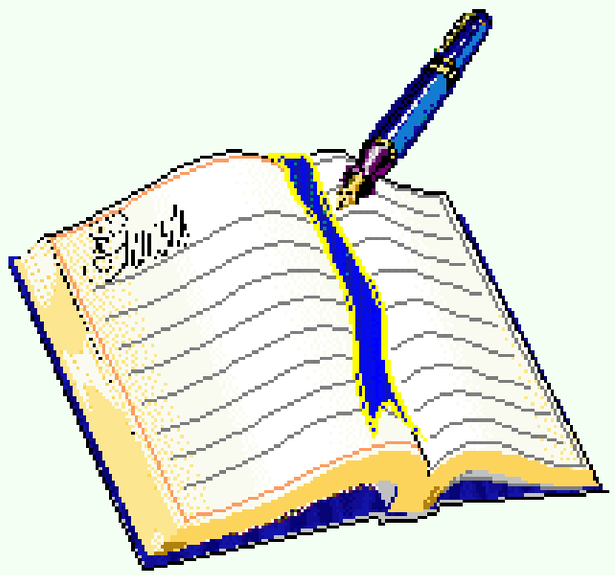
الفصل الرابع : مكونات الليزر

الفصل الرابع

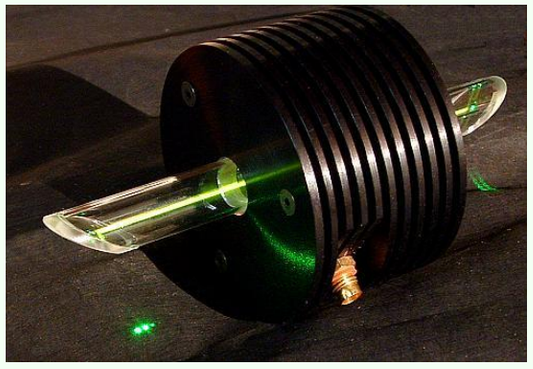
مكونات الليزر



الفصل الرابع : مكونات الليزر

مكونات جهاز الليزر

الوسط الفعال



الضخ

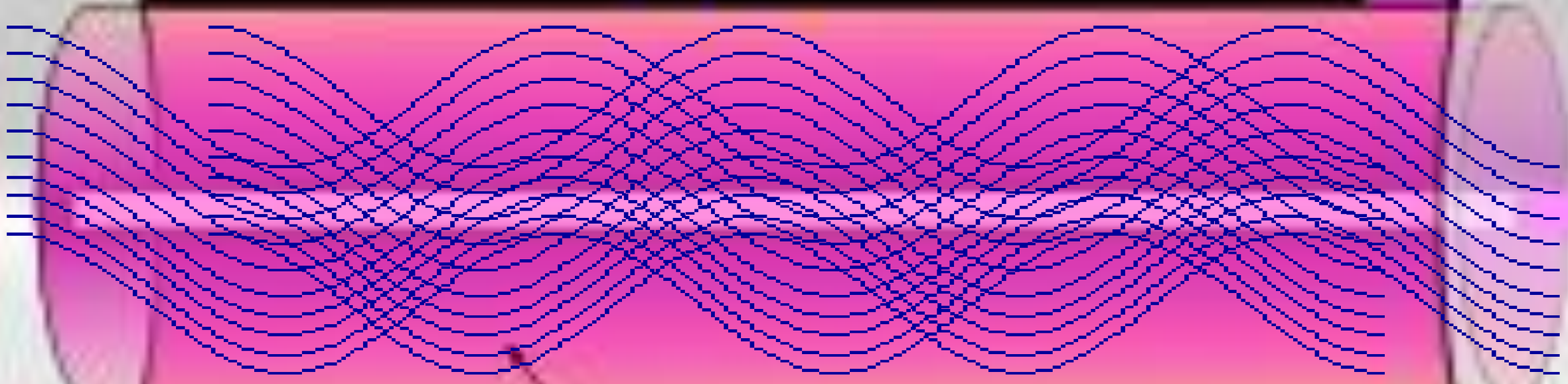
التغذية الراجعة

الضخ

طريقة استثارة الذرات

التغذية الراجعة

طريقة التكبير



الوسط الفعال

مرآة شبه عاكسة

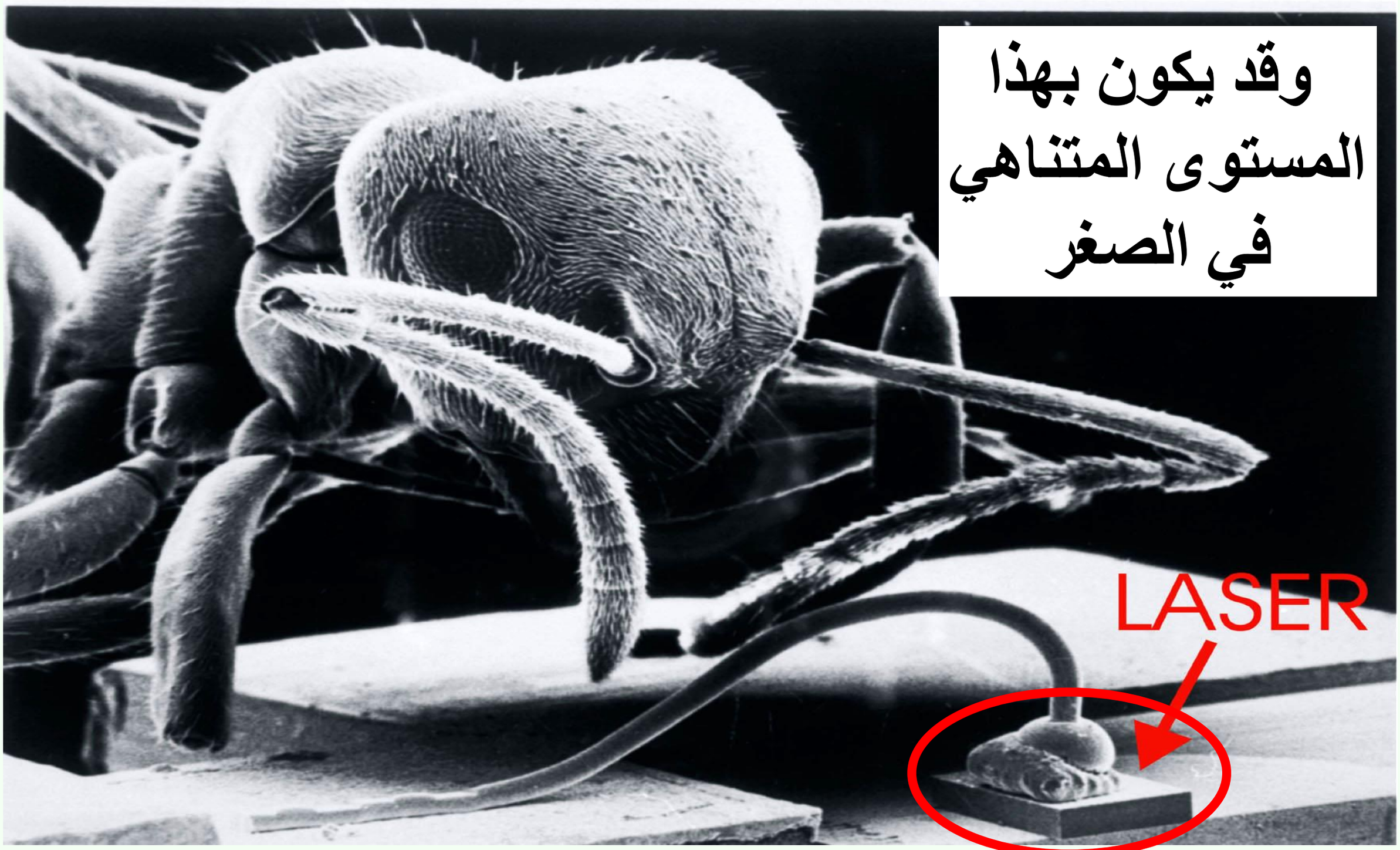
ذرات المادة المستثارة

مرآة عاكسة

الفصل الرابع : مكونات الليزر

الفصل الرابع : مكونات الليزر

وقد يكون بهذا المستوى المتناهي في الصغر



الوسط الفعال *Active Medium*

* يمكن أن يكون الوسط الفعال صلباً أو سائلاً أو غازياً أو شبه موصل .

* يتم اختيار الوسط الفعال طبقاً للطول الموجي المراد الحصول عليه :

$$h f = E_2 - E_1$$

مستويات الطاقة

ذرات الوسط

الضخ

الضخ Pumping

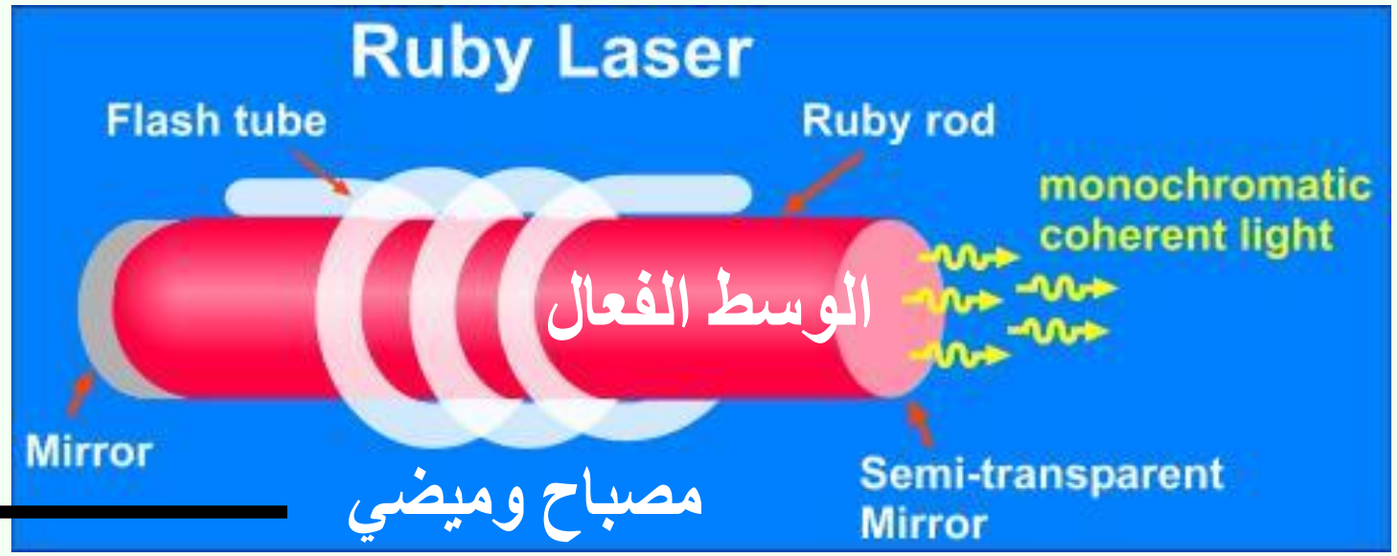
الانبعاث المستحث ← انعكاس سكاني ← في حالة الاتزان الحراري لايوجد أي انعكاس

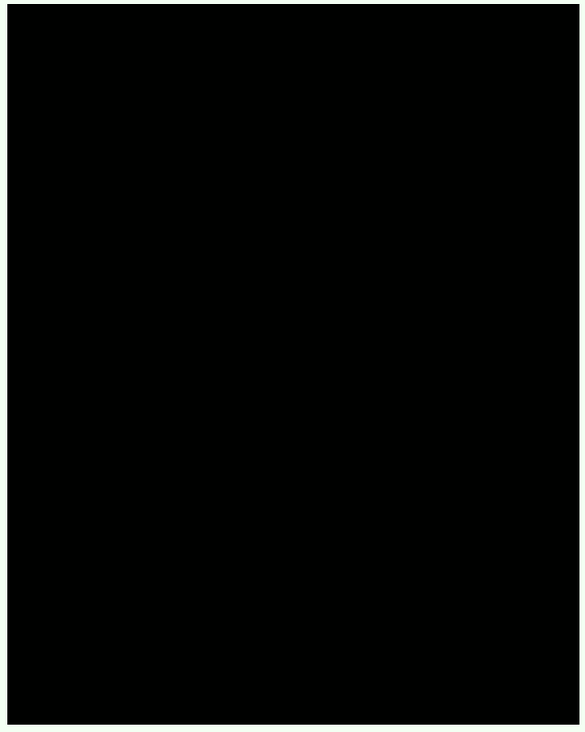
لابد من إثارة (ضخ) ذرات الوسط الفعال وتهييجها لتنتقل إلى مستويات طاقة عليا

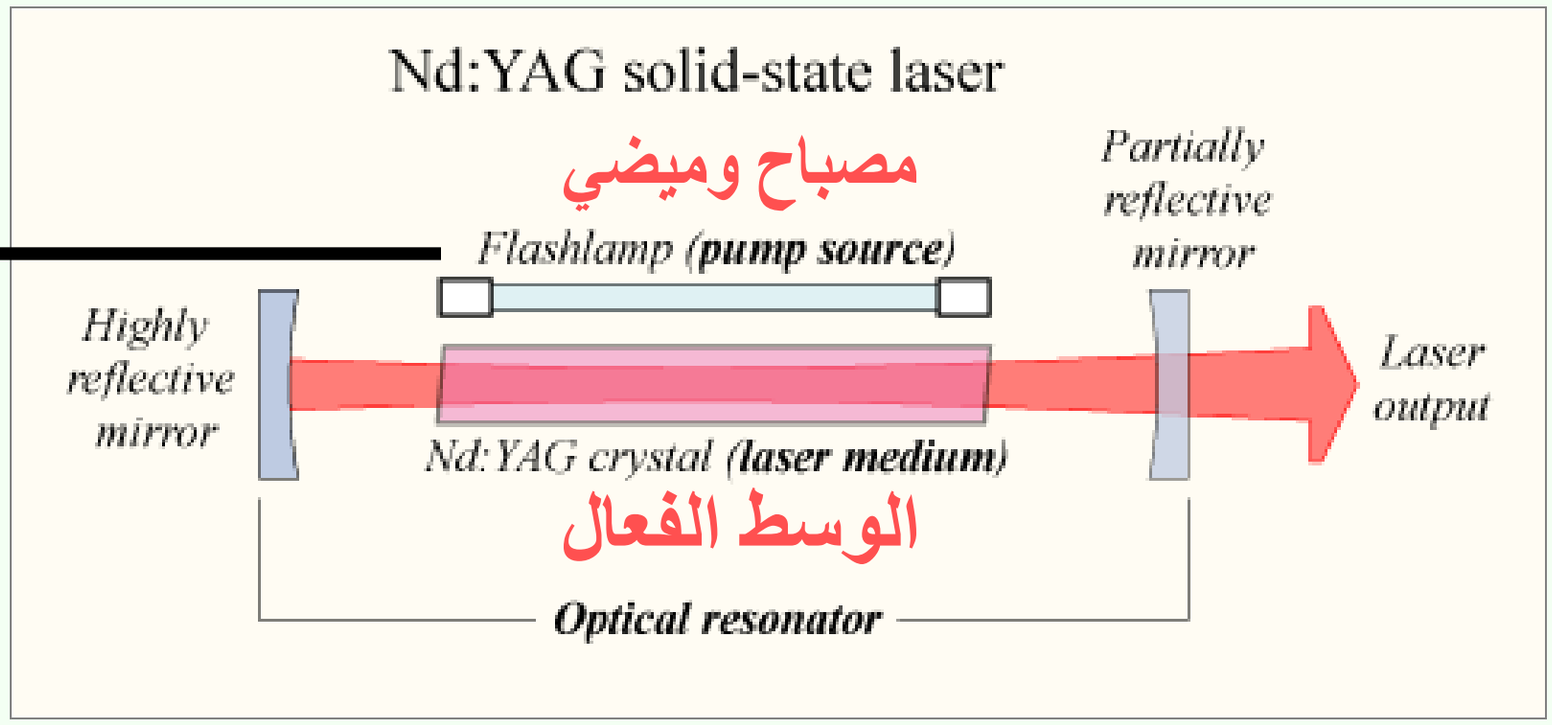
- الضخ الضوئي
- الضخ الكهربائي
- الضخ الكيميائي

الضخ

الضخ الضوئي







الضخ

الضخ الضوئي

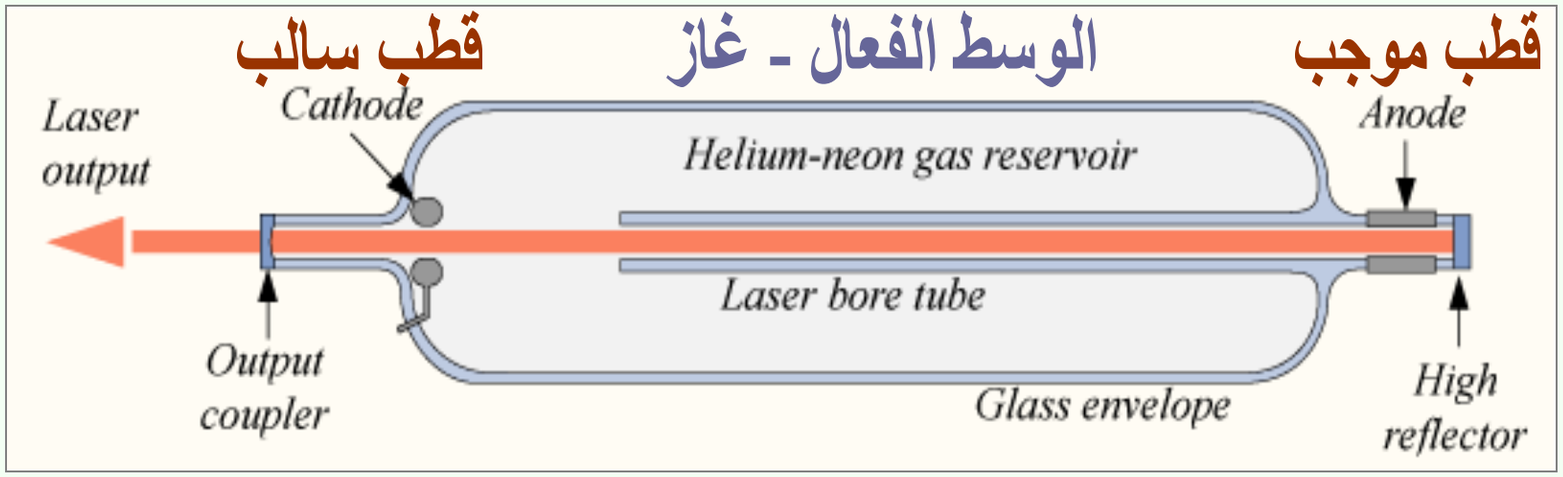
* مصابيح وميضية شديدة الاستضاءة (تصنع جدرانها من مادة الكوارتز وتملأ بغاز معين كالزينون أو النيون) - تلف حول مادة الوسط الفعال - وعند حدوث التفريغ الكهربائي في هذه المصابيح تتأين الغازات مطلقة كم هائل من النبضات الضوئية المحتوية على فوتونات لها طاقة مساوية للفرق بين مستويات الطاقة في الوسط الفعال .

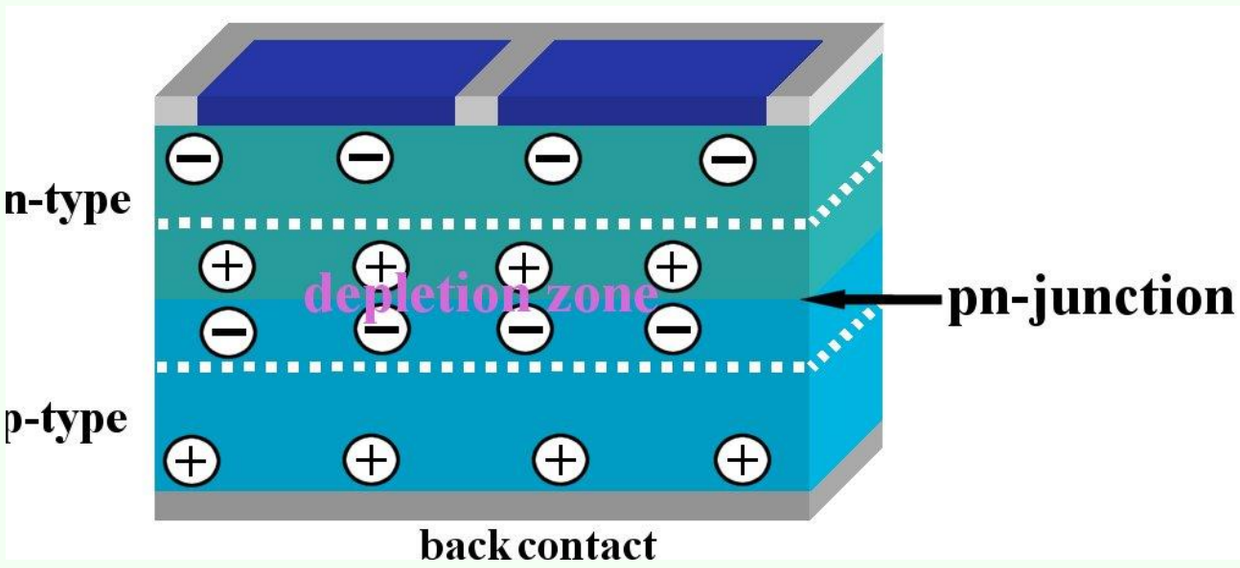
* يستخدم الضخ الضوئي عادة في ليزرات الحالة الصلبة (كليزر الياقوت) التي تنتج ضوءاً ضمن حزمة الطيف المرئي والحزمة تحت الحمراء.

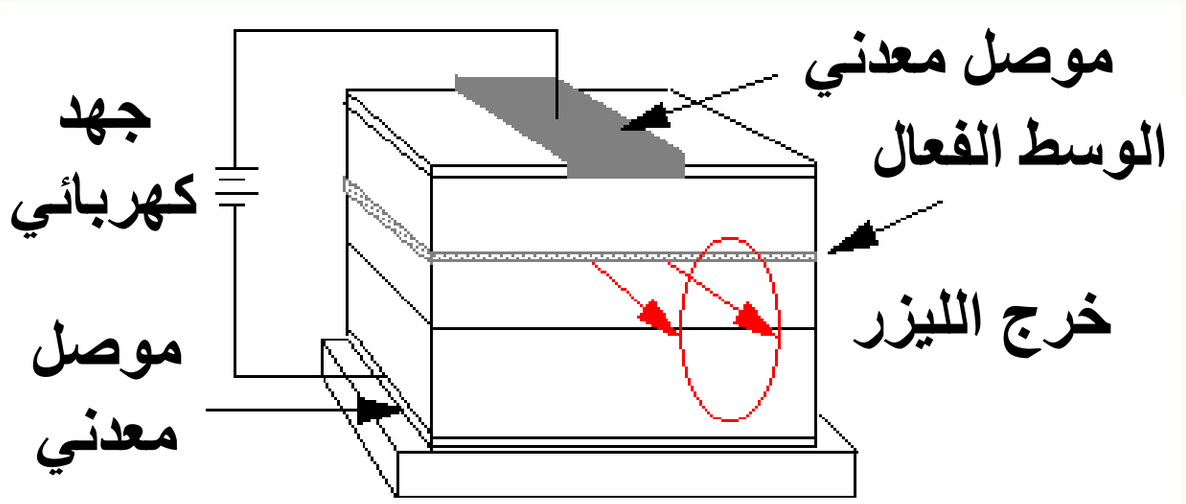
* يمكن في بعض تقنيات الضخ الضوئي أن يستخدم شعاع ليزر لضخ مادة الوسط الفعال لليزر آخر.

الضخ

الضخ الكهربائي







ليزر شبه موصل

الضخ

الضخ الكهربائي

* تستخدم هذه التقنية لضخ الليزرات الغازية وليزرات أشباه الموصلات .

* في الليزرات الغازية تسري الإلكترونات (في صورة تيار) خلال الغاز بين المصعد والمهبط وتقوم باستثارة جزيئات الغاز عند اصطدامها بها خالقة بذلك التوزيع العكسي اللازم .

* ويمكن أن يكون الضخ الكهربائي (وهو الأكثر شيوعاً) تفريغاً شبيهاً بتفريغ المصابيح الوميضية مستثيرة بذلك ذرات وجزيئات الوسط الفعال (ليزر الهيليوم نيون الغازي).

* في ليزرات أشباه الموصلات تسلط الفولتية (انحياز أمامي) خلال الوصلة الثنائية (p-n) مما ينشأ عنه سريان تيار إلكترونات باتجاه الجانب الموجب وتيار فجوات باتجاه الجانب السالب ، هذه الإلكترونات والفجوات يتم إعادة اتحادها في منطقة الاستنزاف مطلقة فوتونات الليزر

تقنيات أخرى للضخ

الضخ الكيميائي

تفاعل كيميائي بين مادتين ينتج عنه مادة ثالثة ذراتها مستثارة بسبب الطاقة المتحررة من التفاعل الكيميائي

الضخ بجسيمات نووية

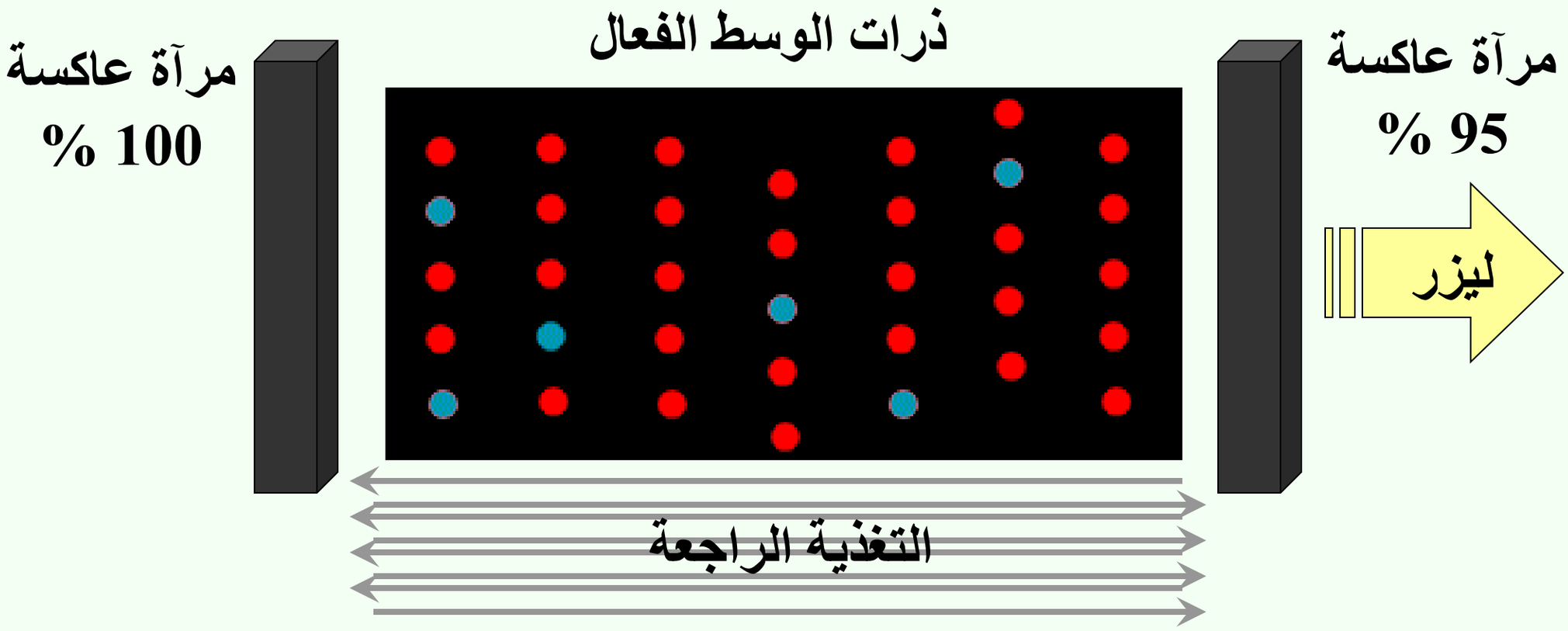
ضخ الليزرات بجسيمات نووية ناشئة عن التفاعلات النووية

الضخ بواسطة الإلكترونات الحرة

ضخ الليزرات بإلكترونات حرة ذات طاقة عالية

التغذية الراجعة Feedback

يقصد بالتغذية الراجعة الطريقة التي يمكن بها تفعيل عملية الضخ بحيث تتم عملية التكبير داخل الوسط الفعال ، ولكي نجعل الفوتونات المستحثة تمر في الوسط الفعال آلاف المرات مستحثة ذراته فإن الوسط الفعال يوضع داخل فجوة فابري – بيرو مكوناً مانسميه المرنان الليزري .



معادلات المرنان

أكثر المرنانات شيوعاً وأهمها هو مرنان فابري – بيرو ، وتنطبق عليه معادلات مقياس فابري –بيرو المذكورة في الفصل الأول ، ونعيدها هنا بنفس الرقم التسلسلي :

* الطول الموجي المقابل للقيمة العظمى لخرج المرنان :

$$\lambda_{max} = 2\,L / n \qquad (11)$$

* في حالة الضوء ذو الأطوال الموجية المختلفة فإن الترددات المسموح بها لقيم الخرج العظمى :

$$f_{max} = n\,c / 2\,L \qquad (12)$$

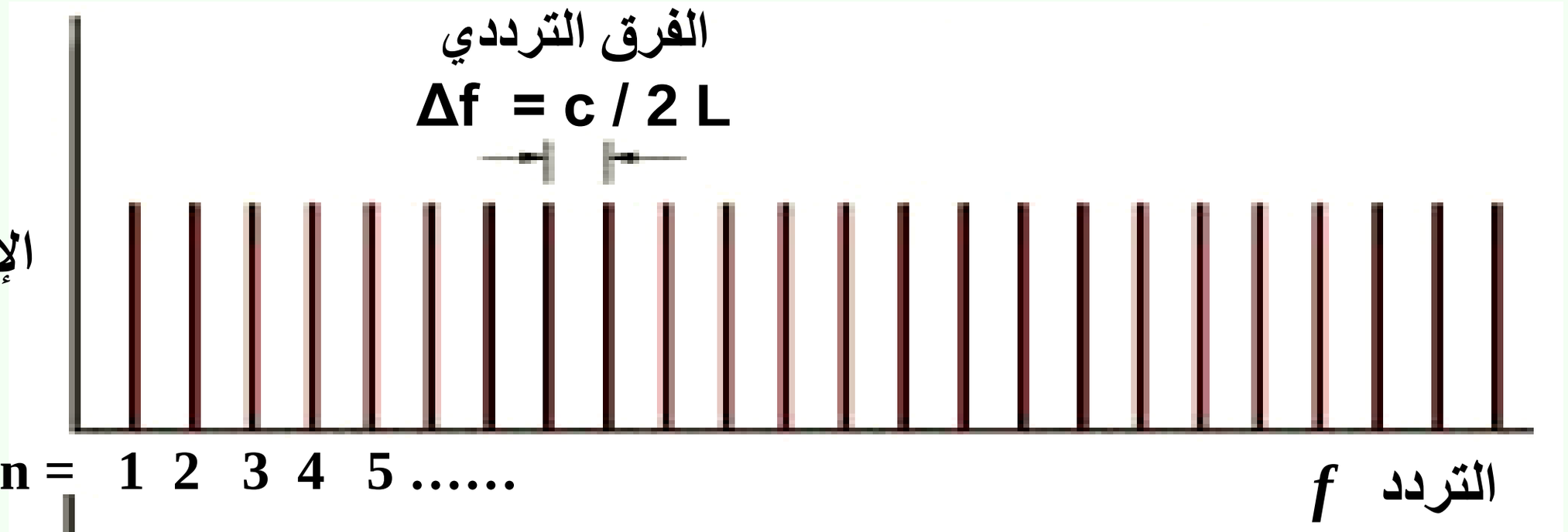
* أما الفرق الترددي بين قيمتين متتاليتين من قيم التردد فيعطى بالعلاقة :

$$\Delta f = f_{n+1} - f_n = c / 2\,L \qquad (13)$$

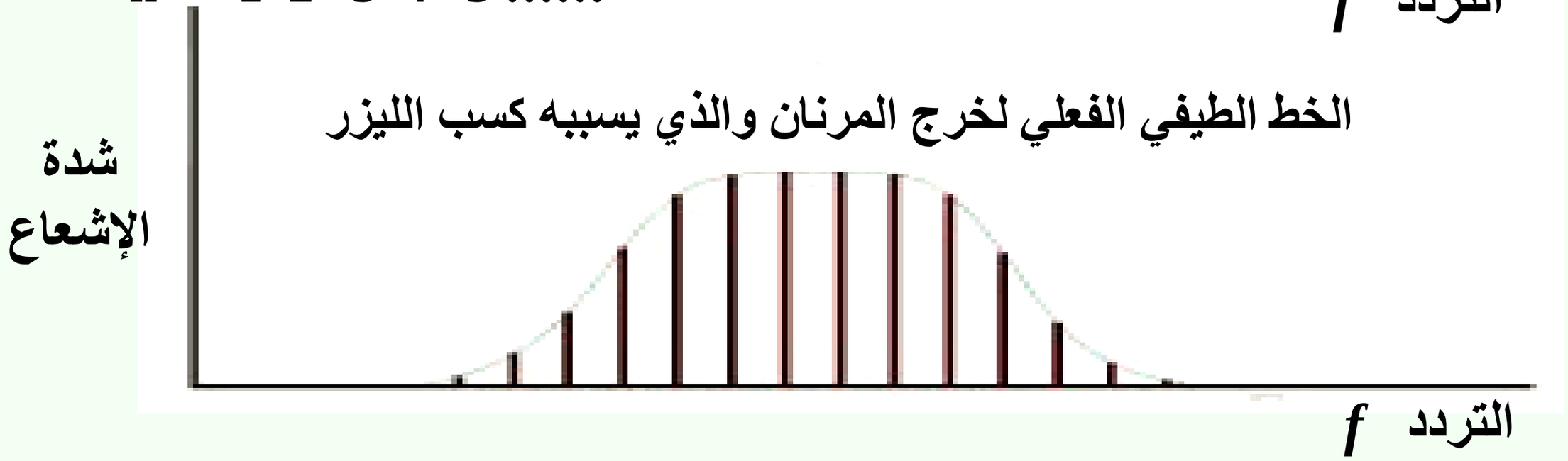
* ويمكن التعبير عنها بدلالة الطول الموجي كالتالي :

$$\Delta\lambda = \lambda^2 / 2\,L \qquad (14)$$

الترددات المسموح بها لقيم خرج المرنان الليزري



الخط الطيفي الفعلي لخرج المرنان والذي يسببه كسب الليزر



شرط العتبة في المرنان

على الرغم من توفير المرنان للتغذية الراجعة إلا أن هناك بعض الخسارة (الفقد) في شعاع الليزر تحدث داخل المرنان ومصادر هذه الخسارة كالتالي :

1- الخسارة عند الأسطح البصرية لأنها غير تامة الانعكاسية .

2- التشتت في الوسط الفعال بسبب عدم تجانس معامل الانكسار .

3- الحيود بسبب الفتحة المحدودة لحزمة الليزر داخل المرنان .

الحيود

خسارة الأسطح البصرية

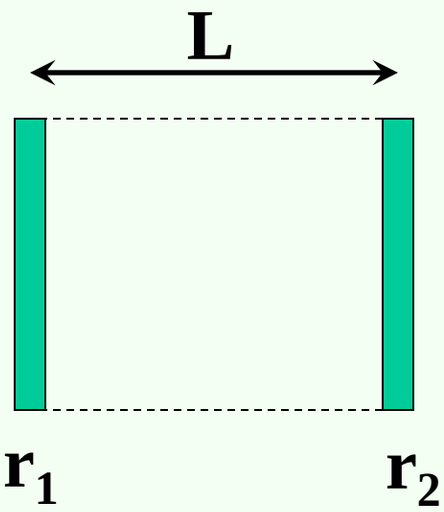
وعليه فإن شرط العتبة لتوليد الليزر داخل المرنان هو :

مجموع الخسارة = مجموع الكسب

سنتعرف على كسب الليزر في الفصل القادم

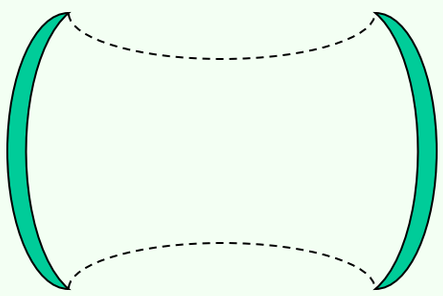
بعض التصاميم الشائعة لمرايا المرنان

المستوي



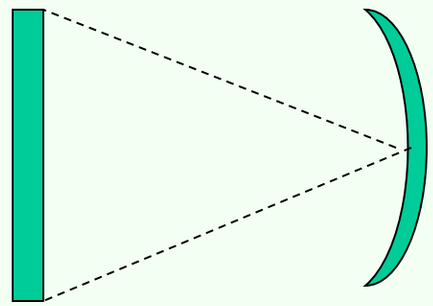
- يستغل أكبر حجم ممكن من وسط الليزر الفعال .
- دقيق جداً وصعب الضبط .

الكروي



- الأشعة تتفاعل مع حجم أقل من الوسط الفعال .
- سهل الضبط نسبياً .

شبه الكروي



- تسوية بين التصميمين السابقين .

استقرارية المرنان الليزري

تصنف مرنانات الليزر من حيث الاستقرارية إلى مرنانات مستقرة وأخرى غير مستقرة ويمكن معرفة استقرارية المرنان بقياس معاملات الاستقرارية والتي تعطى كالتالي :

$$s_1 = 1 - \frac{L}{R_1} \qquad \& \qquad s_2 = 1 - \frac{L}{R_2}$$

حيث تمثل L المسافة بين المرآتين و R هو نصف قطر تكور مرايا المرنان ويكون موجباً للمرايا المقعرة وسالباً للمرايا المحدبة .

ويكون شرط استقرارية المرنان كالتالي :

$$-1 \leqslant s_1 \cdot s_2 \leqslant 1$$

مثال / مرنان ليزري مكون من مرآتين إحداهما محدبة($R_1 = 400$ cm) والأخرى مقعرة ($R_2 = 200$ cm) والمسافة بينهما $L = 50$ cm ، هل المرنان مستقر ؟

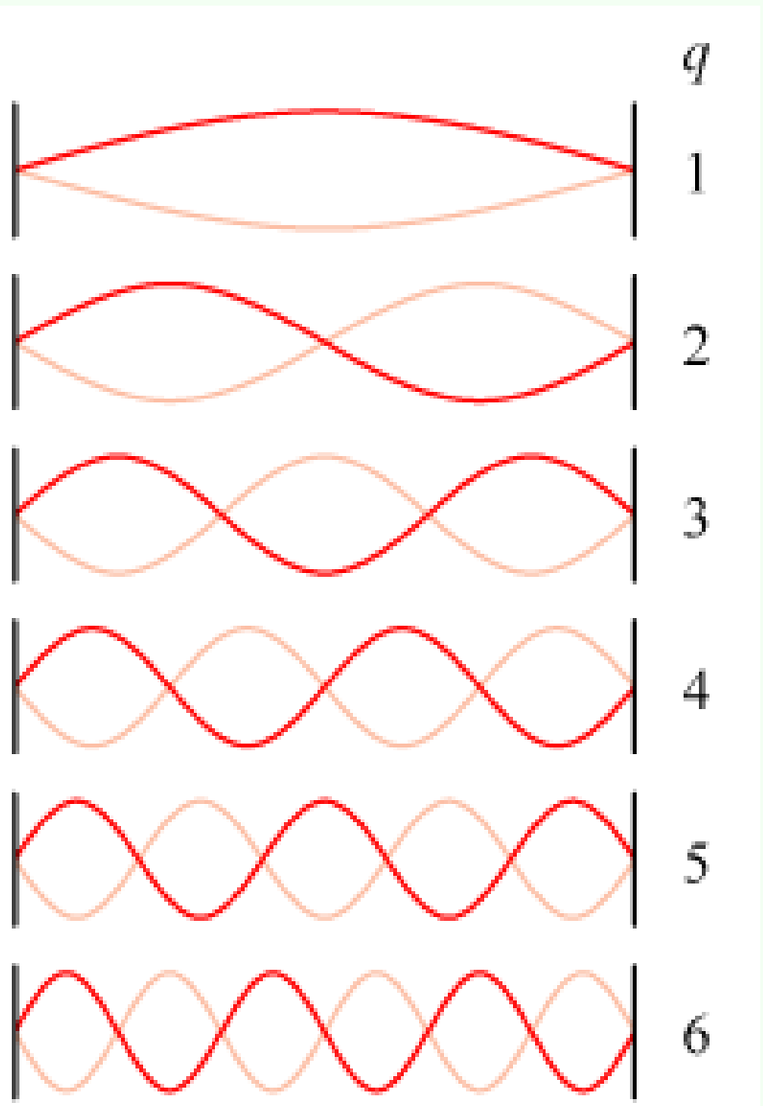
$$s_1 = 1 - \frac{L}{R_1} = 1 - \frac{50}{-400} = 1.125 \qquad s_2 = 1 - \frac{L}{R_2} = 1 - \frac{50}{200} = 0.75$$

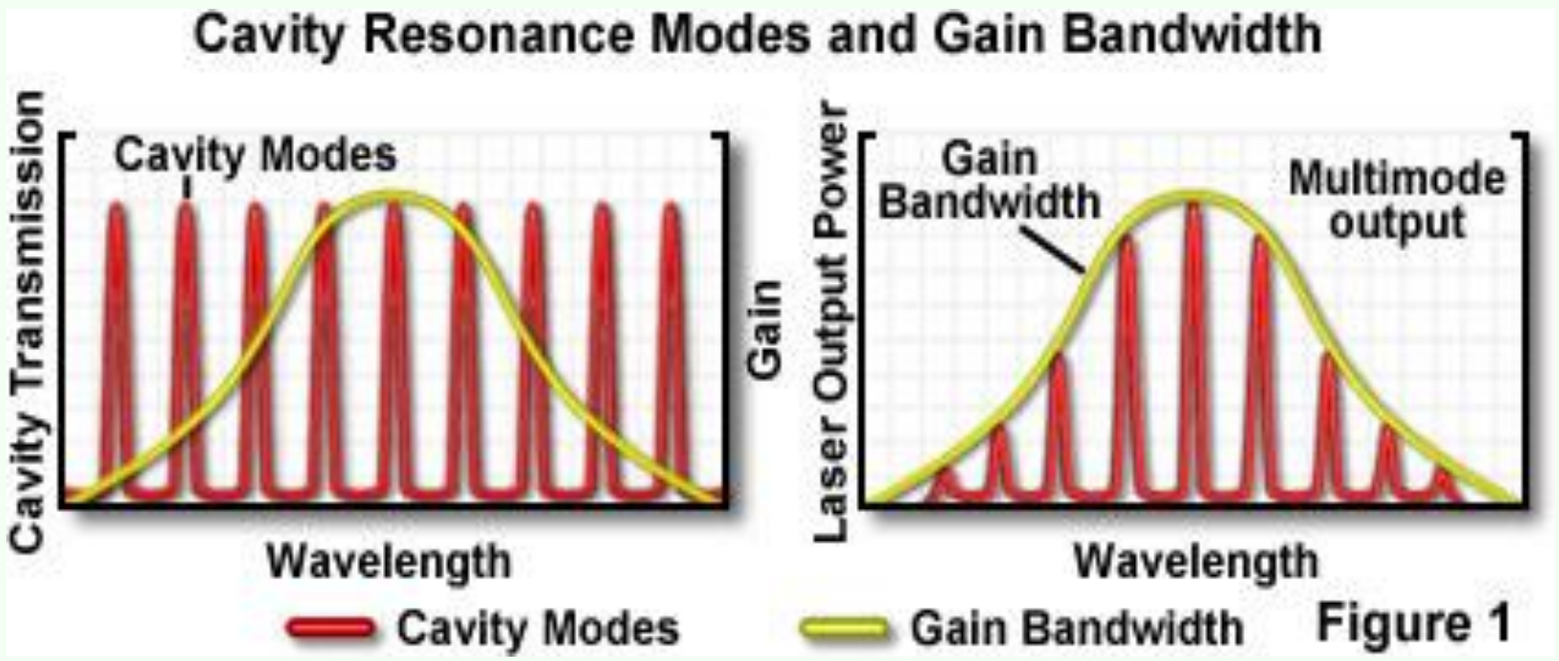
$$s_1 . s_2 = 0.84 \quad \Rightarrow \quad -1 \leqslant s_1 \cdot s_2 \leqslant 1 \quad \Rightarrow \quad \text{المرنان مستقر}$$

أنماط خرج المرنان

1- الأنماط الطولية
Longitudinal Modes

هي عبارة عن الموجات الواقفة التي تنشأ على طول محور المرنان ، يمكن إيجاد عدد هذه الأنماط باستخدام المعادلة (11)

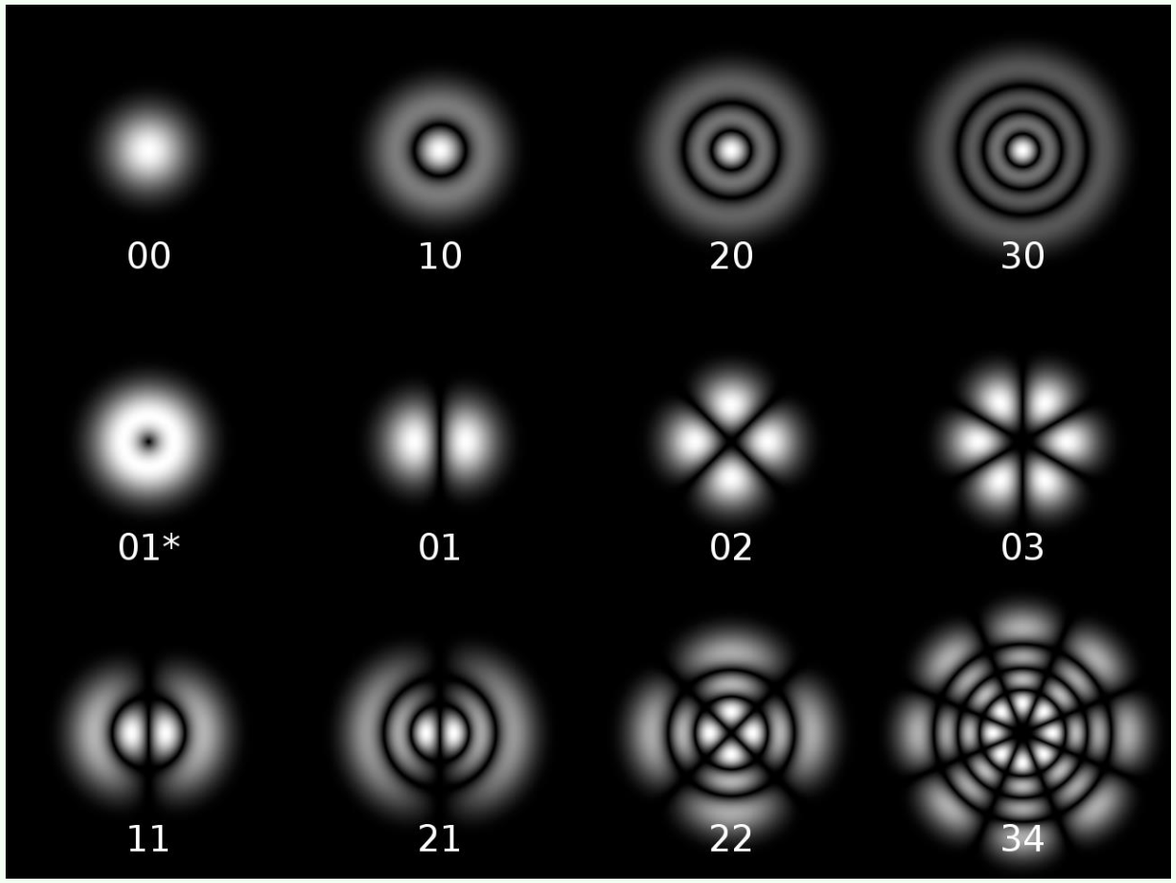


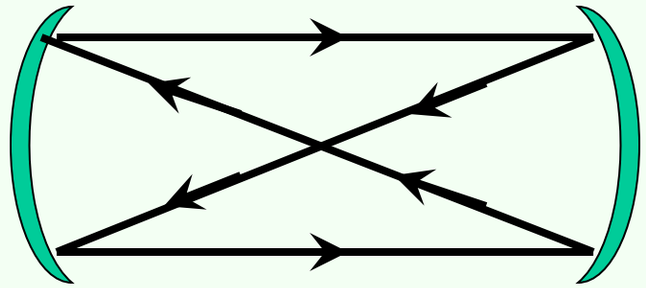


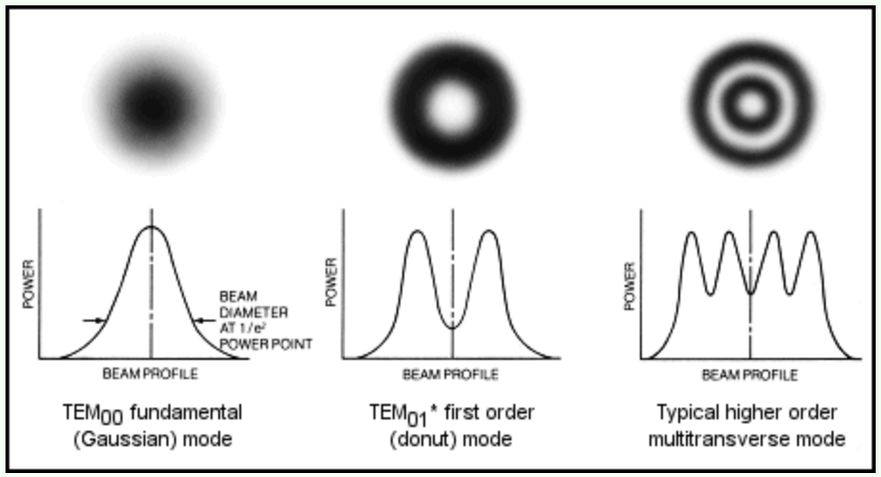
2- الأنماط المستعرضة

Transverse Modes

هي عبارة عن موجات تنتقل بشكل مائل عن محور المرنان وتستطيع إعادة نفسها بعد قطع مسار مغلق كثير التعقيد ويرمز لها بالرمز TEM







أسئلة ومسائل

س 1: يراد اختيار وسط فعال لينتج ليزراً طوله الموجي يعادل 1550 nm ؟ ماهو الفرق اللازم بين مستويات الطاقة لهذا الوسط ؟

س 2 : كم عدد الترددات المسموح به (الأنماط الطولية) في ليزر المسافة بين مرايا المرنان فيه تعادل 2 mm وتردده = 1.5×10^{14} Hz .

س 3 : أثبت أن مقياس فابري – بيرو ذو المرايا المستوية يعتبر مرناناً مستقراً ؟