الفصل الخامس

أنواع الليزر

صنفت انواع الليزر حسب المادة الفعالة المستخدمة وهي :

1- ليزر الحالة الصلبة
2- ليزر الحالة السائلة
3- ليزر الحالة الغازية
4- ليزر شبه الموصل
5- الليزر الكيمياوي
6- ليزر الالكترون الحر

وعلى الرغم من كون الوسط الفعال في ليزر شبه الموصل هو مادة بحالة صلبة الا ان جوهر عمل هذا النوع من الليزر يختلف تماما عن ليزر الحالة الصلبة وكذلك يختلف الليزر الكيمياوي عن كل هذه الاصناف في ميكانيكية ضخ الطاقة اليه.

ليزر الحالة الصلبة

يكون الوسط الفعال فيه عبارة عن بلورة عازلة او قطعة زجاج لها خطوط طيفية حادة وهي مواد صلبة شفافة شديدة التماسك تقاوم الحرارة . وتعمل الايونات المطعمة والمتواجدة بنسب قليلة (0.01- 0.1) في البلورات الايونية كوسط فعال . تكون مادة الليزر الصلبة على شكل قضيب (طوله 6 سم وقطر 6 ملم) صقل طرفاه ليصبحا على درجة عالية من النعومة والتوازي ويدعى بقضيب الليزر الذي يوضع بين مرآتين متقابلتين (اويطلى طرفاه ليشكلا مرآتي المرنان) ويضخ بصريا باستخدام مصباح ومضي والذي غالبا ما يكون ذو تصميم لولبي يحيط بقضيب الليزر

ان الانتقالات المستخدمة تتضمن مستويات تعود الى القشرة الداخلية غير المملؤة لهذه الايونات وبالتالي لا تتأثر بشدة بمجال البلورة مما يجعلها انتقالات حادة (اي ان قيمة σ عالية وقيمة τ لها طويلة نسبيا) بهذا يكون معدل الضخ عند العتبة واطيء نسبيا .

$$G = -\alpha = \sigma (N_2 - N_1)$$

$$N_{th} = N_2 - N_1 = \frac{R_{th}}{A_{21}} = R_{th}\tau_2$$

ويكون نتاج الليزر نبضي في معظم الحالات بسب كون الضخ البصري ومضي وطول موجة هذا النوع من الليزر يقع في المدى القريب من الاشعة تحت الحمراء (1- 2.6 مايكرومتر) . كذلك يمكن الحصول على ليزر مستمر باستخدام مصدر ضوئي ذو نتاج ثابت الطاقة في عملية الضخ.

1. ليزر الياقوت

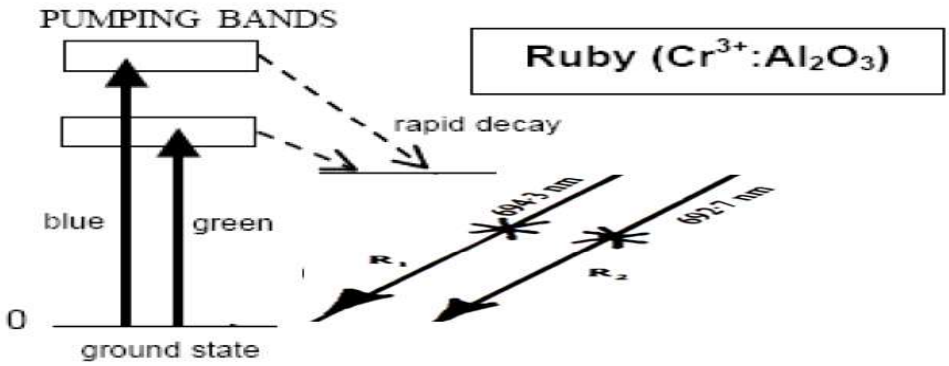
أكتشف عام 1960 والوسط الفعال هو بلورة الياقوت *(Ruby)* وهي عبارة عن أوكسيد الألمنيوم Al_2O_5 المطعم بأيونات الكروم *(Cr+3)* بنسبة تطعيم حوالي *(5%)* من الوزن الكلي بتركيز أيونات فعالة حوالي $10^{22}\ m^{-3}$. يكون لون البلورة أحمر وقطر بلورة الياقوت يتراوح ما بين (*1-20 mm*) وطولها (*50 -100 mm*) .

اما الاشعاع اللازم للضخ البصري فيقع في مدى الضوء الصادر من مصباح الزينون *xe* الومضي بضغط 600 ملي بار.

ويعمل بنظام المستويات الثلاثية *(Triple-Level System)* ويحتاج تبريد جيد جد ا ونمط التشغيل نبضي والطول الموجي لشعاع الليزر الخارج (694.3 *nm*)الأقوى(و (692.7 *nm*)

كذلك يمكن تشغيل ليزر الياقوت بموجة مستمرة *CW* اذا ما استخدم للضخ مصدر ضوئي ثابت الشدة مثل مصباح زئبقي بضغط عالي او باستخدام ليزر اخر.

ويستخدم ليزر الياقوت في تطبيقات عملية مثل التصوير المجسم وتجارب تعيين المدى



الشكل 5-1 :مخطط مستويات الطاقة لايونات الكروميوم في البيئة البلورية ذو الثلاث مستويات

علل:تكون ليزرات الحالة الصلبة ذات قدرات عالية جدا ؟

جواب:

لأن تركيز الأيونات الفعالة التي تنتج الليزر يكون كبيرا $(10^{22}\text{-}10^{25})cm^{-3}$ وتسمى هذه نسبة التطعيم .بينما يكون تركيز الأيونات الفعالة في أحسن الحالات $(10^{18}\text{-}10^{20})cm^{-3}$ في الحالة السائلة والغازية.

سؤال:ما هي الوظيفة الأساسية للبلورة التي تحتضن الأيونات الفعالة في ليزرات الحالة الصلبة؟

جواب:هنالك ثلاث وظائف أساسية للبلورة الحاضنة هي أنها تمثل وسط مستقر تتوزع فيه الأيونات الفعالة وهذا يحدد قدرة شعاع الليزر الخارج .كما أنها تحدد كثافة الأيونات الفعالة(نسبة التطعيم .)وكذلك فإن نوع البلورة يؤثر على الطول الموجي لشعاع الليزر الخارج.

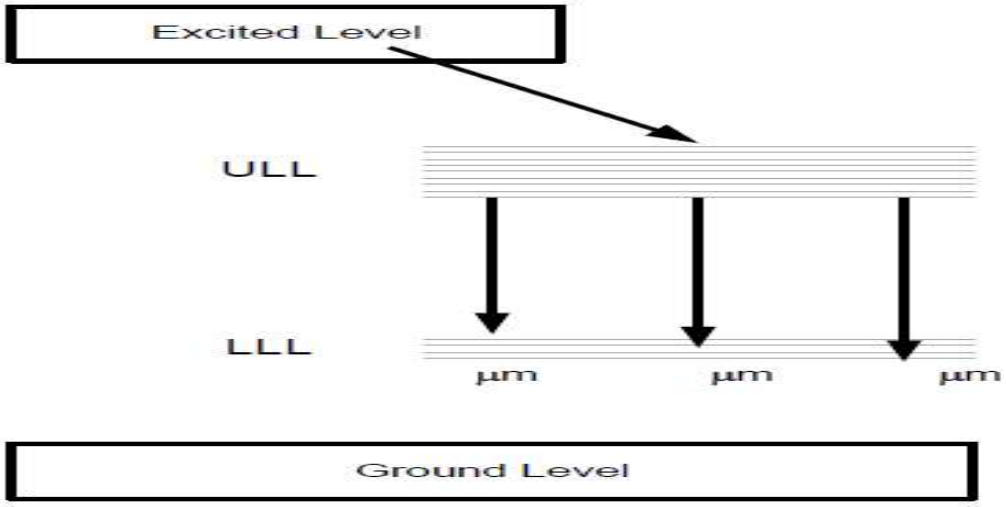
2. ليزر النيودميوم

هو الليزر الاكثر شيوعا لأنواع ليزر الحالة الصلبة ويعمل بخطة ضخ ذو اربع مستويات وهو على نوعين :

- ليزر النيوديميوم-ياك (*Neodymium:YAG*)

يعتبر واحد من أهم أنواع الليزرات عموما وقد أكتشف عام 1964 الوسط الفعال هو بلورة الياك *(YAG)* وهي عبارة عن أوكسيد اليتريوم ألمنيوم $(Y_3Al_5O_{12})$ المطعم بأيونات النيوديميوم (Nd^{+3}) بنسبة تطعيم لا تتجاوز *(1.5%)*. يكون لون البلورة أرجواني .يتم الضخ باستخدام المصباح الوميضي بكفاءة لا تتجاوز *(1.5%)* أو باستخدام ليزر أشباه الموصلات بكفاءة تصل إلى *(70%)* ويحتاج تبريد جيد ونمط العمل مستمر ونبضي .الأطوال الموجية لشعاع الليزر الخارج ثلاثة هي *(1.4µm)* و(*(1.06 µm)* الأقوى و *(0.9 µm)*

تمتاز بلورة الياك بمقاومة عالية ضد التلف وصلادة ضد الكسر ونوعية بصرية عالية.



الشكل 2-5

- ليزر النيدميوم-زجاج (*Neodymium:Glass*)

الوسط الفعال هو الزجاج المطعم بأيونات النيديميوم (Nd^{+3}) بنسبة تطعيم تصل إلى (6 %) يكون لون البلورة أرجواني .و أبعاد البلورة من بضعة مايكرون الى طول 2 متروقطر 8 سم .

ويتم الضخ باستخدام المصباح الوميضي بكفاءة لا تتجاوز (1.5 %) أو باستخدام ليزر أشباه الموصلات بكفاءة تصل إلى (70 %) ويعمل بنظام المستويات الرباعية وتحتاج تبريد جيد .ونمط العمل نبضي الأطوال الموجية لشعاع الليزر الخارج ثلاثة هي *(1.4µm)* و(*(1.06 µm)* الأقوى و*(0.9 µm)* .لليزر النديميوم تطبيقات عديدة في تصنيع المعادن وتعيين المدى والجراحة الليزرية

ليزرات الحالة السائلة (ليزر الصبغة) *(Dye Lasers)*

اكتشف عام 1965 و الوسط الفعال فيه عبارة عن صبغة عضوية *(Organic Dye)* مذابة في محلول مناسب مثل الماء أوالكحول الأثيلي وغيرها.تكون جزيئة الصبغة كبيرة الحجم مقارنة بالجزيئات الصلبة والغازية.ويتضمن كل مستوى إلكتروني في جزيئة الصبغة عددا كبيرا من المستويات الدورانية والاهتزازية بحيث تصبح المستويات الإلكترونية عريضة نسبيا وعند انتقال جزيئة الصبغة المتهيجة من مستوى إلكتروني عال إلى مستوى إلكتروني واطئ فان الطول الموجي المنبعث يعتمد على فرق الطاقة بين المستويات الثانوية (الدورانية والاهتزازية) لكلا المستويين الإلكترونيين وبذلك يمكن الحصول على شعاع الليزر بأطوال موجية متعددة بحيث يكون خط الطيف الليزري عريضا ولتقليل عرض الخط الطيفي لنتاج ليزر الصبغة تستخدم المواشير ومحززات الحيود ضمن منظومة الليزر ويمكن توليف ليزر الصبغة للحصول على طول موجي واحد من حزمة الليزر ليتذبذب داخل المرنان ويشتت الأطوال الموجية الأخرى خارج المنظومة للحصول على شعاع الليزر بطول موجي واحد .

ويعمل بنمط مستمر ونبضي ومصدر الضخ يتم باستخدام المصباح الوميضي *(Flash Lamp)* كما في ليزرات الحالة الصلبة. يمكن أن يتم ضخ الوسط الفعال باستخدام شعاع ليزر آخر مثل ليزر بخار النحاس *(Cu-vapor Laser)* وهذه الطريقة تكون ذات كفاءة أعلى من طريقة الضخ بالمصباح الوميضي.

تستخدم ليزرات الصبغة الأبحاث العلمية كالدراسات الطيفية والكيمائية الضوئية وفصل النظائر الكيميائية وخاصة نظائر اليورانيوم.

تمتازليزرات الحالة السائلة بما يلي:

1. إ مكانية الحصول على حزمة عريضة من الأطوال الموجية لليزر وهذا يسمى *(Tuning)* التنغيم
2. سهولة تكوين الوسط الفعال (إذابة الصبغة في المحلول)
3. إ مكانية تغيير تركيز الصبغة بسهولة(تقليله بتخفيف المحلول أو زيادته بتركيز المحلول)
4. لا توجد عيوب بلورية
5. سهولة عملية التبريد من خلال تحريك المحلول

مساوئ ليزرات الحالة السائلة هي:

1. عدم الاستقرار بسبب حركة السائل
2. يمكن أن يسبب المذيب إلى منع توليد الليزر
3. تتأثر بالحرارة بشكل كبير جدا
4. تتحلل الصبغة عند تعرضها إلى الضوء

من أبرز أنواع ليزرات الصبغة:

1. ليزر الصبغة رودامين *G* 6 *(R6G)* ويبعث في المدى (570-610) *nm*
2. ليزر الصبغة رودامين *B (RB)* ويبعث في المدى (605-635) *nm*
3. ليزر صبغة الكومارين *(Coumarin)* ويبعث في المدى (400-*575*) *nm*
4. ليزر صبغة البوليميثان (*Polymethane*) ويبعث في المدى (710- 950) *nm*

ليزر الحالة الغازية (Gas Lasers)

الوسط الفعال هو عبارة عن أنبوب من الزجاج أو السيراميك يحتوي على غاز واحد مثل ليزرات الأركون والزينون والهيدروجين والنيتروجين أو خليط من غازين مثل ليزرات الهيليوم-نيون وفلوريد الهيدروجين وكلوريد الزينون أو خليط من أكثر من غازين مثل ليزرات. *CO2:N2:He*

كما تقسم الليزرات الغازية إلى أنواع عديدة حسب آلية توليد الليزر إلى:

1. ليزرات الغازات المتعادلة مثل*(He-Cd) (He-Ne)*
2. ليزرات الغازات الأيونية مثل *(Ar+)* و*(Kr+)*
3. ليزرات الغازات الجزيئية مثل *(CO2)* و*(KrF)*

يكون تركيز الذرات أو الجزيئات حوالي $(10^{18}\text{-}10^{19})m^{-3}$ لذلك يكون حجم منظومة الليزر الغازي أكبر من حجم منظومة ليزر الحالة الصلبة.

لا يمكن ضخ الليزر الغازي باستخدام المصباح الوميضي لأن نطاق الامتصاص للغاز يكون ضيقا جدا وبالتالي عملية الضخ تكون غير كفوءة. ومصدر الضخ هو عبارة عن مجهز قدرة كهربائية يقوم بتحويل القدرة الكهربائية إلى قطبين كهربائيين في الأنبوب(الأنود والكاثود) الذي يحتوي على الغاز(أو الغازات) فيحدث التفريغ الكهربائي للغاز(توليد البلازما) ويتولد الليزر.

يمكن أن يتم تبريد أنبوب التفريغ الكهربائي من خلال مرور ماء أو هواء بارد حول الأنبوب أو من خلال ضخ الغازات(أو الغازات) بسرعة كبيرة إلى داخل أنبوب التفريغ.

عادة تكون مرايا الليزر الغازي ملصوقة على أنبوب التفريغ كما يمكن فصلها عنه.

- ليزر الهيليوم-نيون*(Helium-Neon)*

هو عبارة عن نوع من ليزر الغاز يستخدم أنبوبة من زجاج الكوارتز والوسط الفعال خليط من غازي الهيليوم والنيون بنسبة 1:10 موضوعين في أنبوبة زجاجية طولها *(10-80)cm* وقطرها *(2-10)mm* تحت ضغط (0.6 *mm Hg*) ومرأتان مستويتان متوازيتان ومتعامدتان على محور الانبوبة إحداهما عاكسة والأخرى شبة منفذة بالإضافة إلى مجال كهربائى عالى التردد أو فرق جهد مستمر يسلط على الغاز داخل الانبوبة لإحداث تفريغ كهربى و إثارة ذرات الغاز.يعتبر هذا الليزر مهما لأنه قليل الكلفة وكثير الاستخدامات ويعمل بنمط مستمر*(CW)* وليس خطر عند الاستخدام الطول الموجي الخارج هو *(632.8nm)* في المنطقة الحمراء

طريقة العمل

1- يعمل فرق الجهد على إثارة ذرات الهيليوم المثارة إلى مستويات طاقة أعلى

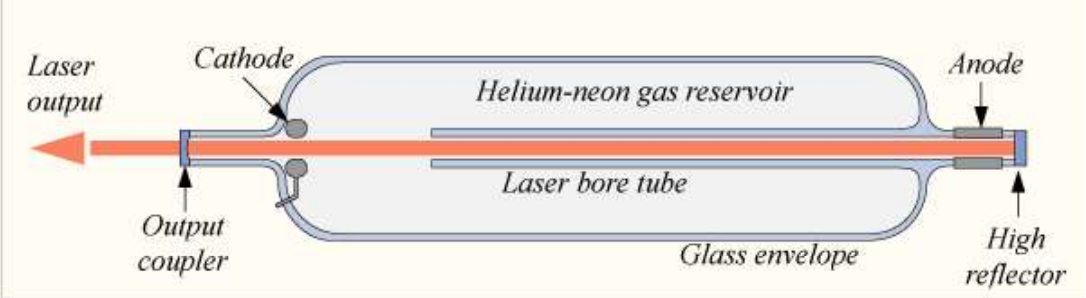
2-عند تصادم ذرات الهيليوم المثارة مع ذرات النيون غير المثارة تحدث إثارة لذرات النيون نتيجه تقارب قيم طاقه مستويات اثارتهما ويتحقق التأهيل المعكوس لذرات النيون حيث تتراكم في مستوى الإثارة شبه المستقر (فترة العمر له كبيرة نسبيا حوالى 0.001 ثانية

3-تهبط بعض ذرات النيون تلقائيا إلى مستوى ادنى وتنتج فوتونات طاقتها تساوى الفرق بين طاقتى المستويين تقوم بحث ما بقى من ذرات النيون في المستوى شبه المستقر لكى يحدث انبعاث مستحث

4-تحدث انعكاسات متكررة تبادلية للفوتونات التي تتحرك موازية لمحور الانبوبة على المرآتين في نهايتى الانبوبة (التجويف الرنينى) فيحدث تضخيم لهذا الإشعاع

5عندما تصل شدة الإشعاع إلى حد معين يخرج جزء منه من خلال المراة العاكسة جزئيا على شكل شعاع ليزر ويبقى باقي الإشعاع داخل الانبوبة لتستمر عملية الانبعاث و إنتاج الليزر

6-ذرات النيون تعود لتثار بالتصادم مع ذرات الهيليوم التي بدورها تثار بفعل التفريغ الكهربي داخل الانبوبة وهكذا..



الشكل 5-3 مخطط لمنظومة ليزر الهيليوم-نيون

الاستخدامات

يستخدم في المختبرات العلمية واغراض الترصيف وقراءة الرموز وغيرها

- **ليزر ايون الأركون Ar^+ (*Argon Ion*)**

الوسط الفعال هو غاز الأركون المتأين وله طولين موجيين خارجين هما الازرق *488 nm* والأخضر المزرق 514.5 *nm* طول أنبوب التفريغ *m* (1-2) وتيار التفريغ الكهربائي بحدود *50 A* وفولتية مقدارها *(250V)* والتبريد يتم بواسطة الماء يتم تأهيل المستوى الأعلى لأنتقال الليزر بعمليتي تصادم متتاليتين مع الألكترونات الناتجة من التفريغ الكهربائي فالتصادم الأول يؤين الذرة والثاني يحرض هذا الايون .يستخدم في التطبيقات الطبية وخاصة جراحة العيون وكذلك في ضخ ليزرات أخرى مثل ليزر الصبغة.

- **ليزر ثنائي أوكسيد الكاربون(*CO2 Laser*)**

الوسط الفعال هو عبارة عن خليط من غازات ثنائي أوكسيد الكاربون*(CO2)* والنيتروجين *(N2)* والهيليوم *(He)* بنسب معينة . يوضع الخليط في أنبوب زجاجي يحتوي قطبين كهربائيين(الكاثود والأنود)ويتم تسليط الجهد الكهربائي على خليط الغازات بين القطبين فيتولد الليزر من غاز CO_2 أما دور غاز النيتروجين فهو تحسين عملية الضخ(عملية انتقال الطاقة الرنيني) أما دور غاز *He* فهو تبريد غاز *CO2* ويمكن ان يعمل هذا الليزر بالنمط المستمر والنبضي وينتج قدرات عالية جدا . يستخدم هذا الليزر في مجالات كثيرة جدا في عمليات القطع واللحام والجراحة الطبية وتحديد المدى وهو أكثر أنواع الليزرات استخدام وتصل كفاءة هذا الليزر إلى حوالي *(30 %)* وهي كفاءة عالية مقارنة بباقي أنواع الليزر .ويبعث مجموعة من الأطوال الموجية ما بين .(9.2 – 10.8) مايكرومتر ولكن الطول الموجي الأقوى هو $10.6\mu m$

هنالك ستة أنواع من هذا الليزر هي:

1. ليزر الجريان الطولي والتفريغ المحوري *(Longitudinal-Flow Axial- Discharge CO2 Laser*
2. ليزر الجريان السريع *(Fast Flow CO2 Laser)*
3. ليزر الأنبوب المختوم *(Sealed-off CO2 Laser)*
4. ليزر التهيج المستعرض للغاز *(TE CO2 Laser)*
5. ليزر التهيج المستعرض عند الضغط الجوي *(TEA CO2 Laser)*
6. ليزر الغاز الديناميكي *(Dynamic Gas CO2 Laser)*

- **ليزر إكسايمر *excimer laser***

هو نوع من الليزر الغازي واسمه مشتق من المصطلح الإنجليزي *Excited Dimer* (تعني الجزيئات الثنائية المثارة) اكتشف عام 1970 ينتج أشعة فوق البنفسجية ويستخدم عادة في جراحة العيون وفي صناعة أشباه الموصلات .

ويستخدم ليزر الإكسايمر عادة مخلوطا من غازين خاملين مثل الأرجون والكريبتون أو الزينون وغاز نشيط مثل الفلور أو الكلور . وعند الوصول إلى حالة مناسبة من الإثارة الكهربائية في مخلوط الغاز تتكون جزيئات وسطية تسمى إكسايمر وهي جزيئات لا تتكون إلا في حالة إثارة وبذلك تنتج ضوء الليزر الذي يكون في نطاق الأشعة فوق البنفسجية وله طول موجة محدد. ويحدد نوع الجزئي المستخدم طول الموجة لليزر إكسايمر. وتعبأ الغازات المستخدمة في زجاجات بأسطونات جهاز الليزر التي ينتج فيه الإكسايمر. ويجب تجديد مخلوط الغازات بين حين وآخر حيث أن خواص المخلوط تتغير بالاستخدام و أيضا تتغير أثناء أوقات عدم الاستخدام،

ويمكن إنتاج ليزر إكسايمر في هيئة نبضات فقط ويبلغ زمن النبضة بين 4 و 40 نانو ثانية .ويبلغ معدل إنتاج النبضات في الليزر من هذا النوع حالياً عدة كيلو هيرتزعلى الأكثر. ويستخدم ليزر إكسيمر كثيراً في الصناعة حيث تبلغ طاقة النبضات نحو 2و1 جول.

ليزر أشباه الموصلات *(Semiconductor Laser)*

تم اكتشاف هذا النوع من الليزر عام 1961 وهو يعتبر من ليزرات الحالة الصلبة لأن الوسط الفعال عبارة عن مادة صلبة ولكنه ليس بلورة مطعمة بأيونات فعالة و إنما تركيب من مواد شبه موصلة مانحة *(n-type)* وقابلة *(p-type)* وتمثل حزمة التوصيل *(Conduction band)* مستوي الليزر العلوي وحزمة التكافؤ *(Valence Band)* مستوي الليزر السفلي ويتم الضخ من خلال تيار كهربائي يحرك الإلكترونات والفجوات ما بين هاتين الحزمتين.

تعتبر مادة كاليوم – ارستايد *(GaAs)* أكثر المواد شبه الموصلة التي تستخدم كقاعدة لتصنيع ليزرات أشباه الموصلات وهذا النوع من ليزرات أشباه الموصلات يبعث في المنطقة تحت الحمراء القريبة حول الطول الموجي *0.87* مايكرومتر.

مميزات ليزرات أشباه الموصلات

1. صغيرة الحجم

2. رخيصة الثمن

3. يتم ضخها مباشرة باستخدام التيار الكهربائي

4. كفاءتها عالية تصل إلى 32%

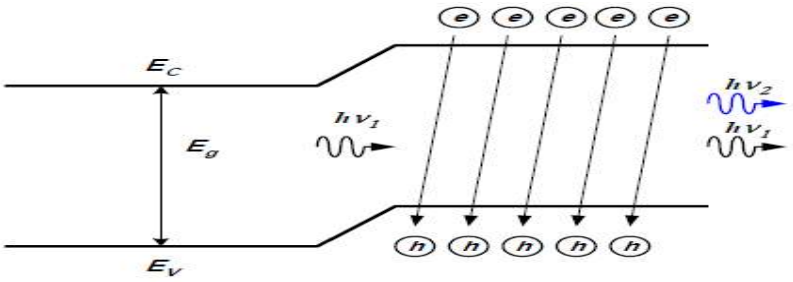
5. يمكن التحكم بشدة شعاع الليزر المنبعث من خلال التحكم بتيار الضخ الكهربائي

6. يمكن تنغيم الليزر الخارج أي الحصول على أطوال موجية محددة من نفس الجهاز.

• ليزرات ثنائي الوصلة (*p-n Junction Lasers*)

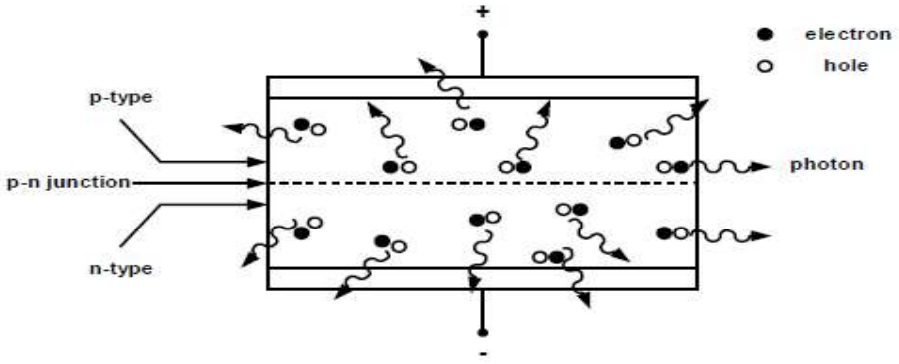
عند سقوط موجة ضوئية (فوتون) يمتلك طاقة أكبر من فجوة الطاقة(*Eg*) للمادة شبه الموصلة فإن الإلكترونات تتهيج وتصعد من المستوي الأرضي (حزمة التكافؤ) إلى المستوي المتهيج (حزمة التوصيل) وتترك وراءها فجوات . تبقى الإلكترونات في المستوي المتهيج فترة زمنية محددة تسمى فترة *(Level Lifetime)* عمر المستوي وتنزل بعد ذلك إلى المستوي الأرضي مرة أخرى وتتحد مع الفجوات وتبعث إشعاع. وهذه العملية تمثل الانبعاث التلقائي.

إذا كانت الإلكترونات في المستوي المتهيج وسقط فوتون يمتلك طاقة تساوي فجوة الطاقة *(Eg)* فإن الإلكترونات تتحفز على النزول إلى المستوي الأرضي وتتحد مع الفجوات وتبعث إشعاع. وهذه العملية تمثل الانبعاث المحفز التي هي شرط توليد الليزر



شكل 5-4 مخطط للمستويات الطاقية لليزر أشباه الموصلات ذي الوصلة الثنائية

هذا النوع من ليزرات أشباه الموصلات ذات الوصلة الثنائية تعمل في حالة الانحياز الأمامي*(Forward Bias)* أي أن الطرف الموجب لمصدر الفولتية يربط إلى الجزء الأمامي *(p-type)* والجزء السالب لمصدر الفولتية يربط إلى الجزء السالب لثنائي الوصلة *(n-type)* وإن الوصلة الثنائية تمثل المنطقة الفعالة التي يتولد فيها وينبعث منها الليزر كما هو واضح من الشكل



الشكل 5-6 مخطط توضيحي لليزر أشباه الموصلات ذي الوصلة الثنائية

هذا النوع من ليزرات أشباه الموصلات يعمل بالنمط النبضي فقط لأنه يحتاج إلى تيار انحياز أمامي عالي وكذلك بسبب ارتفاع درجة حرارة التركيب الذي يتلف الليزر. ويعتمد الطول الموجي لشعاع الليزر على قيمة فجوة الطاقة للمادة شبه الوصلة .

الليزر الكيمياوي Chemical laser

في هذا النوع تكون المادة الفعالة الكيمياوية بحالة صلبة او سائلة او بحالة بخار غاز. وتتكون جزيئة الوسط الفعال نتيجة التفاعل الكيمياوي بين المواد المستخدمة وتؤدي الطاقة المتحررة من التفاعل الى تهيج هذه الجزيئات مسببه الانبعاث المحفز بين مستوياتها التذبذبة لذا يقع معظم الاشعاع في مدى الاشعة تحت الحمراء .

ان تركيب الجهاز يعتمد على نوع التفاعل ومواده الكيمياوية و تشغيله لا يحتاج الى دوائر الكترونية معقدة ولا الى مصادر خارجية لضخ الطاقة الا انه يحتاج بشكل مستمر ضخ المواد اللازمةللتفاعل . ان الليزر الكيمياوي يمكن ان ينتج نبضات ليزر بقدرة اعلى ما تنتجه الانواع الاخرى . استخدامات هذا النوع من الليزر تقع اغلبها في الاغراض العسكرية

انواع الليزر الكيمياوي

1. ليزر فلوريد الهيدروجين *HF* 2- ليزر كلوريد الهيدروجين *HCl* 3- ليزر بروميد الهيدروجين *HBr*
4- ليزر فلوريد الديتريوم *DF*

ليزر الالكترون الحر

أن الوسط الفعال في هذا النوع من الليزر عبارة عن شعاع الإلكتروني، وهذه الإلكترونات محررة تماماً من الذرات، وتمر بطريقة خاصة خلال مجال مغناطيسي للتحكم في مسارها.

.

ويعد ليزر الإلكترونات الحرة، من الناحية النظرية، مصدر ضوء بالغ التكيف، إذ يمكن موالفته لأي طول موجي مطلوب، وهو يعمل بقدرة عالية. أما الليزرات الأخرى، فإنها تنتج الضوء عند أطوال موجية محددة، تتفق مع انتقالات الطاقة في أوساطها الليزرية.

يبين الشكل ادناه الرسم التخطيطي لتكوين ليزر الإلكترون الحر ، حيث تنطلق الاكترونات من معجّلِ خطي يقذف الإلكترونات الحرة بطاقة 14 كيلو وات وتزداد سرعة شعاع الالكترونات حتى تصل إلى سرعة الضوء تقريبا ثم يتذبذب الشعاع خلال مُذَبذب بشكل دوري ليقطع مجال مغناطيسي ناتج من ترتيب مغانط بشكل أقطاب متناوبة ضمن تجويف الليزر على طول طريق الشعاع يدعى "المتمايل"(*undulater*) لكي يجبر الالكترونات على اتخاذ شكل جيبي اثناء مرورها فيه. ونتيجة لزيادة سرعة الالكترون وتذبذبه على طول المسار ينطلق الفوتون. وهكذا بالنسبة لبقية الالكترونات حيث تَبْدأُ ببَعْث إشعاعِ متشاكه يتم تغذيته وتكبيره بين مرايا المرنان مما يُؤدّي إلى زيادةِ قوَّةِ الإشعاعِ و انتاج الليزر.

استعمل ليزر الالكترون الحر في المجال الطبي عام 1999 في الجراحة لازالة الانسجة التالفة في المخ ، وكذلك استعمل في المجال العسكري كسلاحِ ذو طاقةِ مُوَجَّهِ ضدّ الصّواريخ