانبعاث.. ان المستويات الثلاثة في ليزر بخار النحاس تؤدي إلى انبعاث طولين موجبين منفصلين أحدهما عند 0.578µm منتجاً ضوءاً اصفراً والآخر عند 0.578µm منتجاً ضوءاً أخضراً .

لليزر بخار النحاس استخدامات في العلاج الضوئي الحركي photo-dynamic Therapy لمرضى السرطان وتصوير الانطلاق السريع للحصول على صور واضحة عند السرع العالية وكمصدر ضخ لليزرات الصبغة Dye lasers ويستعمل في تحليل طبعات الأصابع.[6]

2.3.4.2 ليزرات الغازات الأيونية:

من بين نماذج هذا النوع الليزرات الغازية هو:

ليزرايون الارجون:

تنتقل الاليكترونات في هذا النوع من الليزرات بين مستويات الطاقة للأيون بعد ضخها في انبوبة التفريغ الكهربائي إذ تبدا العملية بتأين ذرات الارجون (طاقة تأينها بحدود 15.75eV) ثم يتم تزويدها بطاقة إضافية لتحفيزها إلى مستويات طاقة أعلى من المستوى الأرضي (بحدود 19.68eV). إن

كفاءة هذا النوع من الليزرات صغيرة بسبب ما تتطلبه من طاقة ضخ كبيرة ويمكن زيادة الكفاءة في حالة تسليط مجال مغناطيسي يتجه باتجاه محور انبوبة التفريغ الكهربائي . يبعث هذا الليزر أطوال موجية هي 458nm و 488nm و 514.5nm.[6]

ليزر الهليوم – كادميوم:

يعد ليزر الهليوم – كادميوم أفضل الليزرات المعروفة من عائلة الليزرات التي تبعث بخطوط أبخرة المعادن المتأنية وفي الحقيقة أنه أول ليزرات بخار المعدن المكتشف ويمكنه إنتاج قدرات مستمرة إلى حدود تصل إلى 100mW عند الطول الموجي 442nm في الطيف الأزرق وإلى حدود 20mW عند الطول الموجي 325nm في الإشعاع فوق البنفسجي.

يتم في هذه الليزرات تسخين الكادميوم في انبوبة تفريغ كهربائية تحتوي على غاز الهليوم وعند تسخين معدن الكادميوم يتحول جزء من الكادميوم إلى بخار ثم يتأين وتصبح ذراته في حالة استثارة ومن خلال تبادل الطاقة مع ذرات الهليوم المستثارة يتحر اليكترون من خلال عملية تبادل الطاقة هذا مكتسباً فرق الطاقة بين ذرة الهليوم وأيون الكادميوم المستثارين.[6]

ليزر الهليوم – فضة:

يولد أطوال موجية فوق بنفسجية بطول موجي 224nm.[6]

ليزر النتروجين N_2:

اخترع ليزر النتروجين عام 1963م وهو ليزر غازي ويبعث نبضات قصيرة بمعدل إعادة عالي في مدى الإشعاع فوق البنفسجي عند الطول الموجي 337.1nm. وفترة النبضة الناتجة تكون من حدود 10ns أو أقل وتردد النبضة من حدود 200-1.

من ناحية التصميم يختلف ليزر النتروجين عن ليزر ثاني أوكسيد الكربون باختفاء مرآة الخرج . وفضلاً عن ذلك تتعرض كل جزئيات النتروجين المتهيجة اضمحلالاً إشعاعياً عبر فترة زمنية قصيرة عاملة على تفريغ الحجرة من طاقتها بفعالية وبذلك يتم إنتاج نبضة ذات شدة عالية دون الحاجة للتمرير المتكرر للضوء إلى الأمام والخلف بين المرايا . وفي الواقع يمكن لليزر النتروجين العمل بنجاح دون اي مرايا عند النهايات وأن الحاجة لمرآة توضع عند إحدى نهايات الحجرة هو فقط لغرض توجيه الخرج.

يعمل ليزر النتروجين عبر الانتقالات الإلكترونية فيتم تهيج الغاز بواسطة تفريغ كهربائي بفولتية عالية الذي يجعل المستوى الإلكرتوني الثالث مشغولاً ويمتلك مستوى الليزر الأعلى عمر حياة قصيرة جداً

40ns ونتيجة لذلك لا يمكن المحافظة على التوزيع المعكوس ويمتلك مستوى الطاقة الاقل لانتقال الليزر عمر حياة طويل يجعله يمتلاً بالجزيئات الذي سيحدد معدل إعادة النبضات.

يمكن لهذا لليزر إنتاج ذروة شدد في مدى 010W/m2 وبذلك يكون أحد المصادر التجارية ذات القدرة الأكبر نوعاً ما بالنسبة للإشعاع فوق البنفسجي . نتيجة لذلك غالباً ما يستعمل في الدراسات الكيميائية الضوئية كما يستعمل في تحليل الأطياف وفي عمل الضخ لليزر الصبغة وفي التحكم بالتلوث (التحسس عن بعد) ويستعمل في قياسات عمر الحياة الذرية والجزيئية وكذلك في الأبحاث الطبية والأحيائيه.[6]

3.3.4.2 ليزرات الغازات الجزيئية:

يعتبر ليزر ثاني أوكسيد الكربون الذي يتميز بحجم قدرة وكفاءة عالية أحد أنواع ليزرات الغازات الجزيئية . ينتج هذا الجهاز البصري حزمة ليزر مستمرة بقدرة خارجة تصل إلى 100kW وبأطوال موجية هي 9.6µm و10.6µm ويستمر محافظاً على درجة عالية نسبياً من النقاوة والترابط وتكمن أهمية ليزر كهذا من خلال قدرته على قطع الماس وألواح سميكة من الفولاذ في غضون ثوان. اضافة إلى ذلك يولد ليزر كهذا مدى واسع من ترددات الأشعة تحت الحمراء ويمكن تنضيمها لمدى من الأطوال الموجية ولأشعتها تطبيقات في أنظمة الاتصالات البصرية كالرادارات البصرية وتكون مناسبة للأنظمة الأرضية والفضائية لأن الأشعة تحت الحمراء تتشتت أو تمتص بشكل طفيف بوساطة الغلاف الجوي فقط. ويتناسب تشتتها مع v4.

يعد طيف الغازات الجزيئية أكثر تعقيداً من تلك التي لعدد من الغازات الذرية فبالإضافة لمستويات الطاقة الإليكترونية للذرات الحرة هنالك جزيئيات تمتلك مستويات تظهر من اهتزازات ودوران كمي للذرات نفسها. وبذلك يكون هنالك لهيئة إليكترونية في جزيئة معطاة عدد من مستويات اهتزاز متباعدة بالتساوي تقريباً وهنالك لكل مستوى اهتزاز عدد من مستويات دورانية.

يؤدي إضافة غاز النيتروجين N_2 لحجرة الليزر إلى ارتفاع انتقائي لجزيئات CO_2 إلى مستويات ليزر مطلوبة وهذه مشابهة للانتقال الانتقائي لطاقة التهيج من ذرات الهليوم إلى ذرات النيون في ليزر الهليوم– نيون.

ترجع الكفاءة العالية لليزر CO_2 إلى مساهمة حقيقة حاجة المستويات الاهتزازية والدورانية لطاقة أقل للتهيج وأن جزءاً كبيراً من هذه الطاقة يتحول إلى حزمة الليزر بينما لغرض تهيج ذرة هليوم إلى أول

مستوى غير مستقر metastable تحتاج إلى ما يصل إلى 20V وأن ثلثا منها فقط مطلوب لاستثارة جزئية CO_2 إلى مستويات الاهتزازية والدورانية الأولى المنخفضة. [6]

4.4.2 الليزرات الكيميائية:

تعمل الليزرات الكيميائية بوساطة التفاعل الكيميائي ويمكنها إنجاز قدرات عالية باشتغال مستمر . يعتمد هذا النوع من الليزرات على مواد كيميائية معينة تنتج عنها طاقة تكفي لاستثارة بعض نواتج التفاعل الكيميائي منجزة بذلك التوزيع المعكوس الذي هو شرط عمل الليزر . لا تحتاج هذه الليزرات في بعض التصاميم إلى مصدر خارجي للطاقة كالضوء أو الأشعة السينية أو الطاقة الكهربائية لكي تفعل عملية التفاعل ويعد ليزر فلورايد الهيدروجين الذي يمتد طوله الموجي ما بين 2700nm إلى 2900nm وينتج إتحاد الهيدروجين مع الفلور وهذا التفاعل لا يتم تلقائياً عندما يوضع الغازان في حالتهما الجزيئية إلا عندما يكون هناك ذرات وحيدة من أحد العنصرين يؤدي وجودها إلى إحداث تفاعل متسلسل يؤدي في نهايته إلى انبعاث فوتون .[6]

5.4.2 ليزر الصبغة Dye lasers:

تختلف ليزرات الصبغة بشكل كبير عن الأنواع الأخرى من الليزرات إذ تستخدم ليزرات الصبغة صبغة عضوية سائلة وهي عبارة عن مواد صبغية مذابة في محاليل معينة لها مواصفات تختلف عن تلك التي للمواد الصلبة أو الغازية وإن كانت تشابه في تجانسها الأوساط الغازية ولكنها أكثر تجانساً من المواد الصلبة . تتميز مواد الصبغة العضوية بسهولة تبريدها واكثر صفة مفيدة لها قابليتها على التنغيم أي أن الأطوال الموجبة لليزر المنبعثة من صبغة معينة يمكن أن تتغير عبر مدى واسع . تحتوي هذه الصبغات العضوية كذلك على تركيز عال من الذرات النشطة لوحدة الحجم عند مقارنتها بالأوساط الغازية ، كما لا يتعرض وسط الصبغة الفعال لأي تلف عند القدرات العالية التي تتطلب تركيزاً واضحاً أكبر . وأخيرا فالصبغة العضوية رخيصة الكلفة وتتطلب حجماً صغيراً.[7]

6.4.2 الليزر منخفض الطاقة (LOW LEVEL LASER) :

الليزر منخفض الطاقه يستخدم في علاج الامراض الجلدية وله عدة انواع كم موضح بالجدول رقم (1.6.4.2) .

جدول رقم (1.6.4.2) يوضح انواع الليزر منخفض الطاقه

الطول الموجي	نوع LLLT
488_514 nm	Argon(Ar)
904 nm	Gallium Arsenide (Ga_As)
830 nm	Gallium Aluminum Arsenide(Ga_Al_As)
632 nm	Helium_Neon(He_Ne)
694 nm	Ruby laser

المستوى المنخفض من الليزر لا يشمل طول موجة واحد بل يشمل جميع أطوال الموجات ضمن الضوء المرئي وفوق البنفسجي وتحت الحمراء وبناءً على ذلك تطلق التسمية على نوع الإشعاع حسب طول الموجة فمثلا إذا كان طول موجته 900 نانو متر فيسمى عند إذن الليزر تحت الأحمر أما إذا كان طول الموجة 660 فيسمى بالليزر الأحمر (وهو شائع جدا) ولكل طول موجي لليزر تأثير مختلف نوعا ما عن الآخر سيتم ذكره لاحقا يهدف العلاج بالليزر منخفض المستوى للتحفيز الحيوي– حيوي وليس فيزولوجي لأنه على مستوى الخلايا. [8]

5.2 تصنيف الليزر وفقاً لخطورته:

يعتبر اي نوع لشعاع الليزر خطراً على الجسم عند التعرض لإشعاعه لذا يجب ان يراعى فى استعمال اشعة الليزر المختلفة الضوابط الامنية فى السلامة عند تشغيله وتجنب التعرض لاشعاعه وقد وضعت الهيئة الراديولوجية الصحية BRH ومعهد الليزر الاميركي LIT التصنيف العام لكل أنواع اجهزة الليزر وفقاً لخطورتها بالإضافة الى انها أجبرت الشركات المنتجة في التقييد بوضع المتطلبات الأمنية للأنواع المختلفة.[4]

1- الصنف الأول أجهزة الليزر المستثناة أو المعفاة : Class I

ويعتبر هذا الصنف من اجهزة الليزر غير خطر على مساحة الجسم وكمثال لهذا النوع ليزر انصاف الموصلات من نوع أرسنيك الجاليوم ، الذى يتراوح طول موجته من 820 الى 905 نانومتر ، وطاقته أقل من أجزاء الملي واط ، ولكن يجب تجنب النظر المباشر لاشعاعه.[4]

2- الصنف الثاني : أجهزة الليزر ذات القدرة الضيئلة : Class II

ويعتبر هذا الصنف من اجهزة الليزر التى تبعث باشعاع قدرته اقل من واحد ملي واط ، تسبب هذه الليزرات اضراراً لشبكية العين عند التعرض لها مباشرة او غير مباشرة [4].

3- الصنف الثالث : Class III

,111B 111A يقسم الصنف الثالث الى قسمين

ويصنف ليزر غاز الهليوم – نيون الذي لايبعث باكثر من 4 ملي واط فى مجموعة 111A التي تكون عالية الخطورة على العين .[4]

4- الصنف الرابع Class IV

تبعث الليزرات في هذا الصنف باشعاعات تصل الى 50 واط مثل ليزر غاز ثاني اكسيد الكربون والياج والزجاج ومايماثلها .[4]

5- الصنف الخامس : Class V

تحاط هذه الليزرات ذات القدرة العالية جداً بحاجز وقائي دائم وتفخص دورياً للتاكد من سلامة الحاجز من التلف وعدم تسرب الشعاع منه ، ويؤدي التعرض لهذا الصنف الى مخاطر جسمية على حياة الأنسان والمنشآت وهى تقتل الانسان في اجزاء من الثانية وتسبب الحرائق في المنشآت ومن انواع هذه الليزرات الفائقة القدرة ليزارات غاز ثاني اكسيد الكربون والياج ، والزجاج والياقوت ...الخ وتتراوح قدرتها من 150 الى ترليون واط ، وغالبيتها مستخدمة في مختبرات الابحاث والاستعمالات العسكرية .

وبصورة عامة لكل الانواع فيجب استعمال النظارات الوقائية لحماية العين من انعكاسات الأشعاع وتختلف هذه النظارات باختلاف شعاع الليزر وقدرته وطوله الموجي.[4]

6.2 تطبيقات الليزرات:

تستعمل الليزرات في القياس الدقيق للمسافات البعيدة ففي السنوات الحالية أصبح مهماً بالنسبة للأغراض الفلكية والجيوفيزيائية قياس المسافات بدقة كبيرة من نقاط مختلفة على سطح الأرض إلى نقطة على سطح القمر. [4]

يستخدم الطب حقيقة إمكانية امتصاص الأطوال الموجية لليزر في أنسجة بايلوجية معينة. فعلى سبيل المثال ، بعض إجراءات الليزر تمتلك إمكانية عالية في تقليص العمى في مرضى الكلاكوما وداء السكر.[4]

إن عملية بسيطة بالليزر يمكنها أن تفتح بعملية الحرق فتحة متناهية في الصغر في غشاء متخثر مخففة الضغط الاتلافي. أحد العوارض الجانبية للسكري تكمن في الأوعية الدموية الضعيفة التي غالباً ما تسرب الدم وعند حدوث التسرب في الشبكية تصبح الرؤية متدهورة وأخيراً تتلف الشبكية. [6]

يستخدم الليزر الآن في العمليات الجراحية بشكل واسع ، فبإمان أشعة تحت الحمراء بطول موجي 10μm من ليزر ثاني أوكسيد الكاربون أن تقطع أنسجة عضلية.[6]

لليزر أهمية كبيرة في البحوث البايولوجية والطبية وخصوصاً في عمليات عزل وجمع الخلايا غير الاعتيادية لغرض دراستها وتنميتها. [4]

لقد استخدم شعاع الليزر في الكثير من المجالات ، وذلك نسبةً لمميزات هذه المنظومة ، مما جعلها ملائمة للاستخدام في بعض التطبيقات ، ومن هذه المميزات الآتي:

_ عدم وجود تماس مباشر بين العينة ومنظومة أشعة الليزر ، وبالتالي استبعاد أي تلوث او جهد ميكانيكي عند استخدام المساكات الميكانيكية التقليدية.

_ إن الطاقة الحرارية لأشعة الليزر تنفذ إلى العمق المطلوب بإنتشار عرضي صغير جداً ، وبذلك تحافظ على شكل المادة وليس لها تأثير كثير على خواصها الفيزيائية ، مقارنة مع الطرق الميكانيكية.

_ إمكانية استخدام الليزر في تصنيع المواد المختلفة سواء كانت من معادن فلزية أو سيراميكية صلدة قابلة للكسر مثل الزجاج والسيراميك دون أن تحدث أي تلف.

_ إمكانية الحصول على لحام نقطي أو ثقوب متناهية في الصغر بسبب القدرة الكبيرة على تركيز الشعاع على بقعة صغيرة.

_ سرعة انجاز العمليات الصناعية باستخدام الليزر خصوصاً الدقيقة منها مقارنةً بالطرق التقليدية.

إن هذه المميزات التي ذكرت تعتبر مساوي عند استخدام منظومة الليزر في بعض التطبيقات ، حيث نجد أن بعض التطبيقات مثلاً تحتاج إلى وجود تماس مباشر بين العينة ومنظومة الليزر. إلاّ أن هذه المساوئ لا تعتبر عائقاً من استخدام منظومة الليزر ، وذلك نسبةً لتميزها بخواص أخرى تساعد على إجراء التطبيق المطلوب ، فعلى سبيل المثال تعتبر الليزرات الثنائية صالحة للاستعمال في الطابعات الليزرية ، وفي المعامل البحثية والتعليمية ، وذلك لتميزها بالخواص الآتية:

- صغر حجمها.
- سهولة تشغيلها.
- قلة كلفتها.

بالإضافة إلى الخصائص العامة فإن ليزر الثنائيات ذات الطول الأحادي والذي يعني أن شعاع الليزر الذي يتذبذب بشكل طولي وأساسي مفرد ذو فائدة كبيرة في الفيزياء الذرية ، بالرغم من صغر حجمها فإنها تعطي قدرة معقولة من الموجات المستمرة مع كفاءة كهربية وبصرية. أما ليزر أشباه الموصلات يمتاز بصغر حجمه وطوله المحدود وبسهولة التضمين عند الترددات العالية لذلك نجد ان له تطبيقات مهمة في كثير من مجالات البحوث الأساسية والتكنولوجيا ، كالتمثيل الطيفي للغازات الدقيقة وفي مراقبة تلوث الجو وفي المجال الطبي.

ولقد استخدم الليزر في تقدير وتعيين بعد القمر ، كما استخدم تضاؤل حزم الليزر واستطارتها في دراسة الغلاف الجوي ، وثمة تغيير من تجربة ميكلسون مورلي تم إجراءه باختيار حساس لإنزياح الأثير أن تتحد حزمتين من ليزر الأشعة تحت الحمراء ، تختلفان في ترددهما اختلافاً طفيفاً بواسطة مجزئ الخدمة ، ويمكن كشف الضربات الناتجة في التردد بواسطة مضخم الشدة الضوئية ودوائر التسجيل الإلكترونية ، تكون الضربات الناتجة في التردد كما في أمواج الصوت مساوية للفرق بين ترددي حزمتي الليزر ، ويحكم التردد المضبوط الذي يعمل به الليزر بوساطة طول كل تجويف رنين وسرعة الضوء داخله .[5]

7.2 السلامة والامان في مختبرات الليزر:

يتعلق هذا البند بموضوع مخاطر إستخدام أشعة الليزر وكيفية أخذ الحذر والحيطة للوقاية منها عند التعرض لها أو التعامل معها.إن هذه المخاطر تقع في أربعة أبواب وهي:

أ. مخاطر ألاشعاع

ب. مخاطر القدرة الكهربائية

ج. مخاطر الإنفجار

د. مخاطر التسمم

لقد درست هذه المخاطر بشكل وافي حتى ذهبت بعض الدول إلى وضع تعليمات رسمية تطبق على المنتج والمستهلك غرضها من ذلك السلامة وألامان لجميع العاملين في مختبرات أجهزة الليزر.إن مخاطر الإشعاع يقع تأثيرها وبصورة رئيسة على عين وجلد الإنسان.أما الخطر الكهربائي فيكمن في مصادر توليد القدرة الكهربائية اللازمة لعمل الليزر وتأثير الصعقة الكهربائية أما مخاطر ألانفجار فتكمن في فشل عمل بعض أنواع الليزر كفشل عمل المصابيح الوميضية أو إنفجار في المحاليل الكيميائية .أما مخاطر التسمم فتنتج معظمها عن تعامل أشعة الليزر الموجهة ذي القدرة العالية مع المواد المختلفة التي تقع في طريقها فتؤينها أو تحدث تغيراً في تركيبها تكون بعدها مصدراً للتسمم ،كذلك قد تستخدم بعض المواد الكيميائية كمواد مذيبة أو منشطة لفعالية الليزر وقد تكون ذات أبخرة مؤذية عند إستنشاقها.[9]

8.2 الطرق الصحيحة للسلامة:

1. توضع علامات تحذير في الأماكن المعرضة لإشعاع الليزر،كذلك يثبت مصباح ضوء تحذيري عند مدخل المختبر ويضاء أوتوماتيكياً مع تشغيل جهاز الليزر بداخل المختبر ليمنع الدخول الفجائي إليه.

2. يحدد الإتجاه الذي ينتقل فيه الليزرفي المختبر بحيث لا يتعارض مع الحركة بداخله كما يجب أن لا تكون حزمة الليزر على إرتفاع قريب من مستوى العين.

3. لا توضع المأكولات في طريق الأشعة فقد ينعكس عنها الليزر إلى العين كذلك قد تتفكك هذه المواد بسبب ألاشعاع إلى مواد لا يصل تناولها ،كما لا يسمح بخزن الغذاء في مختبرات الليزر كذلك يجب أن تتوفر شروط التهوية المستمرة.

4. يكون لمصادر القدرة الكهربائية العالية ،أرضي جيد قبل تشغيلها كذلك يتجنب من يشغل هذه الأجهزة أو يفحصها الوقوف على صفائح معدنية أو أرض رطبة أو اي مادة جيدة التوصيل بالأرض وينصح بلبس ألاحذية المطاطية وأن لا يشتغل الفرد لوحده في المختبر.

5. يجب لبس النظارات الخاصة بكل طول موجة لحماية العين.

6. يقوم المشرف على المختبر بإعطاء طلابه جميع التعليمات والإرشادات ذات العلاقة بسلامته داخل المختبر وقبل أن يشغل أي جهاز لليزر.[10]

الفصل الثالث

الليزرات الطبية وتطبيقاتها

1.3 مقدمة:

تبرز الإستفادة الحالية من شعاع الليزر من وجهة النظر الطبية في طاقته الحرارية العالية والمتمركزة في قطر ضيق جدا، وهذا الليزر قد أثبت كفاءة عالية في الجراحة بصورة عامة، وفي الجراحة الدقيقة بصورة خاصة . كما أصبح اليوم شائع الإستخدام في أفرع طبية عدة منها: جراحة الانف والأذن والحنجرة، وأمراض النساء ، وأمراض المستقيم، والأسنان وأمراض الفم، والأمراض الجلدية، وجراحة التجميل التي تشمل جراحة التقويم (تقويم الأعضاء وإصلاح التشوهات)، وجراحة العظام، وجراحة الأعصاب وحتى لإرشاد فاقدي البصر ، حيث إستخدمت كثير من مستشفيات العالم الليزر في العمليات الجراحية للقطع أو التبخير أو اللحام أو العلاج.[7]

2.3 أهمية الليزر في العلوم الطبية ومميزاته:

وللوقوف على أهمية إستخدامه في العمليات الجراحية، يجدر بنا تفحص مميزاته التالية:

- **تقليل هدم الأنسجة بهدف الإلتئام السريع**

تمتص المواد العضوية بالخلية الحية حزمة ليزر ثنائي أكسيد الكربون عند تركيزها على الأنسجة. يؤدي ذلك إلى إرتفاع درجة حرارة ماء الخلية الداخلي والخارجي، الممتص لطاقة الحزمة، إلى °م 100 ، أي درجة تبخره. وبذلك يحصل قطع الأنسجة المراد إزالتها، علماً بأن التأثير على الأنسجة المحيطة لا يزيد قطره عن 100 ميكرون (واحد بالمليون من المتر) من نقطة الإتصال مما يجعل فترة الإلتئام قصيرة وبالتالي مدة أقل من العناية بعد الجراحة. وبما أن فترات النبضات الليزرية يمكن التحكم فيها فهي تتراوح من 0.1 من الثانية ، أو بصورة نبضات مستمرة ، فهو يعطي الجرّاح القدرة على إستعمال حزمة الليزر لتبخير الأنسجة أو قطعها حسب الحاجة. وفي الحالة الأخيرة يمكن التحكم بموقع الحزمة مما يجعل الليزر بديلا كفء عن المشرط التقليدي في الجراحة.[7]

- **جراحة بدون دماء**

إن شعاع ليزر ثاني أكسيد الكربون قادر على لحم الأوعية الدموية التي يقل قطرها عن نصف مم تلقائيا عن طريق تخثير الدماء في النهايات المفتوحة. وهذا التأثير يجعل الجراحة بالليزر في مجال جاف تقريباً، ولذلك فوائد كثيرة منها التقليل من نقل الدم خلال الجراحة بالإضافة إلى توفير الرؤية الجيدة للجراح. [7]

- **تقليل الإلتهاب ما بعد العملية الجراحية**

لا تتأثر الخلايا القريبة من نقاط تماس الشعاع وذلك لكون قطر الشعاع صغيرا جدا (في حدود 1 ملم) مما يجعل إسترجاع حيوية الخلايا المقطوعة سريع.[7]

- **تقليل الآلام الناتجة عند الجراحة**

شعاع الليزر قادر على غلق نهايات الأعصاب الدقيقة المقطوعة بسبب الجراحة. هذا من شأنه تخفيف الآلام لدرجة أنه في بعض الأحيان لا حاجة إلى التخدير. [7]

- **الدقة المتناهية**

حيث إن المستخدم لليزر يستطيع السيطرة الكاملة على عمق الإختراق من قبل الحزمة، والتي بدورها تعتمد على قدرة الليزر ومدة التعرض. وبالإستعانة المجهر يستطيع الجراح التحكم في موقع الحزمة بكل دقة، ولكون الليزر يعمل من مسافة فهذا يعطي للجراح مجال رؤية أكبر.[7]

- **عدم وجود تأثير ميكانيكي**

خطورة الحركة الميكانيكية للخلايا الحية التي تنتج عن الضغط لا وجود لها، وذلك بسبب إنعدام الضغط عن إستخدام شعاع الليزر.[7]

- **التعقيم**

لا خطورة من التلوث لعدم وجود ملامسة بين أدوات الجراحة، والأنسجة المعالجة ، بالإضافة إلى أن شعاع الليزر قادر على تبخير الجراثيم المرضية القريبة من موقع الجراحة.[7]

3.3 الليزرات الطبية :

إن قدرة شعاع الليزر من ثاني أكسيد الكربون المستخدم حاليا لا تزيد على 100 واط في الحالات العادية، ويمكن الحصول مستقبلا على قدرة تصل إلى 250 واط أو 500 واط ، والتي قد يحتاج لها في جراحة العظام، إن شعاع ثاني أكسيد الكربون يقع في المنطقة تحت الحمراء كما أسلفنا، وهو ذو

طول موجي قدره 10.6 ميكرومتر، ويستخدم عادة في الجراحات العامة. بالإضافة إلى ذلك تتوفر حاليا ليزرات أخرى مثل الليزر الزجاجي المعروف بإسم "ياج ليزر" والتي تصل قدرتة إلى 100 واط، وطوله الموجي لإبى 1.06 ميكرومتر في المنطقة تحت الحمراء ، علما بأن إستعمالات ليزر الياج اليوم تتمثل غالبيتها في الجراحات المعوية بواسطة المنظار ويختلف عن شعاع ثاني أكسيد الكربون في أنه أقل إمتصاصا من قبل الخلايا والأنسجة مما يجعله مبضعا أقل إختراقا. بينما ليزر غاز الأرجون ، يستخدم حاليا في عمليات حساسة مثل ترقيع الشبكية، ولحام العصب البصري المنفصل الذي يسبب العمى المؤت ، إلا أن قدرة إمتصاصه في الخلايا والانسجة تكون أقل من ليزر الياج. لهذا فإن أجهزة الليزر الشائعة الإستخدام لأغراض مختلف العمليات الجراحية هي شعاع غاز ثاني أكسيد الكربون ، وشعاع ليزر الياج ، وشعاع ليزر الأرجون ، وهي تمتاز بقابلية إمتصاص قليل على التوالي. وكذلك يستخدم الليزر في إزالة وتبخير الأورام الغير خبيثة في الحبال الصوتية للحنجرة وأمكن بذلك تقويم الحبال الصوتية ، وتنقية الصوت ، توقد تكون هذه البداية لإزالة الكثير من الغموض حول كيفية تنقية الأصوات البشرية. وعملية من هذا النوع تتم بمدة قصيرة جداً ، ولا حاجة لتنويم المريض وكذلك الامر بالنسبة إل ترقيع الشبكية فهي لا تتطلب أكثر من دقائق في إجرائها ، بالإضافة إلى ذلك فإن الكثير من الجراحات وخصوصا، الجراحات الجلدية التي لا تحتاج إلى إستخدام المخدر العام. أو حتى المخدر الموضعي ، حيث– كما أسلفنا– فإن قدرة الليزر على لحام الأعصاب عند قطعها يقلل من الألم بشكل ملحوظ في الجراحات البسيطة.[11]

أما إذا أخذنا الجانب الآخر وهو العلاج بشعاع الليزر ، فقد أثبتت التجارب الحالية أن إستخدام الليزر المعروف بليزر الصبغات (وتتكون مادته الفعالة من مواد كيميائية عضوية صبغية وإشعاعه يقع في المنطقة المرئية من الإشعاع الكهرومغنطيسي) قد اعطى الأمل الكبير في معالجة الاورام السرطانية وبدون إستئصالها. إن قتل الخلاية الخبيثة وبدون التأثير على الخلايا السليمة يتم بإعطاء المريض جرعات من عقاقير محددة تتمتصها الخلايا السرطانية فقط ، ومن ثم يسلط شعاع الليزر ، الذي تمتصه هذه الخلايا المشبعة بالعقار المحدد ، والنتيجة قتل الخلايا السرطانية فقط.[12]

جدول (1.3.3) : تصنيف الليزرات المستخدمة في التطبيقات الطبية حسب خطورتها [7]

نوع الليزر		الطول الموجي	التصنيف حسب القدرة والنوع			
		(نانو متر)	I الأول	II الثاني	III الثالث	IV الرابع
.1	غاز الأرجون (مستمر الطاقة)	514.488	القدرة أقل من 0.4 مايكرو واط	أقل من 1 ملي واط	أقل من 0.5 واط	أكثر من 0.5 واط
.2	الهيليوم – نيون (مستمر الطاقة)	632.8	القدرة أقل من 6.5 مايكرو واط	أقل من 1 ملي واط	أقل من 0.5 واط	أكثر من 0.5 واط
.3	الياج – نايدوميوم (مستمر الطاقة)	1064	القدرة أقل من 620 مايكرو واط	لا يوجد	أقل من 0.5 واط	أكثر من 0.5 واط
.4	الياج–نايدومنيوم(نبضي الطاقة) النبضة 10 نانومتر	1064	الطاقة أقل من 2 مايكرو جول	لا يوجد	كثافة الطاقة أقل من 0.34 جول/سم	كثافة الطاقة أكثر من 0.34 جول/سم
.5	ثاني أكسيد الكربون (مستمر الطاقة)	10.600	القدرة أقل من 800 مايكرو واط	لا يوجد	أقل من 0.5 واط	أكثر من 0.5 واط
.6	الجاليوم ارسنايد (المستمر والنبضي) 10.000 نبضة في الثانية	910	القدرة أقل من 310 مايكرو واط	لا يوجد	أقل من 0.5 واط	أكثر من 0.5 واط

الفصل الرابع

نبذة عن مرض السكري وجروحه_الجانب العملي

1.4 داء السكري:

السكري هو داء العصر وهو الشغل الشاغل للعديد ن البشر, ما انه احتل مساحة واسعة من الحوار والدراسة على الصعيد العلمي والطبي, وقضيته ليست طبية بحتة وإنما لها ابعاد كثيرة نفسية واجتماعية واقتصادة وغير ذلك.

مرض السكري هو خلل في تفاعلات الجسم ناتجة عن نقص في إفراز هرمون مادة الانسولين من البنكرياس او عدم فاعلية الانسولين بعد إفرازه او الاثنين معاً.

مريض السكري جروحه لا تلتئم بسرعه وبسهولة وهذا يرجع لعدة اسباب اولا درجة المناعة ضعيفة مقارنة بالافراد غير المصابين, وارتفاع السكر قد يشكل مناخاً لتولد الجراثيم, وايضاً ضعف الاعصاب المصاحب للحالة يذهب الاحساس بالالم الذي هو صمام الامان.

لهذه الاسباب كان لابد من السعي والبحث لايجاد طرق ناجعة وفعالة لعلاج جروح السكري, وفي هذا تم التعرض على واحد من انجح طرق علاج جروح السكري وهي العلاج بالليزر منخفض القدرة.

2.4 الجانب العملي:

كما علمنا في الفصل الثاني ان الليزر منخفض المستوى يستخدم في التطبيقات الطبية, حيث تم أستحدامه هنا في علاج جروح السكري وان الجهاز المستخدم هو ليزر القدرات المنخفضة (LLLT).

3.4 جهاز (LLLT):

هو جهاز الليزر منخفض المستوى حيث أن الوسط الفعال به هو جاليوم المونيوم ارسنايد . وهو جهاز يقوم بمعالجة العديد من الامراض علماً بأن كل مرض له تردد يناسبه كما موضح بالجدول رقم (1.3.4), حيث يمكن ضبط الجهاز على التردد المعين وذلك عن طريق لوحة المفاتيح الموجودة على سطح الجهاز كما بالشكل رقم (1.3.4).

جدول رقم (1.3.4) : يوضح التردد المناسب لكل مرض

اسم المرض	التردد
الامراض الفيروسية	20 KHZ
حب الشباب	20HZ
الجزر الجلدية	73HZ
الورم القرني	700HZ
جروح السكري	20HZ

شكل رقم (1.3.4): يوضح جهاز (LLLT)

4.4 مكونات الجهاز :

- لوحة تحكم موجودة على سطح الجهاز لضبط التردد .

- مدخلين (probe 1, probe 2) لإدخال المجسات .

- مجسات كل منها له طول موجي معين , حيث يتم اختيار المجس المناسب على حسب نوع الممرض وتنقسم هذه المجسات الى :

مجسات فردية : وهي نوعين, النوع الأول طوله الموجي 820 nm وهو غير مرئي (ازرق) وقدرته 200 mW كما موضح بالشكل رقم (1.4.4) , ويعمل بأطراف الجرح للحد من الاصابة , النوع الثاني طوله الموجي 675 nm وقدرته 30 mW وهو مرئي (احمر) كما موضح بالشكل رقم (2.4.4) , ويوجهه مباشرة نحو الجرح لتطهير الجرح وتعقيمه .

مجس عنقودي : وله عدة اطوال موجية وهي :660 nm , 950nm , 940nm ,890nm , 875nm , 830nm , كما بالشكل رقم (3.4.4), وهو يستخدم في كل حالات الجروح لانه يعمل تغطية عامة لكل مساحة الجرح .

شكل رقم (1.4.4) : يوضح المجس الفردي ذي الطول الموجي 820nm

شكل رقم (2.4.4) : يوضح المجس الفردي ذي الطول الموجي 675nm

شكل رقم (3.4.4) : يوضح المجس العنقودي ذي الاطوال الموجية المتعددة

- اذا كان الجرح فاتح نستخدم اولا المجس الفردي المرئي (الاحمر) لتعقيم وتطهير الجرح ثم نستخدم الغير مرئي (الازرق) واخيرا نستخدم العنقودي .

5.4 طريقة عمل الجهاز :

حُدد التردد من لوحة المفاتيح , ثم حُدد المجس المناسب , ومن ثم طُبق الليزر الخارج من المجس على الجرح , وكُررت العملية عدة مرات وعلى عدة جلسات في كل مرة يتم اختيار المجس المناسب حسب حالة الجرح .

6.4 النتائج :

تم تطبيق ليزر (LLLT) على عدد 20 مريض مصابون بجروح السكري وعلى عدة جلسات كما موضح بالجدول رقم (1.6.4).

جدول (1.6.4) يوضح النتائج

نوع المريض	عدد الجلسات التي تم فيها العلاج
أنثى	7
أنثى	9
ذكر	5
أنثى	3
ذكر	7
ذكر	6
أنثى	9
ذكر	5
ذكر	4
أنثى	8
أنثى	12
ذكر	10
ذكر	3
أنثى	5
ذكر	7
ذكر	15
أنثى	6
ذكر	10
ذكر	3
أنثى	5

7.4 محاكاة توزع الحرارة النتاجة عن العلاج بالليزر على النسيج الحيوي ودراسة معادلة الإنتشار الحيوي

في بحث قامت به الباحثة كوثر شراب بمجلة جامعة دمشق [13] حيث قامت بدراسة توزع درجة الحرارة على سطح الجلد عند تسليط اشعة الليزر, ومحاكاة عينات من آفة متشكلة على سطح الجلد ضمن نموذجين ثلاثي الابعاد باستخدام برنامج FEMLAB3.2 الذي يعتمد طريقة العناصر المنتهية في حل معادلات الانتشار الحراري, إذ تدخل قيم مختلفة من العولمل الفيزيائية (القدرة, الزمن, البعاد بقعة الليزر) على نماذج المحاكاة وتحل باستخدام معادلة انتشار الحرارة الحيوية لحدد الجرعة المناسبة المطلوب تطبيقها على المنطقة المعالجة دون إلحاق الضرر بالنسيج السليم المجاور.

1.7.4 مواد البحث وطرائقة:

استخدم في هذا لبحث برنامج FEMLAB3.2 الذي يعتمد على طريقة العناصر المنتهية, من خلال البرنامج سيجرى محاكاة العينات النظرية المدروسة للحصول على الشكل الهندسي الثلاثي (شكل رقم 1.2.7.4) وإدخال معادلة الانتشار الحيوي وتغير العوامل الفيزيائية (القدرة, الزن, ابعاد بقعة الليزر) فيقوم البرنامج بحلها, وبذلك نستطيع تحديد القيم المناسبة لتطبيق الليزر دون إلحاق أي ضرر بالنسيج السليم المجاور.

2.7.4 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, وسوف نناقش النموذج عدديا باعتبار انتشار الحرارة يتم في بعد واحد.

$$\rho_t C_t \frac{\partial T_t}{\partial t} = k\frac{\partial^2 T_t}{\partial X^2} + \omega_b C_b \rho_b (T_a - T_t) + Q_m + Q_r(x,t) \qquad (1)$$

إذ:

P_t كثافة النسيج, Ct الحرارة النوعية للنسيج, K التوصيل الحراري للنسيج, **Cb** الحرارة النوعية للدم,P_b كثافة الدم, W_bمتعلق بحد التدفق الدموي, T_a درجة حرارة الدم الشرياني, Tt درجة حرارة النسيج, Q_m درجة الحرارة المتولدة من العمليات الاستقلابية, Qt مصدر الحرارة الخارجي, X هي المسافة من سطح الجلد وحتى داخل الجسم.

وتكتب الشروط كما يأتي:

عند سطح الجلد إذ X=0

$$-k\frac{\partial T_t}{\partial x} = Q_1(t) \qquad (2)$$

إذ Qt هي مقدار تدفقالحرارة على السطح وهي متغيرة مع الزمن.

وبما ان حرارة الجسم الداخلية تكون ثابتة إذ X=L

$$T_t(x,t) = T_c \qquad (3)$$

$$k\frac{\partial^2 T_t(x,0)}{\partial X^2} + \omega_b C_b \rho_b [T_a - T_t(x,0)] + Q_m = 0 \qquad (4)$$

$$T_t(x,0) = T_c\,,\quad X=L$$

$$-k\frac{dT_t(x,0)}{dx} = h_0[T_s - T_t(x,0)]\,,\quad X=0 \qquad (5)$$

درجة الحرارة الابتدائية يمكن حلها وفق المعادلة (4) والشروط الحدودية لها وفق المعادلة (5)

تعرف المسافة على سطح الجلد X=0 وفي داخل الجسم X=L.

$$T_t(x,0) = T_a + \frac{Q_m}{\omega_b \rho_b C_b} + \frac{\left[T_c - T_a - \frac{Q_m}{\omega_b \rho_b C_b}\right][\sqrt{A}\cosh(\sqrt{A}x) + \frac{h_0}{k}\sinh(\sqrt{A}X)}{\sqrt{A}\cosh(\sqrt{A}L) + \sinh(\sqrt{A}L} + \frac{\frac{h_0}{k}\left[T_s - T_a - \frac{Q_m}{\omega_b \rho_b C_b}\right].\sinh(\sqrt{A}(L-X)}{\sqrt{A}\cosh(\sqrt{A}L) + \frac{h_0}{k}\sinh(\sqrt{A}L)} \qquad (6)$$

إذ

$$A = \frac{\omega_b \rho_b C_b}{k}$$

وبتطبيق التحويلات

$$T_t(x,t) = T_t(x,0) + R(X,t)\exp[-\frac{\omega_b \rho_b C_b}{\rho_t C_t}] \qquad (7)$$

تصبح المعادلة (1) كما يأتي:

$$\frac{\partial R}{\partial t} = \alpha\frac{\partial^2 R}{\partial X^2} + \frac{Q_r(x,t)}{\rho_t C_t}\exp(\frac{\omega_b \rho_b C_b}{\rho_t C_t}) \qquad (8)$$

إذ α الانتشار الحراري للنسيج الحيوي:

$$a = \frac{k}{\rho_t C_t}$$

وتصبح الشروط الحدودية كما يأتي:

$$X = 0: \quad -k\frac{\partial R}{\partial x} = \psi 1(t)$$

X=L: R=0,

t=0: R(x,t)=0

$$\psi 1(t) = \left[k\frac{dT_t(x,0)}{dx} + \emptyset 1(t)\right]\exp\left[\frac{\omega_b \rho_b C_b}{\rho_t C_t}\right]H(t) \qquad (9)$$

H(t)=0, t<0

H(t)=1, t>0

اخيراً تحل T(x,t)وفق المعادلة الآتية:

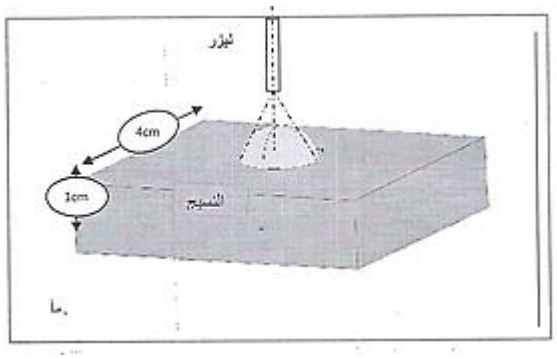
$$T_t(x,t) = T_t(x,0) + R(X,t)\exp[-\frac{\omega_b \rho_b C_b}{\rho_t C_t}] \qquad (10)$$

t=0s , T0=32

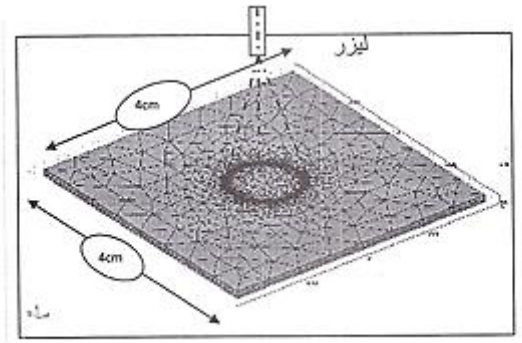
$$Q_r = (\frac{\mu_a * P}{A_s}) * e^{-\mu_a * l} \qquad (11)$$

Qr مصدر الحرارة الخارجي، μ_a معامل الإمتصاص P قدرة الليزر، A_s مساحة بقعة الليزر.

شكل (1.2.7.4) نموذج الدراسة الأول المستخدم لتفاعل النسيج الحيوي مع الليزر



شكل(2.2.7.4) الليزر يسخن سطح الجلد بشكل دائري



في النموذجين السابقين سلطت اشعة الليزر على السطح الخارجي, وعدت قاعدة النموذج داخل الجسم, حيث ادخلت قيم ثابتة من القدرة وابعاد بقعة الليزر وغير الزمن.

أُدخلت الثوابت المعطاة وفق الجدول (1.2.7.4)

جدول رقم(1.2.7.4) الثوابت والرموز المستخدمة في الدراسة

الوصف	القيمة	الثوابت
كثافة النسيج الدموي	1000 Kg/m^3	_blood
الحرارة النوعية للنسيج الدموي	4200 J/Kg.K	C_b
درجة حرارة الدم الشرياني	37^0 C (310.15K)	T_b
التوصيل الحراري للجلد	0.5 W/m.K	K_t
كثافة النسيج لى سطح الجلد	1000 Kg/m^3	_tissue
الحرارة النوعية للجلد	4200 J/Kg.K	C_t
معدل التروية الدموية للجلد	0.0005 ml/s/ml	W_b
التوصيل الحراري للورم	o.5 W/m.K	K_tumor
كثافة النسيج	1050 Kg/m^3	_tumor

C_tumor	3600 J/Kg.K	السعة الحرارية للنسيج
W_b_tumor	6e−31/s	معدل التروية الدموية للورم
Q_r	W/m^3	مصدر الحرارة الخارجي
r (x,y,z)	M	طول انتشار ضوء الليزر
T_0	37 T^0 C	درجة حرارة الجسم
H_{conv}	$10W/m^2.K$	معامل الانتقال الحراري
T_s	23^0 C (296.15K)	درجة حرارة الجو الخارجي
μ_a	$500cm^{-1}$	معامل الامتصاص للجلد
P	W	القدرة
	Mm	ابعاد بقعة الليزر
A_s	mm^2	مساحة بقعة الليزر
Q_{met}	33800 W/m^3	مصدر الحرارة الاستقلابية

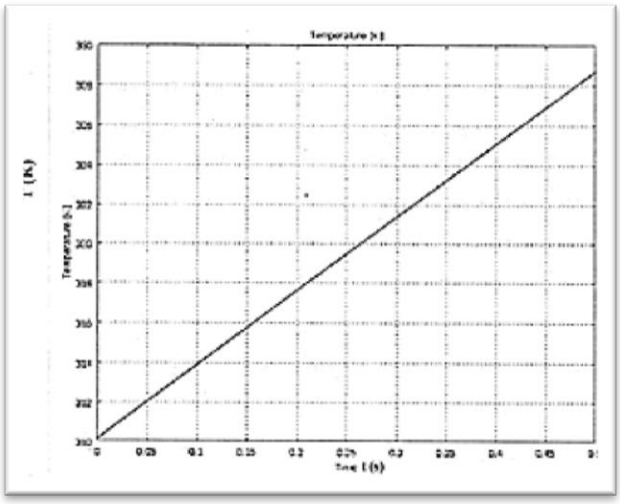
3.7.4 النتائج الحسابية للنموذجين:

ثبتت ابعاد بقعة الليزر 5mm والقدرة 0.5W اختبرت هاتان القيمتين مع تغيير الزمن وكانت النتائج مذكورة في الجدول(1.3.7.4).

جدول رقم(1.3.7.4) تغير درجة الحرارة بتغير ابعاد بقعة الليزر

	أبعاد بقعة الليزر 5mm		
القدرة (W)	0.5	0.5	0.5
Q_r $(W/m^{3)}*10^{10}$	0.33	0.33	0.33
الزمن (s)	0.5	1.0	1.5
اعلى درجة حرارة (K)	350	390	430

رسم بياني(1.3.7.4)يوضح العلاقة بين الزمن ودرجة الحرارة



8.4 تجربة تسليط ليزر انديك على الماء والزيت

هدفت هذه التجربة لدراسة تاثير ليزر الانديك على الماء والزيت واثبات وجود علاقة طردية بين زمن تعرضهما لليزر ودرجة حرارتهما.

1.8.4 الأجهزه والأدوات:

جهاز ليزر انديك كم موضح بالشكل رقم (1.1.8.4)_ثيرمومتر_كأس زجاجي_ماء_زيت_ساعة ايقاف.

شكل(1.1.8.4): جهاز ليزر انديك

نبذة عن الجهاز

اسم الجهاز Dornier Medtech الشركة المصنعة Dornier Mediles Firbertom 5100 صناعة المانية, يعمل هذا الجهاز بنمط تشغيل نبضي ومستمر في المنطقة المرئية وغير المرئية من الطيف بقدرة تتراوح بين 10_60 واط هذه القدرة تؤثر وبصورة مباشرة على العين والجلد (لذلك يتم لبس النظارة الخاصه). لكي يعمل الجهاز يتم فتح المصدر الكهربائي اولاً ثم فتح الجهاز, هناك شاشة صغيرة على الجهاز يتم فيها ضبط القدرة وتحديد نمط التشغيل ومن ثم يضغط على زر البداية لخروج شعاع الليزر عبر الليف الضوئي.

2.8.4 النظرية:

$\Delta Q = M\ C\ \Delta T$

$P.\Delta t = (\Delta Q \div \Delta t).\Delta t$

$Mc\ (\Delta T \div \Delta t).\ \Delta t = p.\ \Delta t$

$Mc\Delta T = P\Delta t$

$\therefore \Delta T$ à Δt

حيث:
ΔQ تمثل التغير في كمية الحرارة
ΔT تمثل التغير في درجة الحرارة
Δ t تمثل التغير في الزمن
m تمثل كتلة السائل
c تتمثل الحرارة النوعية
p تمثل القدرة

3.8.4 الطريقة:

وُضع مقدار من الماء البارد على كأس زجاجي, وقيست درجة حرارة الماء, وبعد تثبيت القدرة سُلط ضوء ليزر الانديك على الماء لمدة 5 دقائق ومن ثم قيست درجة حرارة الماء كُررت العملية السابقة عدة مرات, وكررت التجربة على ماء في درجة حرارة الغرفة العادية وكررت التجربة ايضاً على الزيت. ودُونت النتائج في الجداول ادناه.

4.8.4 النتائج:

جدول رقم(1.4.8.4) نوع المادة: ماء بارد , كمية الماء: 50ml , قدرة الليزر 30 w

الزمن / الدقائق	درجة الحرارة/ c^0
0	0
5	0
10	3
15	5
20	9
25	11
30	15
35	19
40	25

جدول رقم(2.4.8.4) نوع المادة: ماء في درجة حرارة الغرفة , كمية الماء: 50ml , قدرة الليزر 30 w

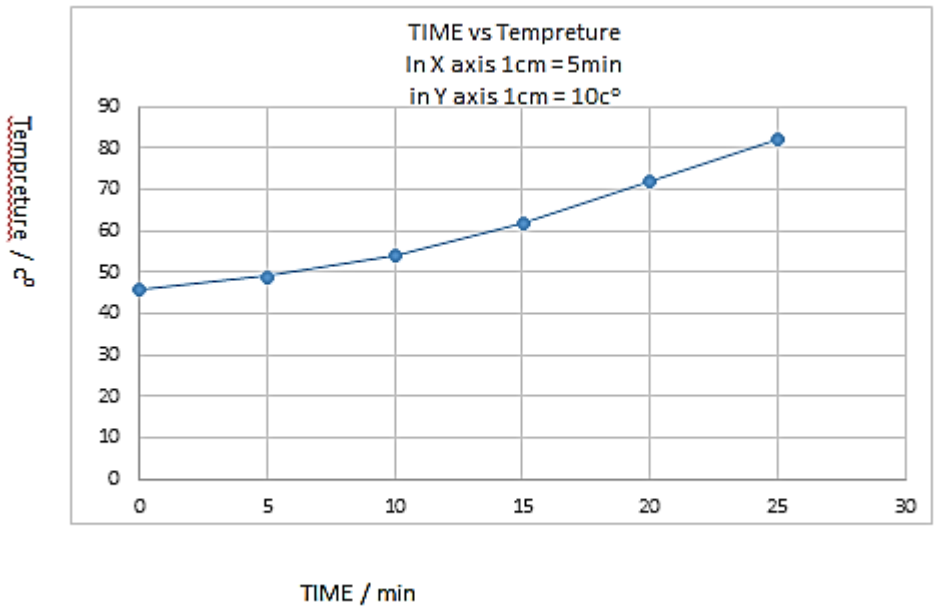
الزمن / الدقائق	درجة الحرارة/ c^0
0	45
5	48
10	52
15	59
20	65
25	74
30	78
35	87
40	94

جدول رقم(3.4.8.4) نوع المادة: زيت , كمية الزيت : 50ml , قدرة الليزر 30 w

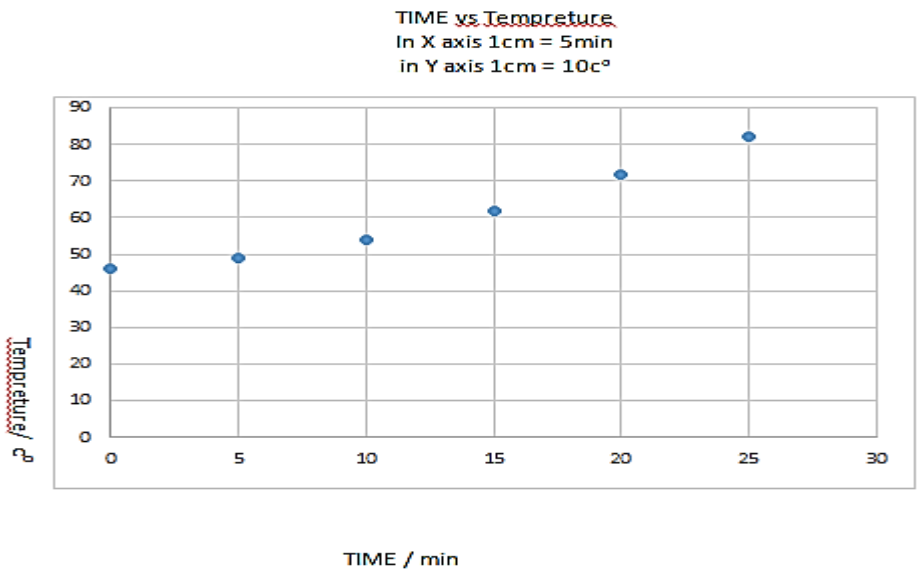
الزمن / الدقائق	درجة الحرارة/ c^0
0	10
5	16
10	25
15	35
20	44
25	56
30	63
35	72
40	84

5.8.4الرسومات البيانية:

رسم بياني(1.5.8.4) يوضح العلاقة بين زمن تعرض الماء في درجة حرارة الغرفة لليزر ودرجة الحرارة



رسم بياني(2.5.8.4) يوضح العلاقة بين زمن تعرض الزيت لليزر ودرجة الحرارة



9.4المناقشة:

هدفت هذه الدراسة لمعرفة تأثير شعاع الليزر وفعاليتة في علاج جروح السكري من منظور فيزيائي. ولهذا السبب تم دراسة الباحثة كوثر شراب من بند(7.4) التي درسة علاقة توزع الحرارة وتسخين النسيج بفعل الليزر وعلاقة هذا التسخين بقدرة الليزر وزمن التعريض. وتوصلت الى ان زيادة قدرة الليزر أو زمن التعريض تؤدي لزيادة درجة حرارة النسيج التي اوضحت بعض الدراسات أن لها علاقة ببعض آليات علاج جروح السكري, وللتأكد من فعل الحرارة الليزري اجريت تجربة كما هو مبين في بند (8.4) للتعرف على تأثير الليزر على الانسجة, ولان جسم الانسان مكون معظمه من ماء وجزء منه دهون فقد اجريت التجربة على الماء والزيت. حيث سلط شعاع الليزر على الماء والزيت بأزمنة تعريض مختلفة وبينت العلاقات البيانية (1.5.8.4) و (2.5.8.4) ارتفاع درجة الحرارة بزيادة زمن التعريض مما يتفق مع دراسة الباحثة كوثر شراب. واخيرا قد اتضح من هذه الدراسة ان الليزر فال في علاج جروح السكري وهذا يتفق مع دراسة الباحث هنادي عبد اللة وكذلك مع دراسة الباحث محمد صالح مختار المذكوريين في بند(1.1).

10.4 الخاتمة:

توضح هذه الدراسة فعالية الليزر في علاج جروح السكري واهمية التأثير الحراري في العلاج.

التوصيات :

- يجب انشاء هيكل اشرافي لضم الجهات المختصة بالابحاث الليزرية و المعامل المختبرية فيما يخص التجارب .
- العمل على نشر الوعي الطبي بالليزر بكل السبل المتاحة لاستعمالة في العلاج وتبصير المرضى.
- تاهيل المعامل الليزرية بتوفير الدعم المالي المتاح لتنفيذ مثل هذه التجارب.
- المشاركة في السمنارات والاجتماعات الداخلية و الخارجية لأكتساب خبرات وتبادل المعلومات في عمل الليزر .
- التدريب للأطر الفنية العاملة في مجال الليزر .
- عمليات علاج جروح السكري بالليزر يجب ان تجد رعاية من قبل المسؤليين ومن يختص في هذا المجال .

نحن لا نتكلم عن خيالات علمية أو احلام بل نتحدث عن واقع تقني بدأ الانسان في التدرب عليه منذ اكثر من عشرين عاماً و اصبح التطور فيه مذهلا و فريدا ليكون علماً وهو علم الليزر و تطبيقاته عن التشعب المذهل في التصميم و القدرات جارفاً معه الكثير من الباحثين والعلماء وحتى انه قبل ان ينتهي عصرنا هذا سوف لا يسمى بعصر الذرة او الفضاء بل عصر الليزر.

من هنا انطلقت فكرة إستعماله في علاج جروح السكري وهي الهدف لإيجاد الحلول و العلاج البديل وتخفيف المعاناة عن المرضى .

ونتمنى من الله ان يوفق كل من اراده ان يضع بصمة في هذا المجال .

ونسال الله السلام والله المعين,,,

المراجع :

[1] غازي ياسين القيسي_اساسيات البصريات والليزر _دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة_2009م.

[2] Hanadi Abdalla Elamin_ Effect Of Low Level Laser Theraby on Chronic Diabetic Foot Ulcer Healing_ M.SC Thesis_Sust(october.2006).

[3] Mohamed Salih Mukhtar_ Use Of Diode Laser For Treatment Of Cutaneous Leishmaniasis_ M.SC Thesis_Sust(2011) .

[4] دكتور احمد الناغي ودكتور رشا فؤاد السيد _أشعة الليزر واستخداماتها في الطب دار الفكر العربي 2001 م.

[5] خالد عبدالحميد الخطيب ووليد خلف حمودي_ضوئيات الكم والليزر_المكتبة الوطنية ببغداد_1989م.

[6] سي.بي.هتز_ترجمة صالح نووي صالح وهشام محمد أحمد الراوي_مفاهيم تكنولوجيا الليزر_1984 م.

[7] أورازيو زقلتو_ترجمة صبيحة شريف عبدالله ومنعم مشكور_مبادئ الليزرات_دار الكتب للطباعة والنشر_1988 م .

[8] زيدان اسعد_مبادئ الليزر وتطبيقاته_اكاديمية الاسر للهندسة العسكرية_1998م.

[9] فاروق بن عبدالله الوطبان_الليزر وتطبيقاته_دار المريخ للنشر_1987م.

[10] http://www.hazemsaeek.com/physics Lectures/laser/laserlectures

[11] Stephen N.Joffe _ترجمه رياض عزيز مرزه _الليزر في الطب.

[12] سهام عفيف قندلة_الليزر وألاسس الفيزيائية وبعض التطبيقات العملية_الطبعة الأولى_دار الشئون الثقافية العامة_1991م.

[13] كوثر شراب_محاكاة توزع الحرارة الناتجة عن العلاج بالليزر على النسيج الحيوي ودراسة معادلة الانتشار الحيوي_مجلة جامعة دمشق للعلوم الاساسية_العدد الاول_2014م.