في هذا الفصل سنحاول التعرف على الطرق و الوسائل التي تمكننا من تحوير خصائص نتاج اليزر الزمنية و المكانية وغيرها من التطبيقات العملية التي تلائم التطبيقات.

1. التشغيل بموجة مستمرة (cw) والتشغيل المعتمد على الزمن لنتاج الليزر

يتم وصف تصرف نتاج للتشغيل بموجة مستمرة وفق معادلات المعدل (rate equations) التي تصف التوازن بين معدَلات التغير في التاهيل الكلي و العدد الكلي لفوتونات الليزر فهي تضع وصفا بسيطا و عمليا لتشغيل الليزر وانسياب نتاجه فالضخ المستقر الثابت يعطي وضع الاستقرار لنتاج الليزر والذي يحدد له صفة الموجة المستمرة (cw) يكون لمعدل ضخ ثابتة قيمة معينة لنفوذية مرآة خرج الليزر.

سبب وجود القيمة الحدية لنفوذ المراة

1. زيادة النفوذية زيادة خرج الليزر
2. زيادة النفوذية زيادة خسائر المرنان

ولدراسة صفات نتاج الليزر المعتمد على الزمن (ليزر نبضي) اعتمادا على حل معادلات المعدل.

ولضخ يتغير مع الزمن بالشكل الذي نرغب فيه (يكون نتاج الليزر دالة للزمن) وذلك بايجاد كيفية العلاقة بين التأهيل العكسي وعدد فوتونات الليزر.

2- انتخاب خطوط الطيف لانبعاث الليزر

في كثير من أجهزة الليزر تحدث انتقالات ليزر عديدة وباطوال موجية مختلفة في ان واحد بالرغم من كون هذه الانتقالات مجتمع تعطي نتاج قدرته عاليةالا اننا في كثير من الاحياء تحتاج الى اشعة ليزر ذي نقاوة عالية (احادي الطول الموحي) يمكن تحقيق هذه الغاية ببساطة وذلك باستخدام موشور توضع داخل المرنان بين احدى المرآتين والوسط الفعال يعمل على تفريق الاشعة حسب طولها الموجي. فلو فرضنا بأن الليزر ينبعث منه طولين موجيين λ1,λ2, وكان المطلوب الأبقاء على الأشعة ذات طول الموجة λ1 فيترتب سقوط هذه سقوط هذه الأشعة بصورة عمودية على المرآة بعد خروجها من الموشور وبهذا ترتد سالكة نفس المسار داخل المرنان، أما الموجة λ2 فتعاني إنكسار أكبر في الموشور وتحيد عن مسارها وتعاني خسارة كبيرة وتضمحل.



وبسبب قدرة التحليل الأكبر يمكن استخدام محزز حيود.

3- التشغيل بصيغة تذبذب مفردة

تحتاج في كثير من التطبيقات العملية إلى نتاج ليزر ذو نقاوة طيفية عالية ( نمط طولي واحد)، عرض الخط الطيفي يضم تحت غلافه عدداّ من صيغ التذبذب الطولية، ولتحقيق الهدف أعلاه نسعى إلى تقليص طول المرنان L حتى تغدو الفاصلة الترددية بين صيغتين متعاقبتين $\frac{c}{2L}$ أكبر من عرض خط الأنبعاث. أي تحوير المرنان بحيث يحقق الشرط:

$$\frac{c}{2L}>∆ν$$

مساوئ هذه الطريقة هو تقليص طول الوسط الفعال سيحد من طاقة الليزر.

وللحصول على ليزر يعمل بصيغة تذبذب مستعرضة واحدة TEMoo، فيستخدم في مرنان الليزر حاجز ذو فتحة يعمل على حجب جميع صيغ التذبذب المستعرضة والأبقاء على صيغة التذبذب المستعرضة الأوطأ تردداّ TEMoo.

4- إحكام عامل النوعية Q- Switching

وهي إحدى تقنيات الحصول على دفعات قصيرة من التذبذب (نبضات بأمد نانو ثانية وبقدرة ميكاواط) في الليزرات التي يكون نتاجها عادةّ نبضي يمكن توليد نبضة مفردة ذات قدرة عالية جداّ وبأمد قصير. في حين يمكن من نتاج ليزر ذي خرج مستمر (cw) الحصول على سلسلة من النبضات. ففي كثير من التطبيقات (التثقيب واللحام والتصوير السريع والرادار الضوئي) تصبح الحاجة ماسة إلى نتاج ليزر ذي قدرة عالية وبأمد نبضة قصير، فالعلاقة التي تربط بين القدرة p وطاقة النبضة E وأمدها Δτتكون:

$$power\_{(Watt)}=\frac{Energy\_{(Joul)}}{Time\_{\left(sec\right)}}$$

مثال على ذلك، في ليزر الياقوت تكون طاقة النبضة في حدود 10 joul وتتحرر في زمن مقداره 1 ms، وبعد عملية إحكام عامل النوعية يصبح زمن النبضة في حدود 10 ns وبذلك تزداد قدرة النبضة من 1kW إلى 1 kW.

يمكن عمليا الحصول على نبضات مفردة ذات قدرة عالية بادخال خسارة تعتمد على الزمن أو على الشدة داخل المرنان، فأذا كانت الخسارة في مرنان الليزر عالية جداّ ( Q صغيرة جداً) فأن الكسب العائد إلى التأهيل العكسي يمكن أن يصل إلى قيمة عالية جداّ دون أن يحصل تذبذب الليزر. هذه الخسارة الكبيرة تمنع تذبذب الليزر. هذه الخسارة الكبيرة تمنع تذبذب الليزر في حين يستمر الضخ للطاقة إلى المستوى المحرض في الوسط. فأذا ماحدث عند الوصول الى درجة عالية من التأهيل العكسي ان خفظت خسارة المرنان و بصورة مفاجئة (زيادة Q) يقال عندها إن عامل النوعية للمرنان قد أحكم إلى قيمة عالية فأن تذبذب الليزر يبدأ فجأة وبصورة إعتيادية ولكن بعامل نوعية عالي حيث يبقى الكسب عالي لوجود تأهيل عالي جداّ. بسبب حدوث فرق كبير بين القيمة الحقيقية وقيمة العتبة للكسب فأن تذبذب الأشعة داخل المرنان ينمو بصورة سريعة وتندفع جميع الطاقة المتوفرة في نبضة مفردة عالية الذروة. هذا الأنبعاث العالي والمفاجئ يعمل على سرعة تفريغ المستوى الأعلى إلى درجة تنخفض فيه درجة التأهيل تحت القيمة الحرجة وتتوقف عملية التكبير في المرنان.

يمكن إجراء عملية إحكام عامل النوعية باستخدام بوابة مغلقة تدعى بمفتاح عامل النوعية (Q) توضع داخل المرنان لغرض عزل المرنان عن الوسط الفعال لليزر تفتح البوابة بعد أن يضخ الوسط وبهذا تسترجع للمرنان قيمتها. ولجعل هذه التقنية فعالة وجب أن يكون معدل الضخ أكبر من معدل الأنبعاث التلقائي وإلا سيتفرغ المستوى الأعلى أسرع من تأهيله وبهذا لايمكن تحقيق التأهيل العكسي. كذلك يجب أن يكون مفتاح (Q) سريع العمل بالمقارنة بنمو تذبذب الليزر وإلا فأن الأخير سينمو ببطئ مما يؤدي الى نبضة طويلة الأمد ذات قدرة واطئة. المطلوب عملياّ أن يعمل مفتاح في زمن لايقل عن (10 nsec).