الفصل السادس

انواع الليزر

1-ليزر الحالة الصلبة:

يتميز هذا النوع من الليزرات بمايلي:

1-يكون الوسط الفعال مادة صلبة تكون على العموم شفافة شديدة التماسك (غير هشة) وتقاوم الحرارة فاما ان تكون بلورة عازلة او قطعة زجاج لها خطوط طيفيةحادة.

2-طريقة الضخ في هذا النوع هي الضخ البصري باستخدام مصباح وميضي

3- نتاج ليزر الحالة الصلبة في معظم الحالات نبضي وذلك بسبب كون الضخ البصري ومضي.ويمكن الحصول على نتاج مستمر ايضا باستخدام مصدر ضوئي ذو نتاج ثابت الطاقة لعملية الضخ.

توجدعدة انواع من الليزرات ضمن ليزرالحالة الصلبة:

أ- ليزر الياقوت (Ruby Laser)

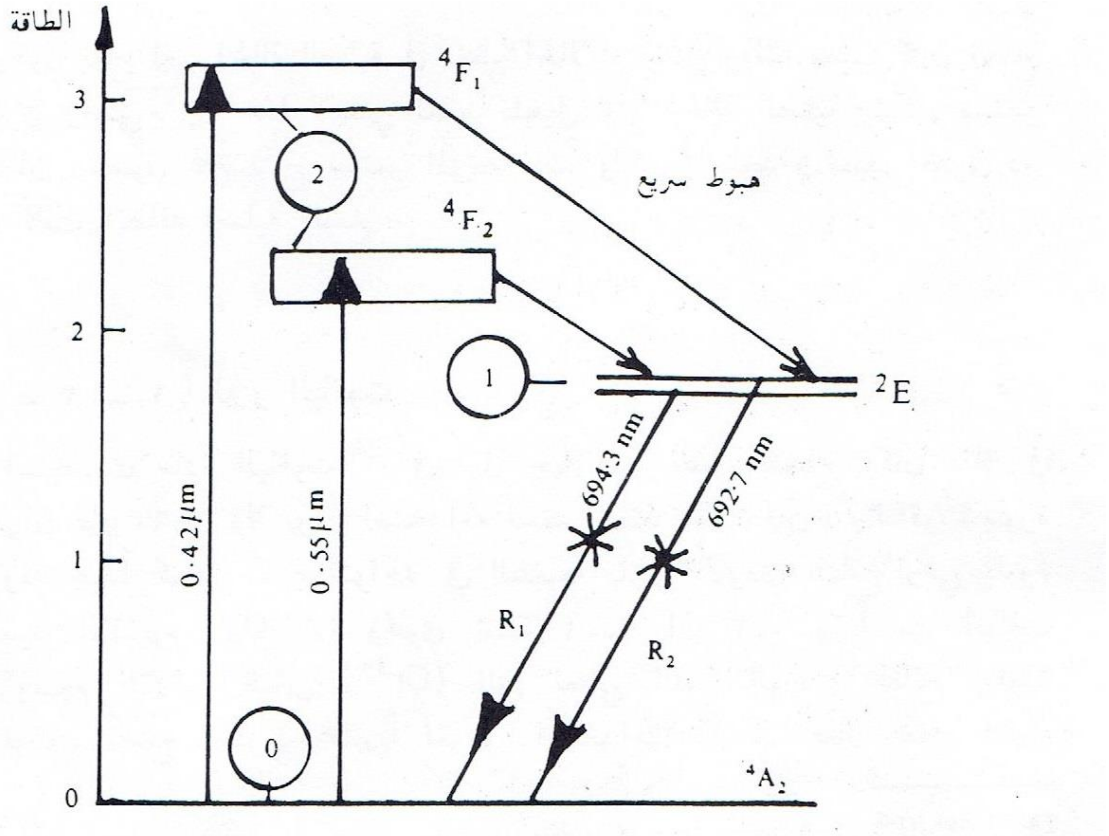
استخدمت مادة الياقوت في اول جهاز ليزر عمل بنجاح في عام 1960 ولايزال يستخدم لحد الان.الياقوت عبارة عن بلورة معروفة جيدا كحجر كريم تتواجد في الطبيعة بلونها الوردي الفاتح وهي بلورة اوكسيد الالمنيوم(Al_2o_3) وتحوي نسبة (0.01-0.1) وزنا من ايونات الكروميوم الثلاثية التأين (Cr^{+3}) التي تعطي اللون الوردي الفاتح لبلورة الياقوت.والوسط الفعال في هذا النوع هي بلورة الياقوت.

ان مخطط مستويات الطاقة لايونات الكروميوم في البيئة البلورية ذات العلاقة بعمل الليزر موضح في الشكل (1)

فالمستويات ^2E و $^4A_2$ ذات العلاقة بانتقال الليزر تكون حادة قليلة التاثر بمجال البلورة في حين تعاني المستويات $^4F_1$, $^4F_2$ تعريضا.وبهذا يمكن تنفيذ الضخ البصري باستخدام مصدر ذي نطاق طيفي عريض .

ان هذا الليزر يعمل بخطة ضخ ذات ثلاث مستويات . فيحدث الضخ من المستوى الارضي ($^4A_2$) الى المستوى ^2E عبر المستوى ^4F حيث يحدث هبوط سريع وغير مشع من ^4F الى ^2E وبهذا يتحقق التاهيل العكسي للمستوى ^2E ويحدث الفعل الليزري(R_1,R_2) بين المستويين ^2E و$^4A_2$.

ان انبعاث الليزر(الاحمر)يقع في خطين R_1,R_2 بطول موجي(694.3nm,692.7nm) على التوالي.



الشكل(1) مخطط مستويات الطاقة لايونات الكروميوم في البيئة البلورية (ليزر الياقوت)

ب: ليزر النيديميوم:

وهو الليزر الاكثر شيوعا لانواع ليزر الحالة الصلبة ويتميز بمايأتي:

1-الوسط الفعال:اولا: الزجاج الذي يعمل كوسط مضيف لايونات الليزر الفعالة(ايونات النيديميوم الثلاثية) ويدعى بليزر(Nd-Glass) نيديميوم -زجاج.

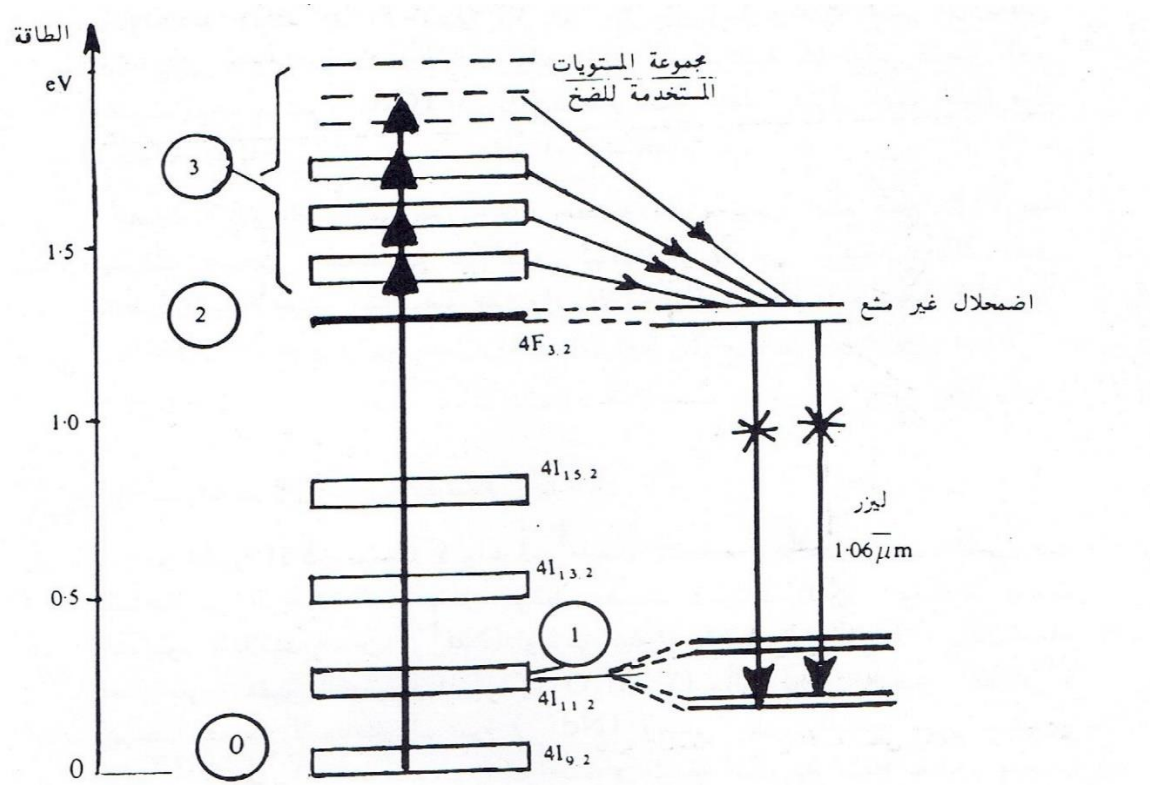
ثانيا: بلورة عقيق اليوتيريوم المنيوم($Y_3Al_5O_{12}$) والتي تدعى مختصرا ببلورة الياك كوسط مضيف لايونات النيديميوم الثلاثية ويدعى الليزر الناتج بليزر نيديميوم-ياك.

2- توجدانتقالات ليزر متعددة ولكن اشدها بطول موجي 1.064 مايكرومتر

3-يعمل بخطة ضخ اربع مستويات ولهذا يفضل على ليزر الياقوت

4-يعمل بموجة مستمرة او بشكل نبضي

5- يستعان بالترتيب الاهليجي للعاكس لزيادة كفاءة الضخ الذي يتم باستخدام مصباح الزينون للضخ النبضي ومصباح الكربتون للضخ المستمر.
6- لهذا الليزر تطبيقات كثيرة ومتنوعة منها في تصنيع المعادن وتعيين المدى وكذلك في الجراحة الليزرية.
الشكل (2)يوضح مخطط مستويات الطاقة لايون النيديميوم في بلورة الياك
حيث يحدث الضخ البصري من المستوى الارضي $^4I_{9/2}$ بنطاقين طيفيين الى المستويات العليا للضخ ,ثم يحدث تفريغ سريع من المستويات العليا للضخ الى المستوى الاعلى لانتقال الليزر $^4F_{3/2}$,وبعدها يحث الفعل الليزري بين المستويين $^4F_{3/2}$ و$^4I_{11/2}$.
ثم يتفرع المستوى $^4I_{11/2}$ بشكل سريع وبانتقالات غير مشعة الى المستوى الارضي $^4I_{9/2}$.



الشكل(2)مخطط مستويات الطاقة لايون النيديميوم في بلورة الياك (ليزر النيديميو-ياك)

2- ليزر الغاز:يتميز هذا النوع من الليزرات بمايلي:
1-تكون مستويات الطاقة للغاز اضيق مما هي عليه في الحالة الصلبة.لهذا السبب لاتضخ الغازات باستخدام المصابيح التي يكون طيفها عادة مستمرا لكون نطاق الامتصاص للغاز ضيقا وعليه تكون عملية الضخ غير كفوءة,
3-يمكن ان يضخ الغاز بصريا باستخدام ليزر اخر.
4- بصورة عامة تستخدم طريقة الضخ الكهربائي او بمرور تيار عالي خلال الغاز.
5- تكون عملية التاهيل العكسي اكثر تعقيدا منها فيالحالة الصلبة بسبب الظواهر العديدة داخل الغاز وتاثرها بتغير ظروف التشغيل.
6-غاليا ماتستخدم المرايا الكروية بدلا من المرايا المستوية لتمنح المرنان استقرارية اكثر.
7-تصنف الانواع المختلفة لهذا النوع من الليزرات وفق تركيب الغاز المستخدم كوسط فعال لعمل الليزر الى(ليزر الذرة المتعادلة,ليزر الايونات الموجبة,ليزر الغاز الجزيئي)

تركيب جهاز الليزر: يتواجد الغاز في انبوب ذي قطر مناسب طوله يحدد بنافذتين عند نهايتيه تثبت كل منها مع طرف الانبوب بزاوية تعرف بزاوية بروستر وان الغرض من هذه الزاوية هو:
اولا:تقليص الخسارة في الضوء والناجمة عن الانعكاسات المختلفة عند سطح نهاية الانبوب .
ثانيا: انها تحدد استقطاب الضوء النافذ والذي هو في صالح خواص نتاج الليزر

(2-1)ليزر الغاز الذري(ليزر الذرة المتعادلة) :
يكون الوسط الفعال غاز احادي الذرة

(2-1-1) ليزر هليوم-نيون(He-Ne)
1-من اهم انواع ليزر الغاز الشائعة الاستخدام
2-توجد ثلاث النتقالات ليزر بالاطوال الموجية (3.39µm و1.15µm,
633nm الواقع في المدى المرئي وهو المتميز باللون الاحمر القاني الشائع الاستخدام)

تركيب الليزر: يتكون ليزر هليوم-نيون من مزيج من ذرات الهليوم(He) وغاز النيون (Ne) بنسبة معينة وخطوط انبعاث الليزر تعود لذرة النيون.اما دور ذرات الهليوم فهو المساهمة في عملية الضخ وتحقيق التاهيل العكسي لمستويات الطاقة.

يوضح الشكل(3) مخطط مستويات الطاقة لذرة الهليوم وذرة النيون ذات العلاقة بعمل ليزر هليوم-نيون

عند حدوث الضخ الكهربائي في جهاز الليزر سوف يحصل تهيج عن طريق التصادم بالالكترونات للمستويات(2^1Sو2^3S)لذرة الهليوم وثم يحدث انتقال الطاقة الرنيني بين هذين المستويين لذرة الهليوم والمستويين(3S,2S) لذرة النيون وبذلك يتحقق التاهيل العكسي في ليزر هليوم-نيون ونتيجة لذلك يحدث الانبعاث المحفز لذرات النيون بين مستويات(3S,3P) وبين مستويات(2S,2P) .وتتكون ثلاث انتقالات ليزرية:

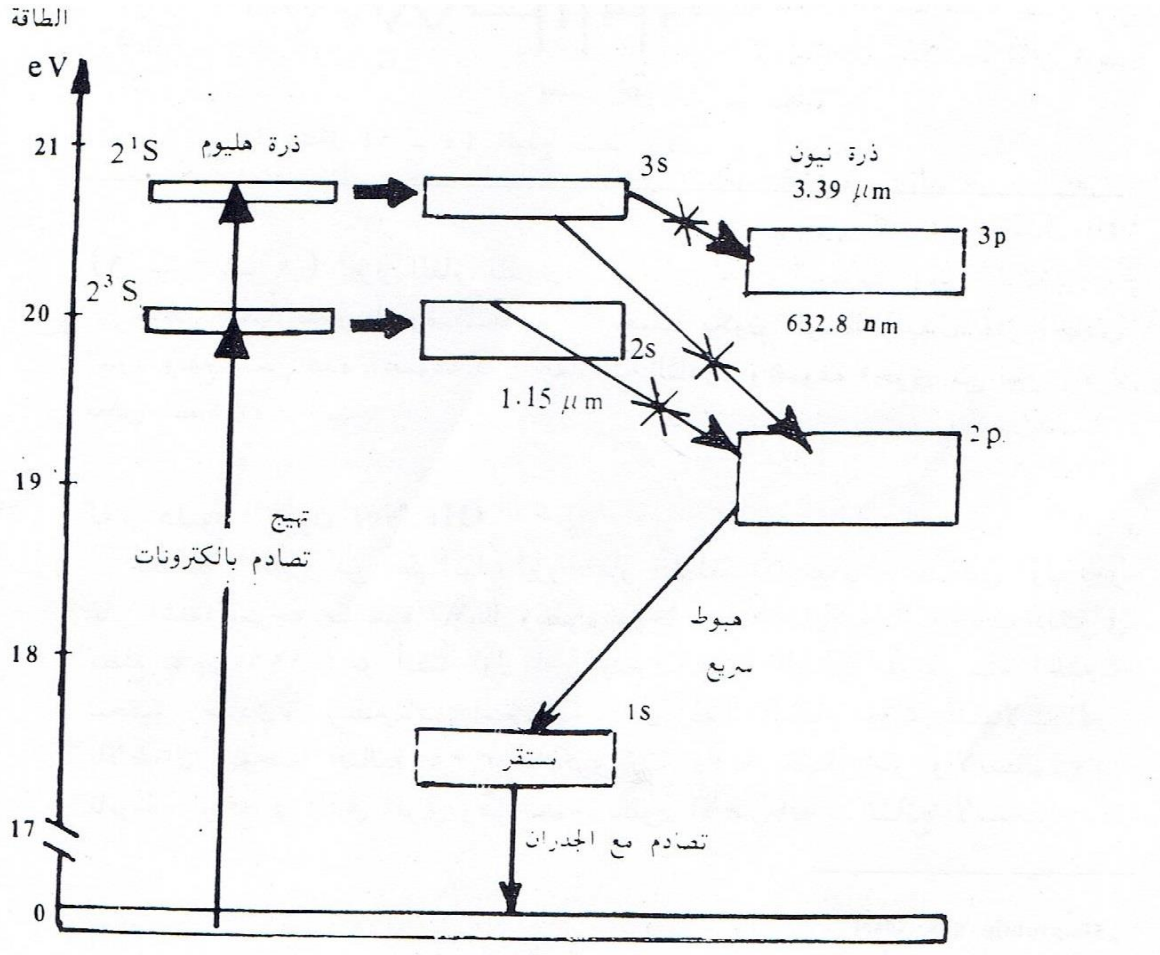
1-الانتقال من 3S الى 3P بطول موجي (3.39μm)

2-الانتقال من 3S الى 2P بطول موجي (632.8nm)

3-الانتقال من 2S الى 2P بطول موجي (1.15μm)

بعدها تهبط هذه الذرات الى المستوى الارضي بصورة سريعة تلقائية وقد يحدث ذلك نتيجة تصادمها مع الجدران.

اما كون ليزر هليوم –نيون سيتذبذب بهذا الانتقال او بذاك فيعتمد على انتخاب مرايا المرنان ولتذبذب طول موجة معينة.ويستخدم طلاء المراتين بحيث يكون لهما اعظم قدرة انعكاسية عند طول الموجة المطلوب.



الشكل(3) مخطط مستويات الطاقة لذرة الهليوم ولذرة النيون ذات العلاقة بعمل ليزر هليوم-نيون

(2-2)ليزر الغاز الايوني:
الوسط الفعال في هذه الحالة هو غاز متاين او بخار معدن ذراته متاينة

(2-2-1) ليزر ايون الاركون:
يتم تاهيل المستوى الاعلى(التاهيل العكسي) لانتقال الليزر في هذا النوع من الليزر بخطوتين اي بعمليتي تصادم متتاليتين مع الالكترونات الناتجة عن التفريغ الكهربائي الاول يؤين الذرة والثاني يحرض هذا الايون لهذا يلزم توفر كثافة تيار تفريغ عالية لغرض اتمام عملية الضخ.

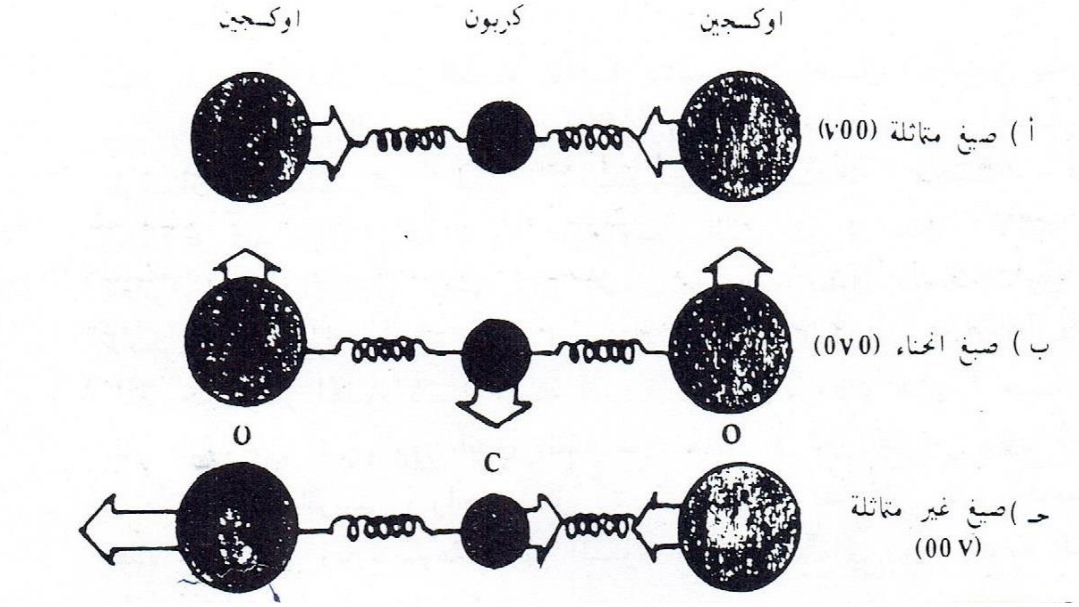
(2-3)ليزر الغاز الجزيئي
يحدث فعل الليزر بين مستويات الطاقة المختلفة للجزيئة ,حيث ان للجزيئة مستويات طاقة دورانية وتذبذبية والانتقال الطيفي قد يحدث بين اثنين من هذه المستويات ولذلك صنفت الانواع المختلفة لليزر الغاز الجزيئي الى اربع اصناف:

1- الصنف الاول: تكون فيه الانتقالات بين المستويات التذبذبية والدورانية العائدة الى حالة الكترونية واحدة ,وفرق الطاقة بين المستويات المتناظرة يعطي انتقالات ليزر تقع في مدى الاشعة تحت الحمراء البعيدة.من اهم انواعه ليزر ثاني اوكسيد الكاربون.
2- الصنف الثاني:يعود الى انتقالات تحدث بين مستويات الطاقة التذبذبية العائدة الى مستويات طاقة الكترونية مختلفة.تقع انتقالات الليزر في المدى المرئي والمدى فوق البنفسجي .مثل ليزر الصبغة
3- الصنف الثالث:تحدث الانتقالات بين مستويات الطاقة الدورانية لمستوى الطاقة التذبذبي ذاته وتقع طول الموجة لمثل هذه الانتقالات في مدى الاشعة تحت الحمراء البعيدة.
4- الصنف الرابع:يحدث نتيجة الانتقال الطيفي بين مستويات الطاقة الالكترونية ويسمى هذا الصنف ب(ليزر الاكسايمر) او ليزر الجزيئة الثنائية المحرضة

الاكسايمر: هو عبارة عن جزيئة في حالة متهيجة(مثلا Ar_2^*) تتكون من اتحاد ذرتيم متجانستين ولايمكن ان تتواجد هذه الجزيئة في الحالة الارضية.وعندما تضمحل الجزيئة المتهيجة وتنتقل للحالة الارضية تتفكك مباشرة الى الذرتين المكونتين لها(2Ar) وبهذا يكون المستوى الارضي لهذا الانتقال فارغا وبذلك يتحقق التاهيل العكسي.

(2-3-1)ليزر ثاني اوكسيد الكاربون(CO_2 LASER)

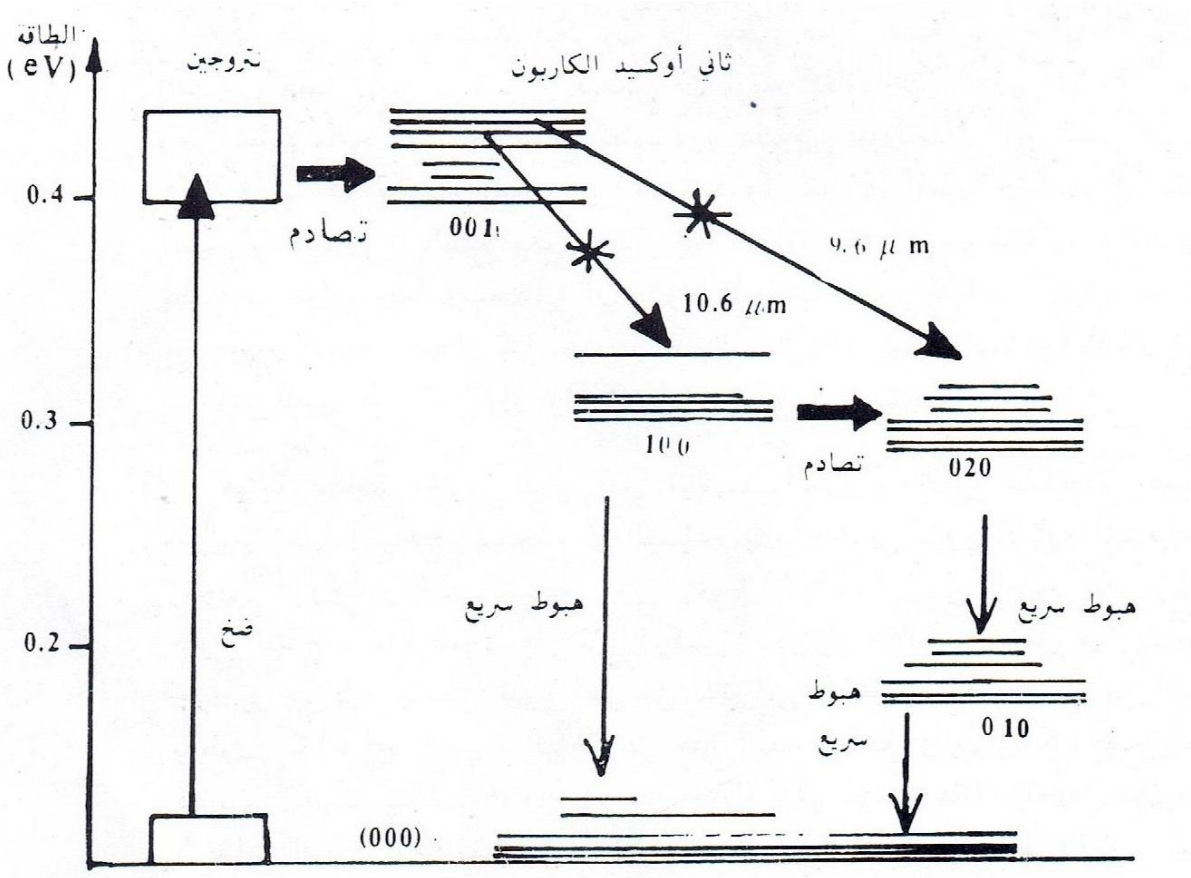
تتكون جزيئة CO_2 من ذرتي اوكسجين وتقع بينهما ذرة الكربون ويمكن لهذه الجزيئة ان تتذبذب وفق احدى الصيغ الاساسية المبينة في الشكل(4)



الشكل(4) صيغ التذبذب لجزيئة ثاني اوكسيد الكاربون

الشكل (5)يوضح مستويات الطاقة لجزيئة CO_2 ,تم الهبوط السريع المشع وغير المشع يتم تاهيل المستوى(001) والذي يمثل المستوى الاعلى لانتقال الليزر وهو مستوى شبه مستقر .فاذا تم الضخ بطاقة مناسبة فالتاهيل العكسي يتحقق بين المستوى (001) والمستويين (100) و (020) واشد انتقال يقع ضمن الطول الموجي 10.6µm (ضمن مدى الاشعة تحت الحمراء) والانتقال الاخر يحدث بطول موجي 9.6µm .

ولغرض زيادة كفاءة عمل ليزر CO_2 يضاف اليه غاز النتروجين وغاز الهليوم بنسب معينة حيثيلعب غاز النتروجين دورا في عملية انتقال الطاقة الرنيني .اما غاز الهليوم فيعمل على زيادة سرعة تفريغ المستوى (100) وبالتالي زيادة درجة التاهيل العكسي للانتقال 10.6µm.توجد تصاميم اخرى لليزر ثاني اوكسيد الكاربون مثل ليزر الاثارة المستعرضة الجوي(Transverse Excited Atmospheric laser) (TEA).المستخدم في الصناعة.



الشكل(6)مخطط مستويات الطاقة لجزيئة ثاني اوكسيد الكاربون ذات العلاقة بانتقال الليزر

(ليزر ثاني اوكسيد الكاربون)