

الباب الثالث: خصائص أشعة الليزر

Properties of Laser Radiation

عرض الخط الطيفي للليزر
انفراج الشعاع
ترابط الشعاع
اللمعان
تجميع أشعة الليزر
تحويل معامل - Q
مضاعفة التردد
مزاوجة الطور

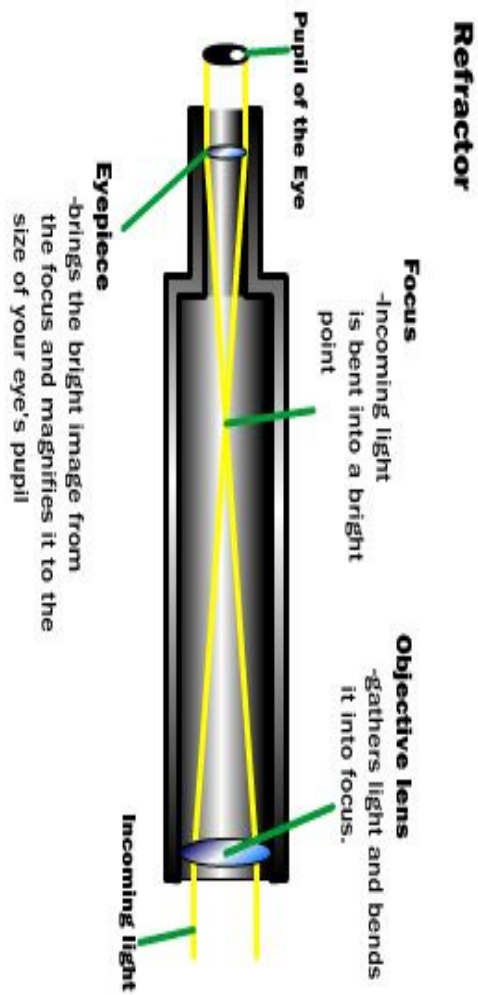
د. زياد الأحمد الفصل الدراسي الثاني 1430 هـ

تقليل الانفراج لأشعة الليزر

يمكن التقليل من كمية الانفراج الحاصل في أشعة الليزر
وإن كانت صغيرة (تقريباً 25mm لكل 16km)
بواسطة تمريره على عدسات (مقلوب التلسكوب).

لذلك الشعاع سيزيد سمكه وتقل زاوية انفراجه.
السمك يمكن تحديده بالعلاقة:

د. زياد الأحمد الفصل الدراسي الثاني 1430 هـ



© 2000 How Stuff Works

د. زياد الأحمد الفصل الدراسي الثاني 1430 هـ

- الانفراج يحدد بالعلاقة:

فيمكن كتابة

أو

وبالتالي فإن :

د. زياد الأحمد الفصل الدراسي الثاني 1430 هـ

تبدیل معامل Q-Switching

- يمكن الحصول على نبضات إشعاعية ----- و----- من الليزر بواسطة تبديل معامل - Q .
- يتم إحداث بحيث يعتمد ذلك الفقد على
- عند الفقد الكبير يصل الكسب الناتج عن التوزيع المعكوس إلى قيم مرتفعة دون حدوث عملية الليزر، حيث أن الفقد المرتفع يمنع حدوث عملية الليزر، بينما تضخ الطاقة إلى حالة مثارة للوسط. وعند الحصول على توزيع معكوس مرتفع، وحدث انخفاض مفاجئ في الفقد، فإن اهتزازات الليزر تبدأ عند ذلك.
- في هذه الحالة تكون أقل بكثير مما

د. زياد الأحمد الفصل الدراسي الثاني 1430 هـ

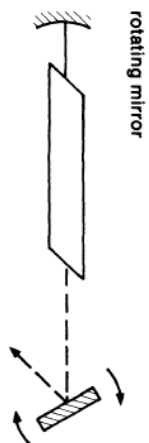
- يضمن بناءً سريعاً جداً لاهتزازات الليزر.
- كل الطاقة الموجودة ستتبعث في الواقع في نبضة واحدة وكبيرة.
- وهذا يؤدي بسرعة إلى اضمحلال مستوى طاقة الليزر العلوي إلى حد يجعل الكسب ينخفض دون قيمة التعبة فيتوقف أداء الليزر.

د. زياد الأحمد الفصل الدراسي الثاني 1430 هـ

• يمكن إتمام عملية تبديل Q بوضع

• شروط هذه العملية:

- 1) يكون معدل الضخ أسرع من معدل الاضمحلال التلقائي للمستوى العلوي لليزر.
- 2) تكون آلية تبديل Q سريعة بالمقارنة مع عملية بناء اهتزازات الليزر. (وإلا فإن هذه الاهتزازات تزداد بالتدرج وبالتالي ينتج نبضة طويلة بقدرة منخفضة). عملياً لا بد أن يكون في حدود 1ns .



طرق تبديل Q

1) طريقة المرآة الدوارة Rotating-mirror method

تُكمن في
عند لحظة زمنية قصيرة خلال كل دورة، وذلك عندما تكون المرآتان
متوازيتين تمامًا.

قبل الوصول لهذه الحالة فإن آلية القدح trigger تبدأ بالضخ الضوئي.
كلما كانت المرآتان غير متوازيتان فإن التوزيع المعكوس يزداد، بدون أن
يبدأ عمل الليزر. وعندما تصبح المرآتان متوازيتين، تحدث عملية
التبديل وتتم النبضة الناتجة.

د. زياد الأحمد الفصل الدراسي الثاني 1430 هـ

2) تبديل Q الكهروضوئي Electro-optic Q-Switching

- تعتمد على
- باستخدام مثل هذه البلورة، والسماح بمرور ضوء مستقطب خطياً موازياً لأحد اتجاهات البلورة وبتطبيق مجال كهربائي بمحاذاة اتجاه الشعاع، فإنه سيخرج وقد استدار مستوى استقطابه 90° .
- فإذا وضعت مثل هذه البلورة داخل التجويف مع مستقطب، فإن هذا التركيب سيعمل كقاطع.

د. زياد الأحمد الفصل الدراسي الثاني 1430 هـ

Electro-Optic Type

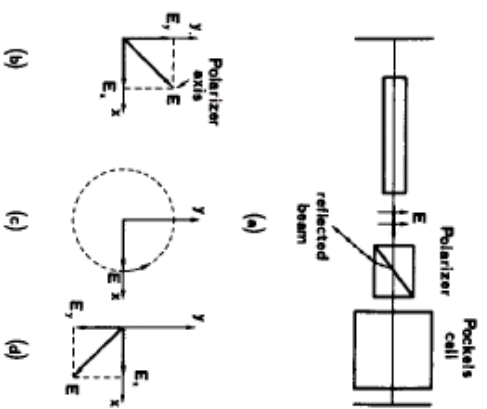
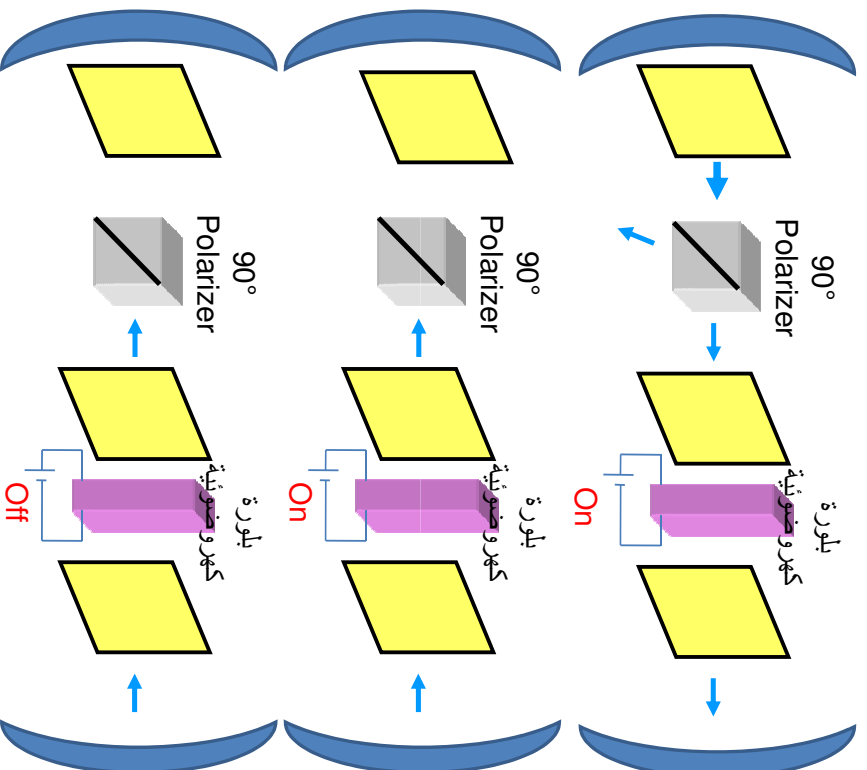


FIG. 8.5. (a) Possible polarizer-Pockels-cell combination for Q-switching. Figures (b), (c), and (d) show the E-field components along the birefringence axes of the Pockels cell in a plane orthogonal to the resonator axis.

د. زياد الأحمد الفضل الدراسي 1430م



3) تبديل Q الصوت ضوئي Acousto-optic Q-Switching

- التأثير الصوت – صوتي هو
- فالإجهاد، وبالتالي معامل الانكسار، سيتغير دورياً بطول موجي مساو للطول الموجي للموجة الصوتية.
- الموجات الصوتية تنشئ

د. زياد الأحمد الفصل الدراسي الثاني 1430 هـ

Acousto-Optic Type

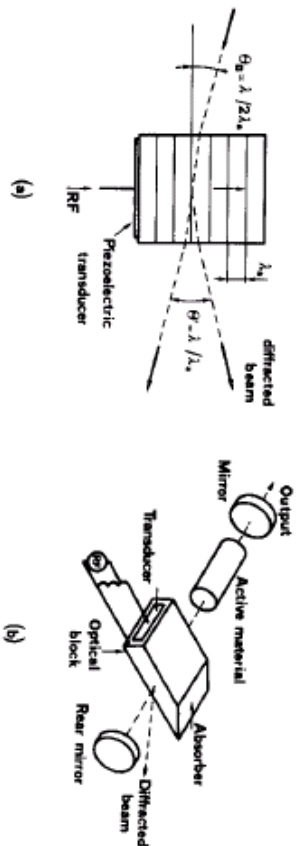


FIG. 8.7. (a) Incident, transmitted, and diffracted beams in an acousto-optic modulator (Bragg regime). (b) Q-switched laser arrangement incorporating an acousto-optic modulator.

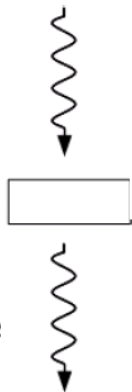
فعند وجود الموجة الصوتية (ترددها في المدى الفوق صوتي 50MHZ)، فإن جزءاً مهماً من طاقة الشعاع داخل التجويف ، وهكذا يتم تقديم آلية فقد إضافية فتقل قيمة Q للتجويف. وعند زوال الموجة الصوتية يتلاشى الحiod فتعود قيمة Q إلى مستواها الأصلي المرتفع.

د. زياد الأحمد الفصل الدراسي الثاني 1430 هـ

Passive Q-Switching السببي Q تبديل (4

- يعتمد على

- يمكن استخدام مثل هذه المادة في تجويف ليزر نبضي للعمل كقاطع.
- يتميز هذا النوع بأنه في غاية السهولة



$$\alpha = \frac{\alpha_0}{1 + I/I_s}$$

The absorber “opens” when I is large

د. زياد الأحمد الفصل الدراسي الثاني 1430 هـ

- Using shutters 1, 2, or 3 is called “Active” Q-Switching
- Using a saturable absorber is called “Passive” Q-Switching

Applications for Q-Switching

- Any application that can use optical pulses with high peak power (up to megawatts) and relatively short duration (a few nsec)
- Cutting, welding, machining, soldering
- Ablation (e.g. surgery and paint removal)
- Laser fusion
- Laser radar

مضاعفة التردد Frequency Doubling

يمكن مضاعفة تردد شعاع الليزر (تصنيف الطول الموجي) مع المحافظة على ترابط الأشعة بتفاعل

- يحدث استقطاب كهربائي للمادة بوجود المجال الكهربائي.
- يعرف الاستقطاب الكهربائي بأنه عزم ثنائي القطب (e.d) بوحدة الحجم.
- لأغلب المواد الطبيعية وعند مجالات كهربية صغيرة ، فإن الاستقطاب الخطي يعتمد . بينما المواد اللاخطية:

$$P = \epsilon_0 (\chi_1 E + \chi_2 E^2 + \chi_3 E^3 + \dots)$$

χ_1 : linear susceptibility $\chi_{2,3,\dots}$: nonlinear optical coefficient

د. زياد الأحمد الفصل الدراسي الثاني 1430 هـ

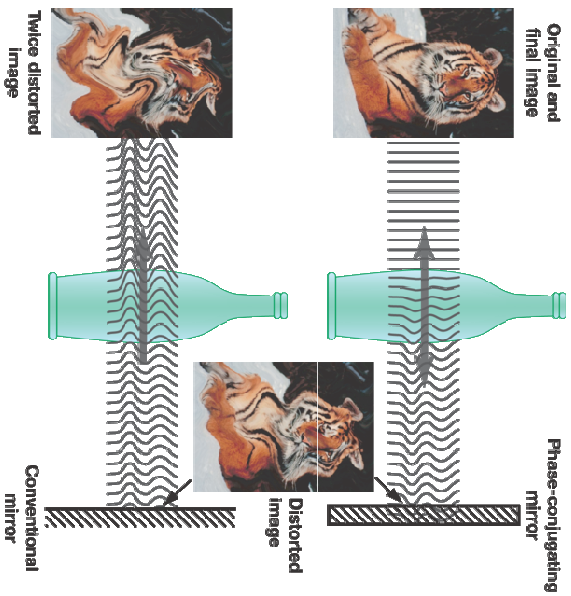
- Common SHG materials
- 806 nm light : [lithium iodate](#) (LiIO_3)
- 860 nm light : [potassium niobate](#) (KNbO_3)
- 980 nm light : KNbO_3
- 1064 nm light : [monopotassium phosphate](#) (KH_2PO_4 , KDP), [lithium triborate](#) (LBO) and [β-barium borate](#) (BBO).
- 1300 nm light : [gallium selenide](#) (GaSe)
- 1319 nm light : KNbO_3 , BBO , KDP , [potassium titanly phosphate](#) (KTP), [lithium niobate](#) (LiNbO_3), LiIO_3 , [ammonium dihydrogen phosphate](#) (ADP)

د. زياد الأحمد الفصل الدراسي الثاني 1430 هـ

- Second harmonic generation was first demonstrated by P. A. Franken, A. E. Hill, C. W. Peters, and G. Weinreich at the University of Michigan, Ann Arbor, in 1961.
- The demonstration was made possible by the invention of the laser, which created the required high intensity monochromatic light.
- They focused a ruby laser with a wavelength of 694 nm into a quartz sample.
- They sent the output light through a spectrometer, recording the spectrum on photographic paper, which indicated the production of light at 347 nm.
- Famously, when published in the journal Physical Review Letters (citation below), the copy editor mistook the dim spot (at 347 nm) on the photographic paper as a speck of dirt and removed it from the publication.
• روية الأحمدة الفصل الرابع الثاني 1430 هـ

مز او جة الطور Phase Conjugation

- يفضل أن يعمل الليزر بنمط
- ولكن يصعب الحصول على ذلك بسبب زيادة درجة حرارة الوسط الليزري و الذي ينتج عنه عدد من الظواهر غير المرغوبة.
قد يسبب تدرجا في
- معامل انكسار المادة الذي يجعله يعمل كعدسة موجبة (التعدس الحراري thermal lensing) والذي بدوره يشوه الشعاع ويحد من الحصول على أكبر قدرة خرج.
- يمكن معالجة التعدس الحراري باستخدام
بنفس قوة تلك الناشئة داخل القضيب. أو
phase conjugate mirrors



Comparison of a phase conjugate mirror with a conventional mirror. With the phase conjugate mirror the image is not deformed when passing through an aberrating element twice.

د. زياد الأحمد الفضل الدراسي الثاني 1430 هـ

د. زياد الأحمد الفضل الدراسي الثاني 1430 هـ