

CƠ SỞ ĐỘNG HỌC VÀ ỨNG DỤNG CỦA LASER

Người thực hiện: Nguyễn Thị Phương, Bùi Thị Thu

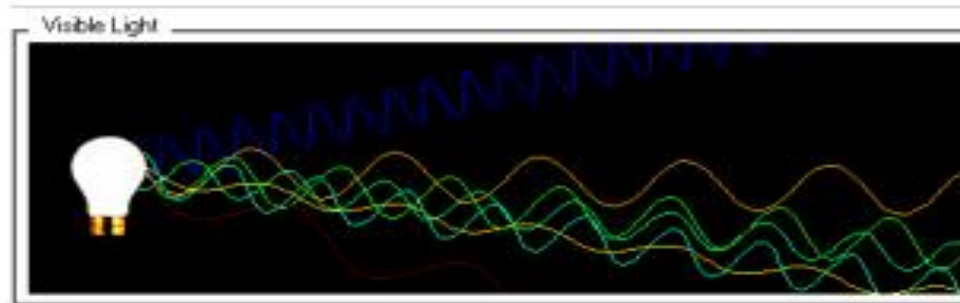
CƠ SỞ ĐỘNG HỌC VÀ ỨNG DỤNG CỦA LASER

LASER - Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation –
Khuếch đại ánh sáng bằng bức xạ cưỡng bức

NỘI DUNG:

- Cơ sở động học của laser
- Các loại laser
- Ứng dụng của laser

Regular Light

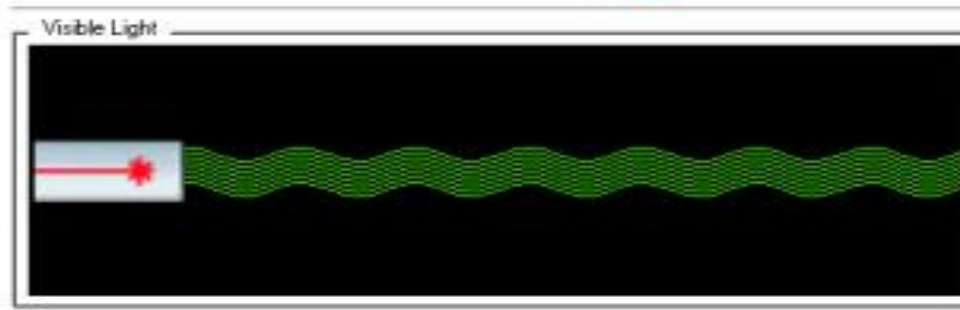


COHERENCE:

Like rain



Laser Light



➤ Lý thuyết của Albert Einstein về sự hấp thụ và bức xạ

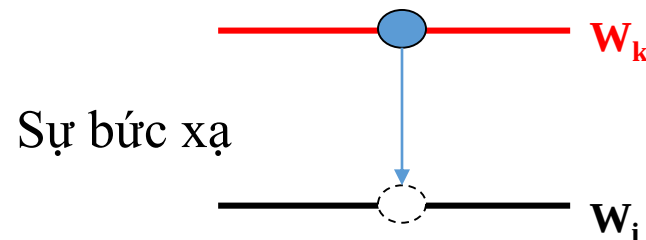
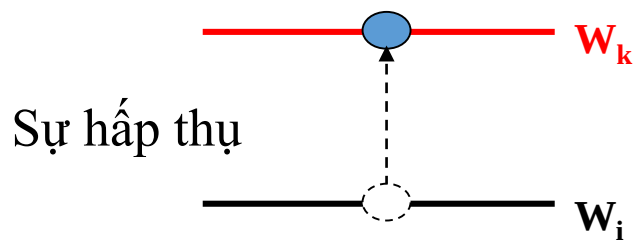
- Khi hệ vật chất tồn tại ở trạng thái cân bằng nhiệt động, không chịu tác động của kích thích từ bên ngoài, hệ ở mức năng lượng thấp nhất, gọi là mức NL cơ bản.
- Khi hệ vật chất chịu tác động của kích thích từ bên ngoài (bức xạ trường điện từ: ánh sáng, nhiệt độ...) hệ chuyển lên các mức năng lượng cao hơn, gọi là các mức kích thích.
- Theo Albert Einstein có 3 loại dịch chuyển giữa các mức năng lượng tương ứng với 3 quá trình:
 - + Hấp thụ
 - + Bức xạ tự phát
 - + Bức xạ cưỡng bức (cảm ứng)

CƠ SỞ ĐỘNG HỌC CỦA LASER

➤ Lý thuyết của Albert Einstein về sự hấp thụ và bức xạ

- Hấp thụ hay phát xạ của vật chất đều là kết quả của sự chuyển trạng thái của nguyên tử từ mức năng lượng này sang mức năng lượng khác.
- Xét một đơn vị thể tích khối chất
 - Khi trạng thái của nguyên tử chuyển từ mức năng lượng thấp W_i lên mức năng lượng cao hơn W_k thì hệ xảy ra **hấp thụ**.
 - Khi trạng thái của nguyên tử chuyển từ mức năng lượng cao W_k xuống mức có năng lượng thấp hơn W_i thì hệ xảy ra **bức xạ**.
 - Khi đó tần số của bức xạ thỏa mãn:

$$\nu_{ki} = \frac{W_k - W_i}{h}$$



CƠ SỞ ĐỘNG HỌC CỦA LASER

➤ Lý thuyết của Albert Einstein về sự hấp thụ và bức xạ

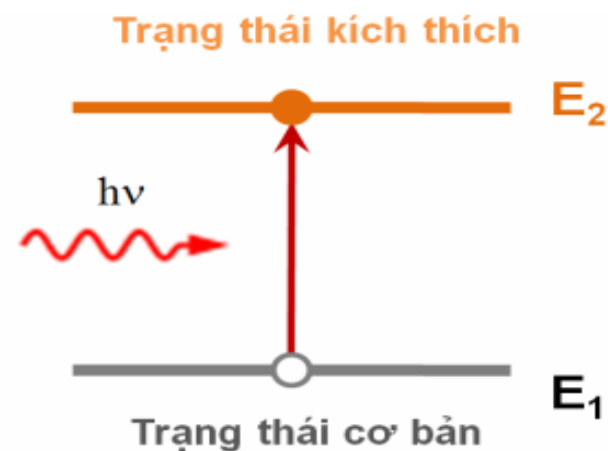
❖ **Quá trình hấp thụ :** Khi hệ vật chất chịu tác động của trường điện từ bên ngoài

- Các nguyên tử ở mức năng lượng thấp có thể hấp thụ photon của trường điện từ bên ngoài để chuyển lên mức năng lượng cao hơn.
- Xét một đơn vị thể tích khối chất.
- Gọi số nguyên tử ở trạng thái k ở thời điểm t là $N_k(t)$
- Gọi mật độ năng lượng bức xạ kích thích bên ngoài có tần số ν_{ki} là $\rho(\nu_{ki})$

(Mật độ năng lượng bức xạ kích thích đặc trưng cho ảnh hưởng bởi trường điện từ bên ngoài)

$$dN_k(t) = \rho(\nu_{ki}) \cdot B_{ik} \cdot N_i(t) \cdot dt \quad (1)$$

$\rho(\nu_{ki}) \cdot B_{ik}$ Là xác suất hấp thụ



CƠ SỞ ĐỘNG HỌC CỦA LASER

➤ Lý thuyết của Albert Einstein về sự hấp thụ và bức xạ

❖ Quá trình bức xạ

- **Bức xạ tự phát:** không ảnh hưởng bởi trường điện từ bên ngoài

Xét một đơn vị thể tích khối chất.

Gọi số nguyên tử ở trạng thái k tại thời điểm t là $N_k(t)$

Gọi A_{ki} là hệ số tỷ lệ phụ thuộc vào khả năng chuyển dời giữa 2 mức đó
(Đây chính là xác suất chuyển dời từ mức k về mức i)

$$\begin{aligned} dN_k(t) &= -A_{ki} \cdot N_k(t) \cdot dt \\ \rightarrow \frac{dN_k(t)}{N_k} &= -A_{ki} \cdot dt \quad \rightarrow N_k(t) = N_k(0) \cdot e^{-A_{ki} \cdot t} \end{aligned} \quad (2)$$

$N_k(0)$ là số nguyên tử ở mức k tại thời điểm $t=0$

CƠ SỞ ĐỘNG HỌC CỦA LASER

❖ Quá trình bức xạ

▪ Bức xạ tự phát:

▪ Cường độ bức xạ của một vạch phổ (công suất bức xạ)

là năng lượng bức xạ của một đơn vị thể tích khối chất trong 1s

$$I = N_k(t) \cdot A_{ki} \cdot h\nu_{ki} = N_k(0) \cdot A_{ki} \cdot h\nu_{ki} \cdot e^{-A_{ki} \cdot t}$$

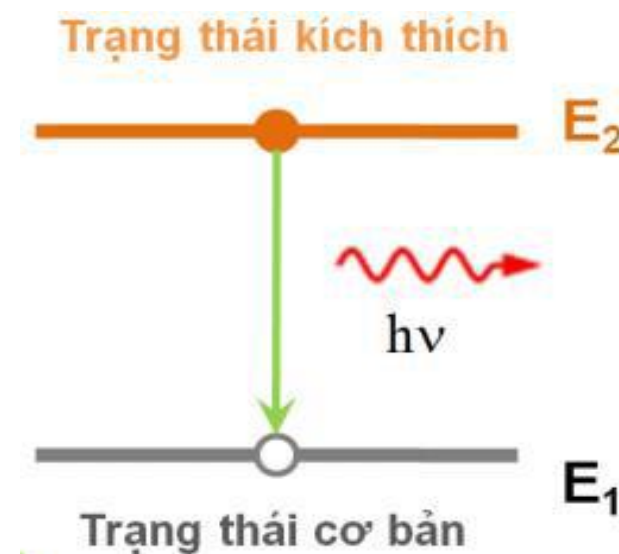
$$N_k(0) \cdot A_{ki} \cdot h\nu = I_0 \rightarrow I = I_0 \cdot e^{-A_{ki} \cdot t} \quad (3)$$

Thời gian sống trung bình τ của nguyên tử ở mức k là thời gian để số nguyên tử giảm đi e lần

$$\text{Từ (3) suy ra:} \quad \tau = \frac{1}{A_{ki}}$$

Thời gian sống trung bình của nguyên tử ở trạng thái nào đó chính là nghịch đảo của xác suất chuyển dời tương ứng.

Bức xạ tự phát của mỗi nguyên tử trong hệ thực hiện độc lập với nhau nên sóng của mỗi bức xạ có phương thay đổi một cách hỗn loạn dẫn đến bức xạ không đồng bộ



CƠ SỞ ĐỘNG HỌC CỦA LASER

■ Bức xạ cưỡng bức (bức xạ cảm ứng):

Là bức xạ tương ứng với dịch chuyển nhờ tác động của trường điện từ bên ngoài. Bức xạ cưỡng bức có tần số đúng bằng tần số kích thích.

- Nếu xét một đơn vị thể tích khối chất đặt trong trường điện từ với các photon có tần số

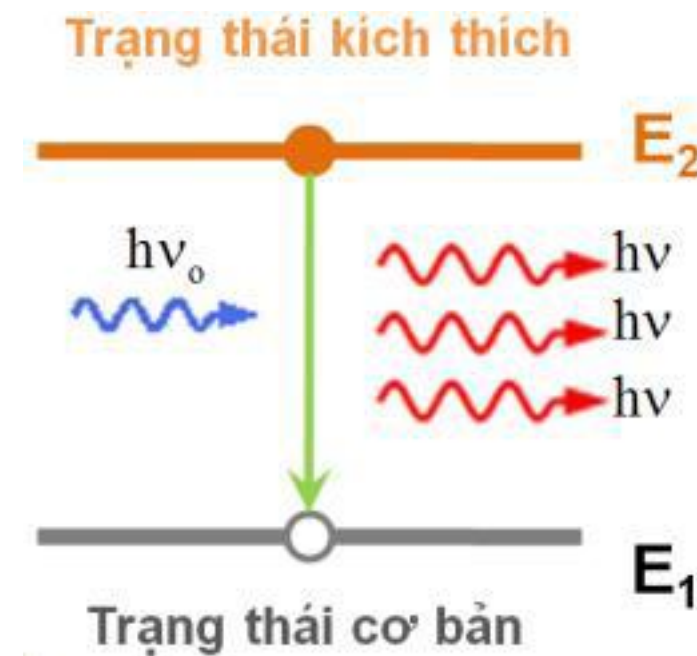
$$\nu_{ki} = \frac{W_k - W_i}{h}$$

- Khi đó ta xác định được số nguyên tử bị giảm ở mức k là

$$\frac{dN_k(t)}{N_k} = -\rho(\nu_{ki}).B_{ki}.dt$$

$\rho(\nu_{ki}).B_{ki}$ Gọi là xác suất chuyển dời của quá trình bức xạ cưỡng bức

$$N_k(t) = N_k(0).e^{-\rho(\nu_{ki}).B_{ki}.t} \quad (4)$$



Cơ sở động học của laser

➤ Phương trình Einstein

Do cả ba quá trình (HT, BXTP, BXCĐ) cùng đồng thời xảy ra nên tốc độ thay đổi số hạt ở mức năng lượng W_k là:

$$\frac{dN_k(t)}{dt} = -A_{ki}N_k(t) - B_{ki}\rho(\nu_{ki})N_k(t) + B_{ik}\rho(\nu_{ki})N_i(t) \quad (5)$$

Phương trình (5) gọi là phương trình Einstein.

Phương trình này cho phép xác định mật độ năng lượng bức xạ điện từ bằng cách xét ở trạng thái cân bằng nhiệt động, số hạt ở các mức năng lượng không thay đổi theo thời gian, khi đó:

$$\frac{dN_k(t)}{dt} = -A_{ki}N_k(t) - B_{ki}\rho(\nu_{ki})N_k(t) + B_{ik}\rho(\nu_{ki})N_i(t) = 0$$

CƠ SỞ ĐỘNG HỌC CỦA LASER

➤ Phương trình Einstein

$$\rho(\nu_{ki}) = \frac{A_{ki} \cdot N_k(t)}{B_{ik} \cdot N_i(t) - B_{ki} N_k(t)} = \frac{A_{ki}}{B_{ik} \frac{N_i(t)}{N_k(t)} - B_{ki}}$$

Theo phân bố Boltzman ta có

$$\frac{N_k(t)}{N_i(t)} = e^{-\frac{W_k - W_i}{kT}} = e^{-\frac{h\nu_{ki}}{kT}} \rightarrow \frac{N_i(t)}{N_k(t)} = e^{\frac{h\nu_{ki}}{kT}} \rightarrow \rho(\nu_{ki}) = \frac{A_{ki}}{B_{ik} \cdot e^{\frac{h\nu_{ki}}{kT}} - B_{ki}}$$

Lưu ý rằng khi $T \rightarrow \infty \Rightarrow \rho(\nu_{ki}) \rightarrow \infty$ Do đó $\left(B_{ik} \cdot e^{\frac{h\nu_{ki}}{k_B \cdot T}} - B_{ki} \right) \rightarrow 0$

Mặt khác $T \rightarrow \infty \Rightarrow e^{\frac{h\nu_{ki}}{k_B T}} \rightarrow 1$ Suy ra $B_{ik} = B_{ki}$ Vậy $\rightarrow \rho(\nu_{ki}) = \frac{A_{ki}}{B_{ik}} \frac{1}{e^{\frac{h\nu_{ki}}{k_B T}} - 1}$

CƠ SỞ ĐỘNG HỌC CỦA LASER

➤ Phương trình Einstein

Với kết quả tính toán sự liên hệ của các hệ số A_{ki} và B_{ik} (các hệ số Einstein) như sau

$$\frac{A_{ki}}{B_{ik}} = \frac{8\pi h \nu_{ki}^3}{c^3}$$

Vậy mật độ năng lượng bức xạ xác định theo công thức

$$\rho(\nu_{ki}) = \frac{8\pi h \nu_{ki}^3}{c^3} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\nu_{ki}}{k_B T}} - 1}$$

Ta nhận thấy từ giả thiết về quá trình bức xạ cưỡng bức đã đi đến một kết quả rất phù hợp với công thức của M. Plank. Công thức Plank thì đã được thực nghiệm hoàn toàn kiểm chứng. Einstein đã đặt nền móng cho sự phát triển của một loại ánh sáng nhân tạo mà sau này được gọi tên là laser

➤ Phương trình Einstein

Nhận xét từ lý thuyết Einstein về hấp thụ và bức xạ

- Khi ta kích thích vào hệ vật chất (chiếu một chùm tia sáng) sẽ làm cho một số nguyên tử chuyển từ trạng thái năng lượng thấp lên trạng thái năng lượng cao (Hấp thụ), sau một khoảng thời gian rất ngắn một số chuyển xuống mức năng lượng thấp hơn một cách tự nhiên (Bức xạ tự phát), một số khác bị va chạm với photon kích thích quay về trạng thái có năng lượng thấp hơn đồng thời phát ra một photon có cùng tần số với photon kích thích (bức xạ cưỡng bức)

CƠ SỞ ĐỘNG HỌC CỦA LASER

Nhận xét từ lý thuyết Einstein về hấp thụ và phát xạ

- Quá trình bức xạ cưỡng bức (bức xạ cảm ứng) và hấp thụ là hai quá trình hoàn toàn đối xứng nhau nên photon được sinh ra không những có tần số đúng bằng tần số của photon tới mà còn có phương truyền và pha giống như photon tới. Do đó photon được sinh ra kết hợp với photon tới. Ta nói bức xạ cưỡng bức (bức xạ cảm ứng) là bức xạ định hướng, đơn sắc và kết hợp.
- Nếu ta tìm cách khuếch đại chùm bức xạ cưỡng bức (bức xạ cảm ứng) thì ta sẽ thu được chùm bức xạ có cường độ mạnh, độ đơn sắc cao và độ định hướng cao. Đó chính là nguyên lý tạo ra laser (**L**ight **A**mplification by the **S**timulated **E**mission of **R**adiation – khuếch đại ánh sáng bằng bức xạ cưỡng bức)

CƠ SỞ ĐỘNG HỌC CỦA LASER

➤ Điều kiện để một môi trường có thể khuếch đại ánh sáng

Công suất bức xạ phát ra: $P = N_k \cdot B_{ki} \cdot \rho(\nu_{ki}) h \nu_{ki} - N_i \cdot B_{ik} \cdot \rho(\nu_{ki}) \cdot h \nu_{ki}$

- Ở điều kiện cân bằng nhiệt động $B_{ki}=B_{ik}$ và $N_i > N_k$ nên $P < 0$ do đó trong môi trường này hấp thụ chiếm ưu thế, đây là những môi trường vật chất thường gặp .

- Muốn $P > 0$ thì $N_k > N_i$, trong môi trường này phát xạ cưỡng bức chiếm ưu thế, môi trường có khả năng khuếch đại ánh sáng thì mật độ nguyên tử ở mức năng lượng cao phải nhiều hơn mật độ nguyên tử ở mức năng lượng thấp, ta nói phải có sự đảo lộn mật độ trên các mức (nghịch đảo độ tích lũy)

CƠ SỞ ĐỘNG HỌC CỦA LASER

➤ Các phương pháp tạo đảo lộn mật độ trên các mức

- Phương pháp bơm quang học: dùng ánh sáng để kích thích các nguyên tử của môi trường
- Phương pháp va chạm giữa điện tử và nguyên tử để kích thích nguyên tử lên mức cần thiết
- Phương pháp va chạm nguyên tử kích thích và nguyên tử trung hòa
- Phương pháp phân rã phân tử, khi phân tử bị phân rã các nguyên tử sẽ bị kích thích

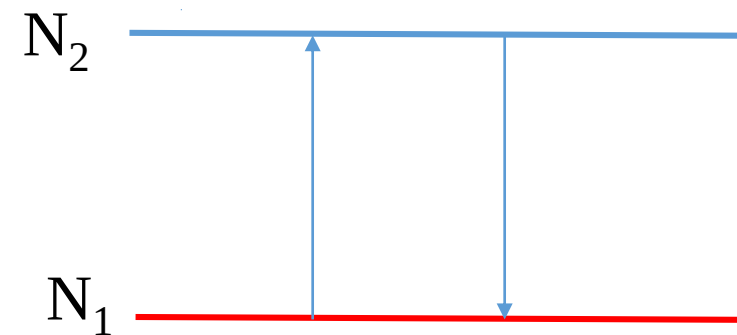
➤ Phương pháp bơm quang học:

- *Hệ nguyên tử làm việc với 2 mức năng lượng*

- Khi không có tác động bên ngoài thì $N_1 > N_2$

- Khi kích thích bằng quang học, các nguyên tử hấp thụ photon và chuyển mức năng lượng lên mức cao, N_1 giảm dần còn N_2 tăng dần.

- Tuy nhiên, khi $N_2 = N_1$ thì hệ không thể tạo được sự đảo lộn mật độ trên các mức.

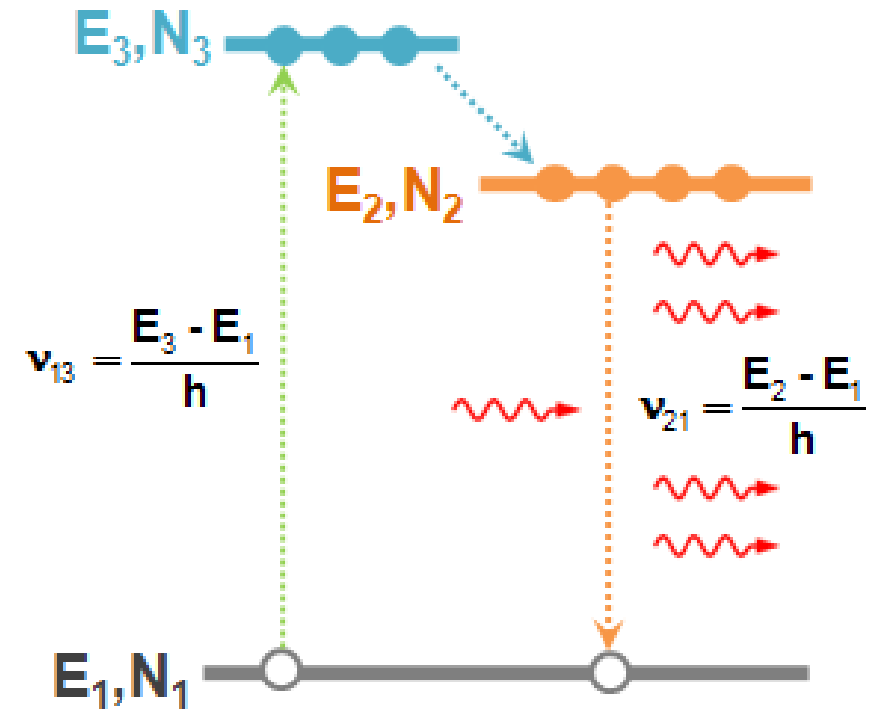


CƠ SỞ ĐỘNG HỌC CỦA LASER

➤ Phương pháp bơm quang học

- *Hệ nguyên tử làm việc với ba mức năng lượng*

Dùng bơm quang học để kích thích các nguyên tử chuyển từ mức 1 lên mức 3. Trạng thái 3 có thời gian sống ngắn nên nguyên tử nhanh chóng chuyển sang mức 2 là mức siêu bền. Do thời gian sống ở mức siêu bền tương đối lâu nên tạo được nghịch đảo mật độ giữa hai mức 2 và 1.

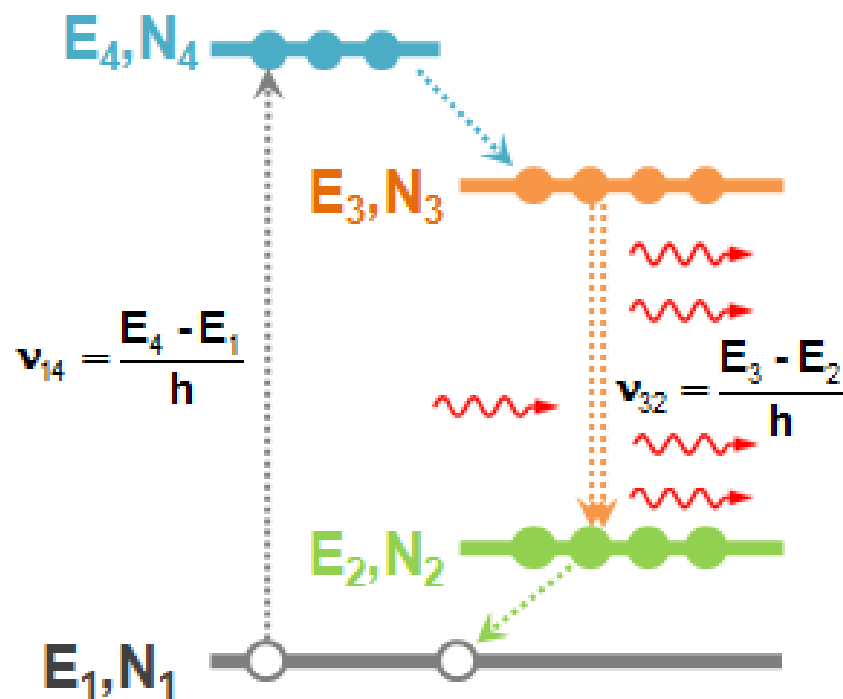


CƠ SỞ ĐỘNG HỌC CỦA LASER

➤ Phương pháp bơm quang học

- *Hệ nguyên tử làm việc với bốn mức năng lượng*

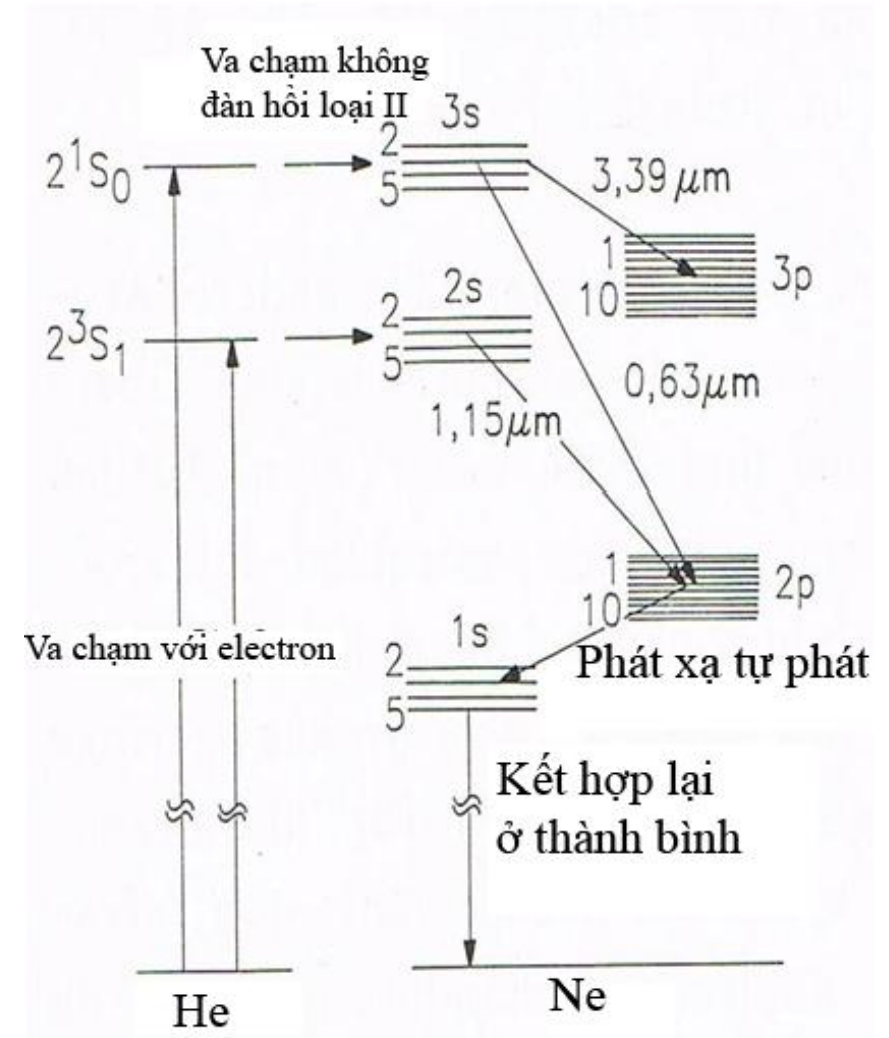
Dùng bơm quang học để kích thích các nguyên tử chuyển từ mức 1 lên mức 4. Trạng thái 4 có thời gian sống ngắn nên nguyên tử nhanh chóng chuyển sang mức 3 là mức siêu bền. Do thời gian sống ở mức 3 siêu bền tương đối lâu nên tạo được nghịch đảo mật độ giữa hai mức 3 và 2. Do mức 2 gần với mức 1 và có liên kết quang với mức 4 nên nguyên tử không có dịch chuyển từ mức 4 xuống mức 2 mà chuyển ngay xuống mức 1.



CƠ SỞ ĐỘNG HỌC CỦA LASER

➤ Phương pháp va chạm giữa điện tử và nguyên tử

- Bằng va chạm điện tử, các nguyên tử ở trạng thái cơ bản $1s$ được chuyển lên các trạng thái siêu bền 2^1s và 2^3s . Do hai trạng thái này nằm rất gần các mức kích thích $3s$ và $2s$ nên nhờ va chạm không đàn hồi có sự truyền năng lượng cộng hưởng để tạo nghịch đảo mật độ giữa các mức $3s, 2s$ với $3p, 2p$



CƠ SỞ ĐỘNG HỌC CỦA LASER

➤ Ngưỡng phát laser

Nếu gọi P' là công suất mất mát trong BCH thì: $P' = -\frac{dW}{dt} = \frac{W}{\tau_c} = \frac{\omega W}{Q}$

Trong đó W là năng lượng dự trữ có trong BCH, τ_c là thời gian tắt bức xạ, $\omega = 2\pi\nu$ là tần số góc của bức xạ, Q là hệ số phẩm chất của BCH.

Như vậy, tia laser chỉ phát ra khi: $P_v \geq P'$

Suy ra:
$$(N_2 B_{21} - N_1 B_{12}) h\nu \rho(\nu) g(\nu) V \geq \frac{\omega W}{Q}$$

➤ Ngưỡng phát laser

Trong đó: $W = \rho(\nu)V$; $\hbar = \frac{h}{2\pi}$; $\omega = 2\pi\nu$

Rút gọn ta được:

$$N_2 - N_1 \frac{B_{12}}{B_{21}} \geq \frac{1}{\hbar Q B_{21} g(\nu)}$$

Dấu bằng trong công thức này được gọi là ngưỡng phát của laser.

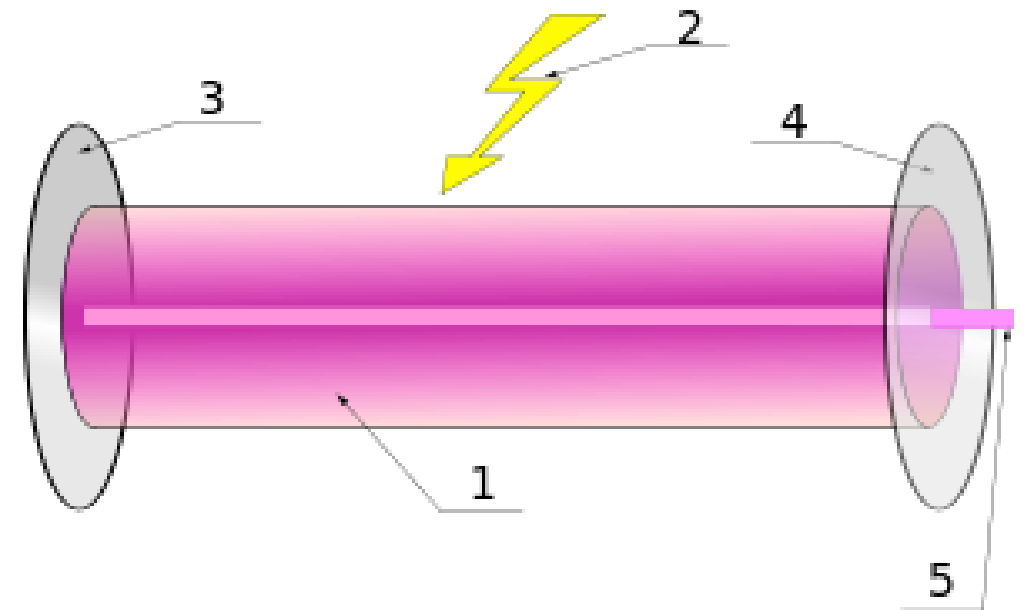
Điều kiện ngưỡng phát phụ thuộc vào độ phẩm chất của BCH, sự mở rộng vạch phổ và hệ số Einstein.

Để ngưỡng phát nhỏ cần lựa chọn: - BCH có mất mát nhỏ tức Q lớn; - chọn được hai mức năng lượng hoạt động sao cho hệ số B_{21} lớn; - làm giảm độ rộng vạch.

➤ Cấu tạo của máy phát laser

Máy phát laser gồm có 3 bộ phận chính:

- Hoạt chất (1).
- Buồng cộng hưởng (3, 4).
- Bộ phận kích thích hay nguồn bơm (2)

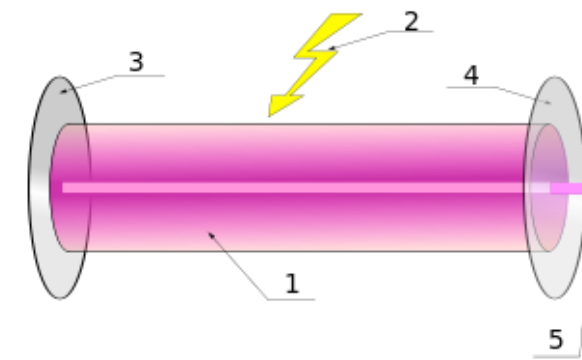


➤ Hoạt chất

Hoạt chất là môi trường vật chất (rắn, lỏng, khí, bán dẫn, ...) có khả năng khuếch đại ánh sáng đi qua nó.

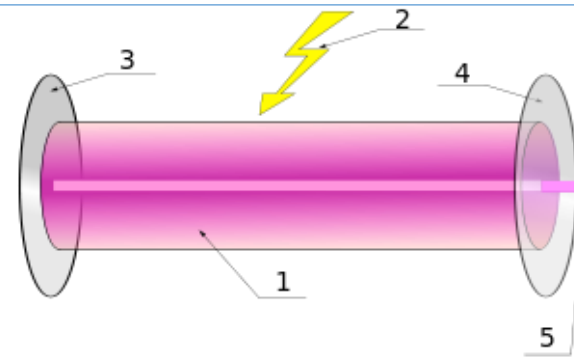
+ Hoạt chất là chất khí gồm có các khí đơn nguyên tử (Ar, Xe, Ne, ...); khí đa nguyên tử (CO_2 , N_2 , CO, ...) và các hỗn hợp khí (He-Ne, $\text{CO-N}_2\text{-He}$, ...).

+ Hoạt chất là chất rắn bao gồm dạng tinh thể hay thủy tinh được pha trộn thêm các ion nguyên tố hiếm như Sm^{+3} , Nd^{+3} , Cr^{+3} , ... Loại laser rắn điển hình là laser Ruby có hoạt chất là tinh thể Al_2O_3 trộn thêm Cr^{+3} hay laser YAG có hoạt chất là $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ trộn thêm ion Nd^{+3} .



CƠ SỞ ĐỘNG HỌC CỦA LASER

➤ Hoạt chất



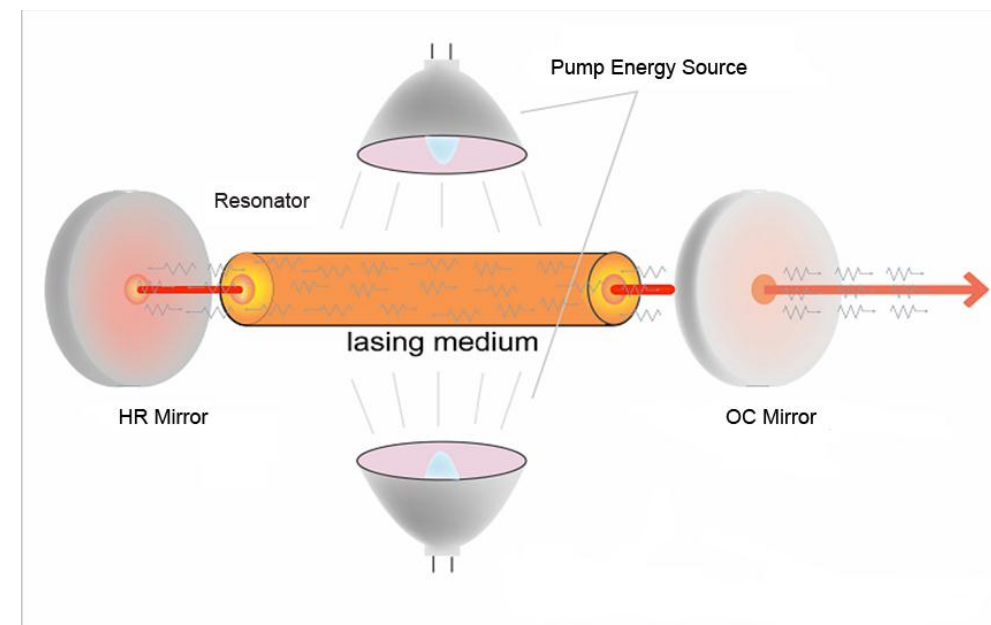
+ Hoạt chất là chất bán dẫn như GaAs, PbS, PbTe.... Về cơ bản, những hoạt chất này phải là những chất phát quang.

+ Hoạt chất là chất lỏng có thể là các chất Chelate như Peperidin Eu (BA)₄ hòa tan trong dung môi rượu ethanol+methol và có thêm ít ion nguyên tố hiếm Eu⁺³, Nd³...; hoạt chất có thể là các chất màu hữu cơ như Rhodamine B (RhB); Rhodamine 6G (Rh6G), ...

CƠ SỞ ĐỘNG HỌC CỦA LASER

➤ Buồng cộng hưởng (BCH)

- BCH có vai trò là làm cho bức xạ do hoạt chất phát ra có thể đi lại nhiều lần qua hoạt chất để được khuếch đại lên.

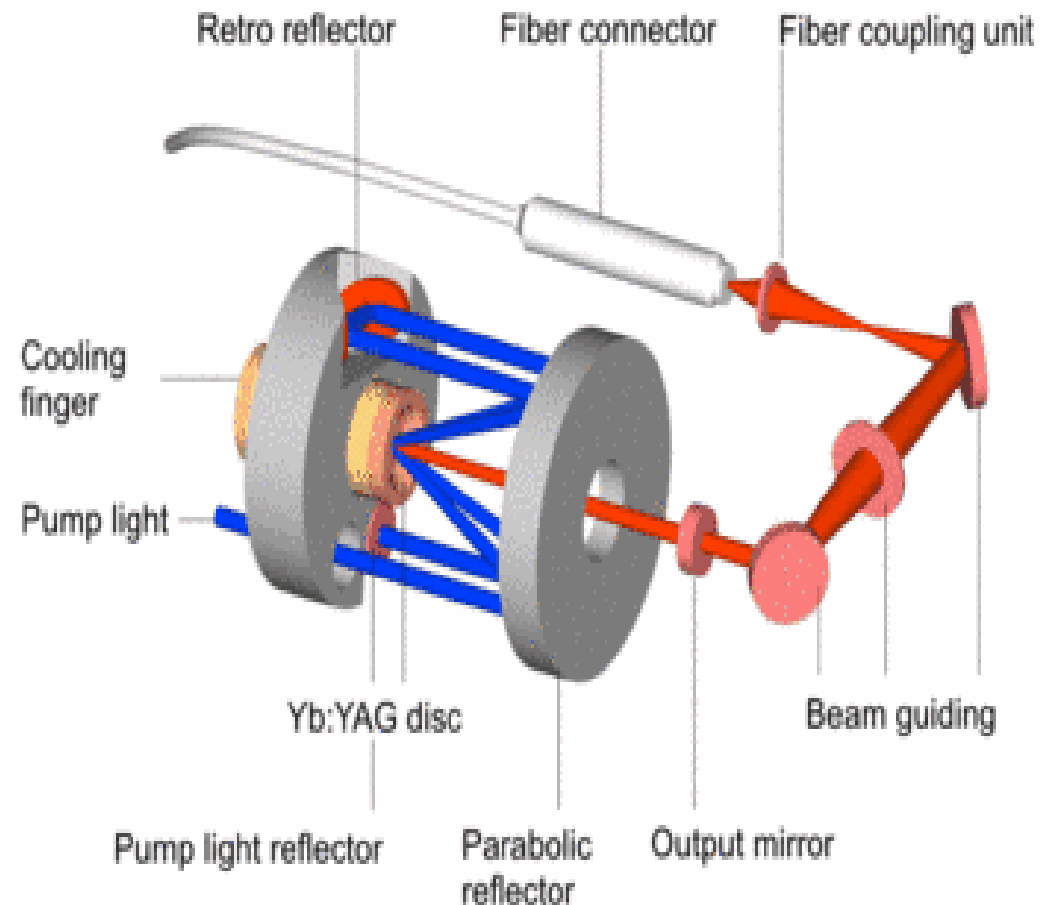


- Thành phần chủ yếu của BCH là hai gương phản xạ. Một gương có hệ số phản xạ rất cao, cỡ 99,99%, và một gương có hệ số phản xạ thấp hơn để tia laser có thể thoát ra ngoài. Một trong các gương có thể được thay bằng lăng kính hoặc cách tử tùy theo yêu cầu. Hai gương phản xạ có thể để xa hoạt chất hoặc gắn chặt với hoạt chất.

CƠ SỞ ĐỘNG HỌC CỦA LASER

➤ Nguồn bơm

Nguồn bơm là bộ phận cung cấp năng lượng để tạo sự đảo lộn mật độ trong 2 mức nào đó của hoạt chất và duy trì sự hoạt động của laser



Thí nghiệm mô phỏng

Lasers - Light, Radiation, La

Lasers (4.08)

File Options Help

One Atom (Absorption and Emission) Multiple Atoms (Lasing)

Lamp Control

Configure your atoms' electronic energy levels

Energy (eV)

Lifetime

Energy Levels

Options

Lamp View

Lower Transition

Reset All

Help!

View Picture of Actual Laser

Done

4:15 PM 6/8/2015

CÁC LOẠI LASER

➤ Các phương pháp phân loại

Tiêu chí phân loại laser có thể căn cứ vào:

- Trạng thái của môi trường hoạt tính: rắn, lỏng, khí, bán dẫn, plasma, ...
- Vùng phổ của bước sóng laser: vùng nhìn thấy, tử ngoại, hồng ngoại, ...
- Phương pháp bơm (kích thích): quang học, chum điện tử, ...
- Các đặc trưng của bức xạ laser: liên tục, xung, ...
- Số mức năng lượng tham gia vào quá trình phát laser: 3 mức, 4 mức, ...

CÁC LOẠI LASER

LASER RẮN

- ✓ Laser rắn thường hoạt động với một tần số hay một vài tần số.
- ✓ Môi trường hoạt tính là chất rắn.
- ✓ Ví dụ: Laser Ruby

LASER LỎNG

- ✓ Laser lỏng hoạt động với một tần số hay nhiều tần số phụ thuộc vào dung môi và nguồn bơm.
- ✓ Môi trường hoạt tính là chất lỏng, các dung dịch thuốc nhuộm màu.

LASER KHÍ

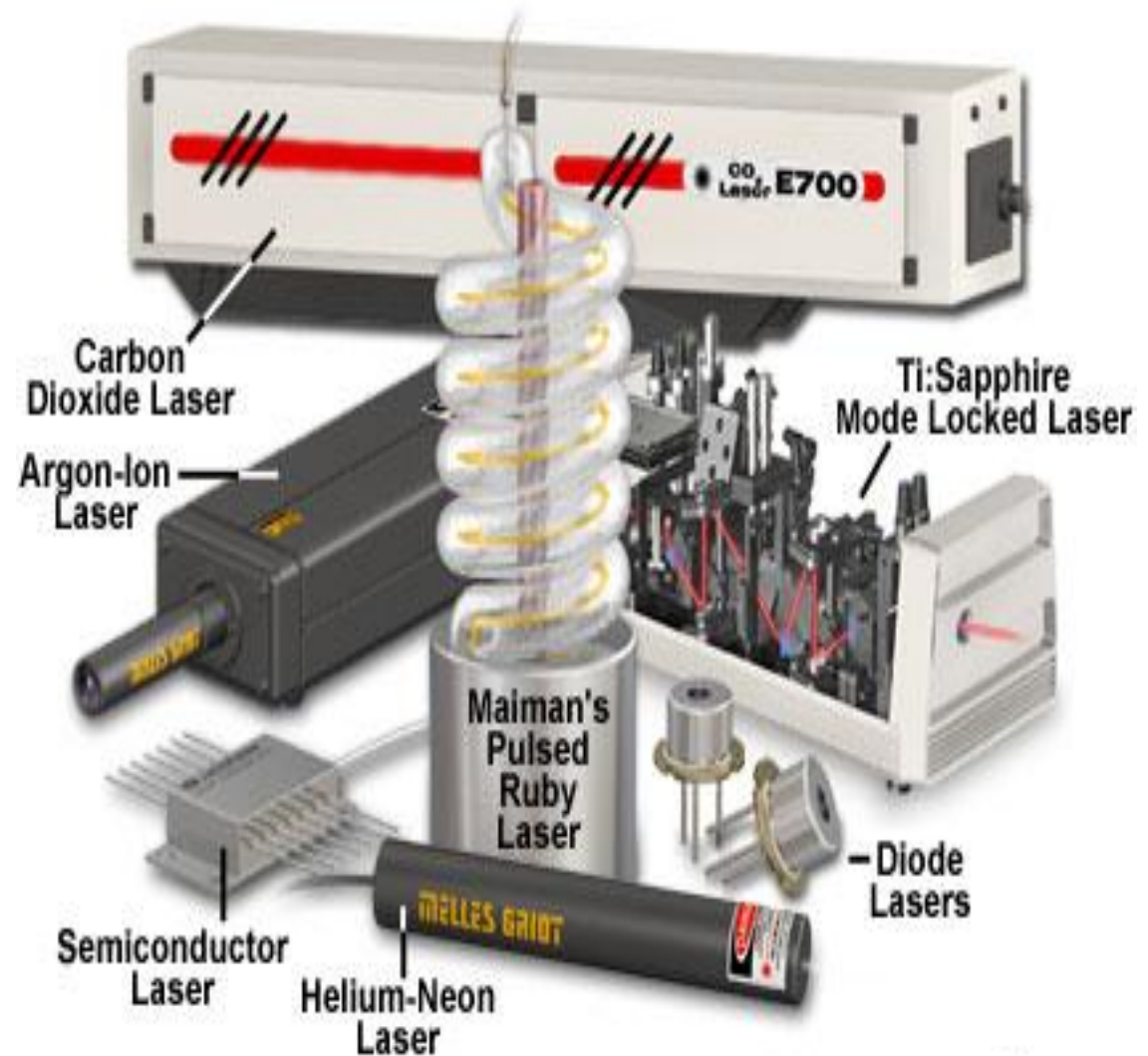
- ✓ Laser khí có vùng bước sóng phát từ vùng tử ngoại đến hồng ngoại.
- ✓ Môi trường hoạt tính là chất khí.
- ✓ Ví dụ: Laser He-Ne

LASER BÁN DẪN

- ✓ Laser bán dẫn được cấu trúc từ các lớp tiếp xúc p-n.
- ✓ Bức xạ của nó có thể biến thiên và điều khiển một cách liên tục được.
- ✓ Ví dụ: Laser GaAs

CÁC LOẠI LASER

1. Laser rắn
2. Laser lỏng
3. Laser khí
4. Laser bán dẫn.

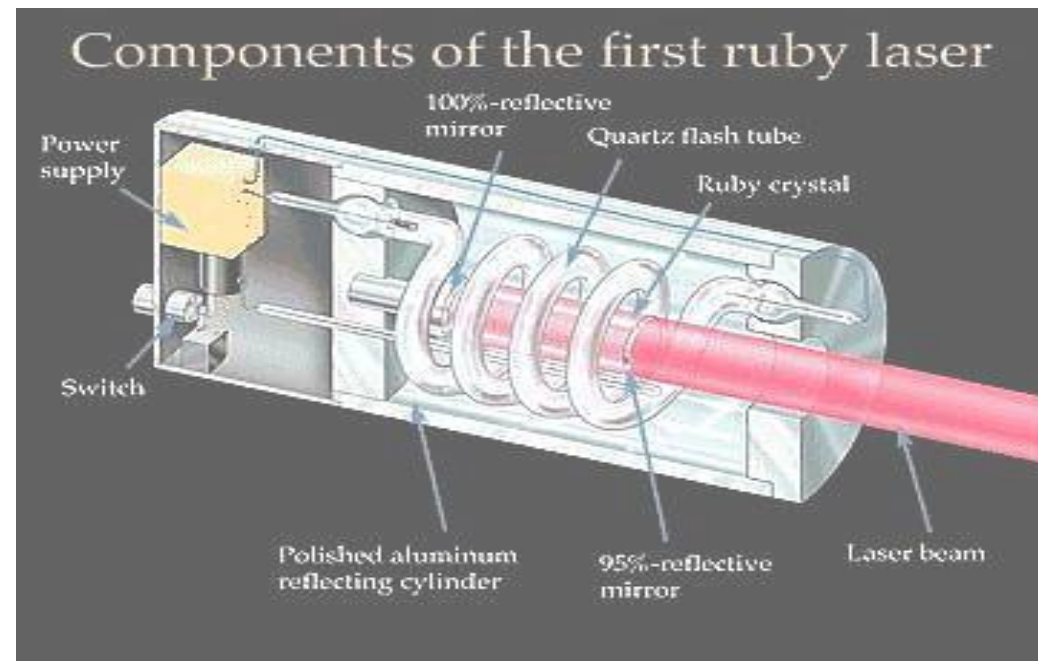


CÁC LOẠI LASER

➤ Laser rắn:

Hoạt động ở chế độ xung hay liên tục đều được, hoạt chất gồm chất nền và chất kích hoạt. Chất nền có cấu trúc tinh thể hoặc vô định hình. Chất kích hoạt thuộc nhóm các ion kim loại của các nhóm chuyển tiếp với lớp điện tử 3d, các ion đất hiếm với lớp điện tử 4f (Cr, Ti, Nd). Chất kích hoạt để tăng mật độ hạt bức xạ do đó tăng công suất phát laser.

Ví dụ laser Ruby
(Hoạt chất là oxit nhôm Al_2O_3 pha với 5 phần vạn oxit crôm Cr_2O_3)

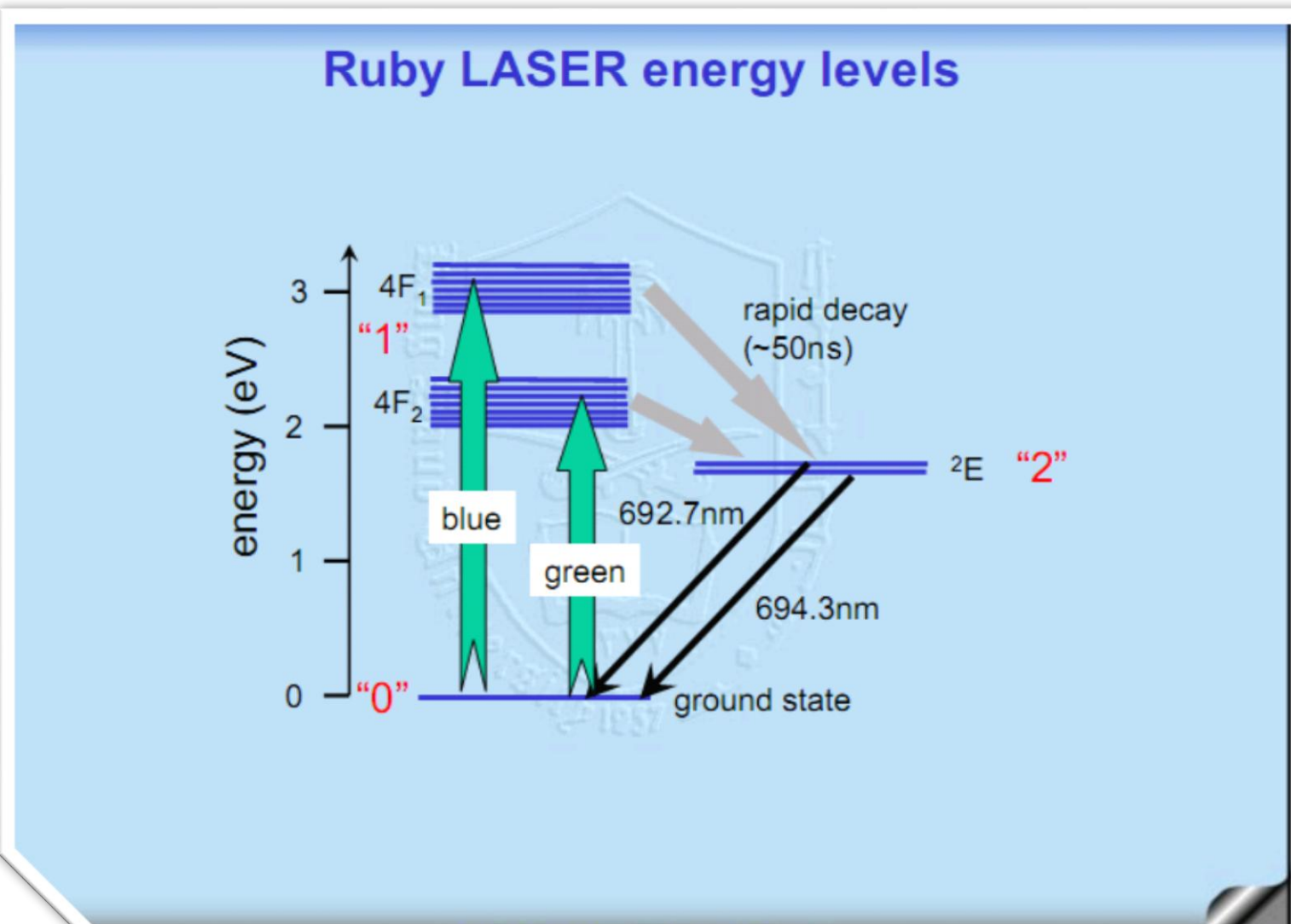


CÁC LOẠI LASER

Laser Ruby

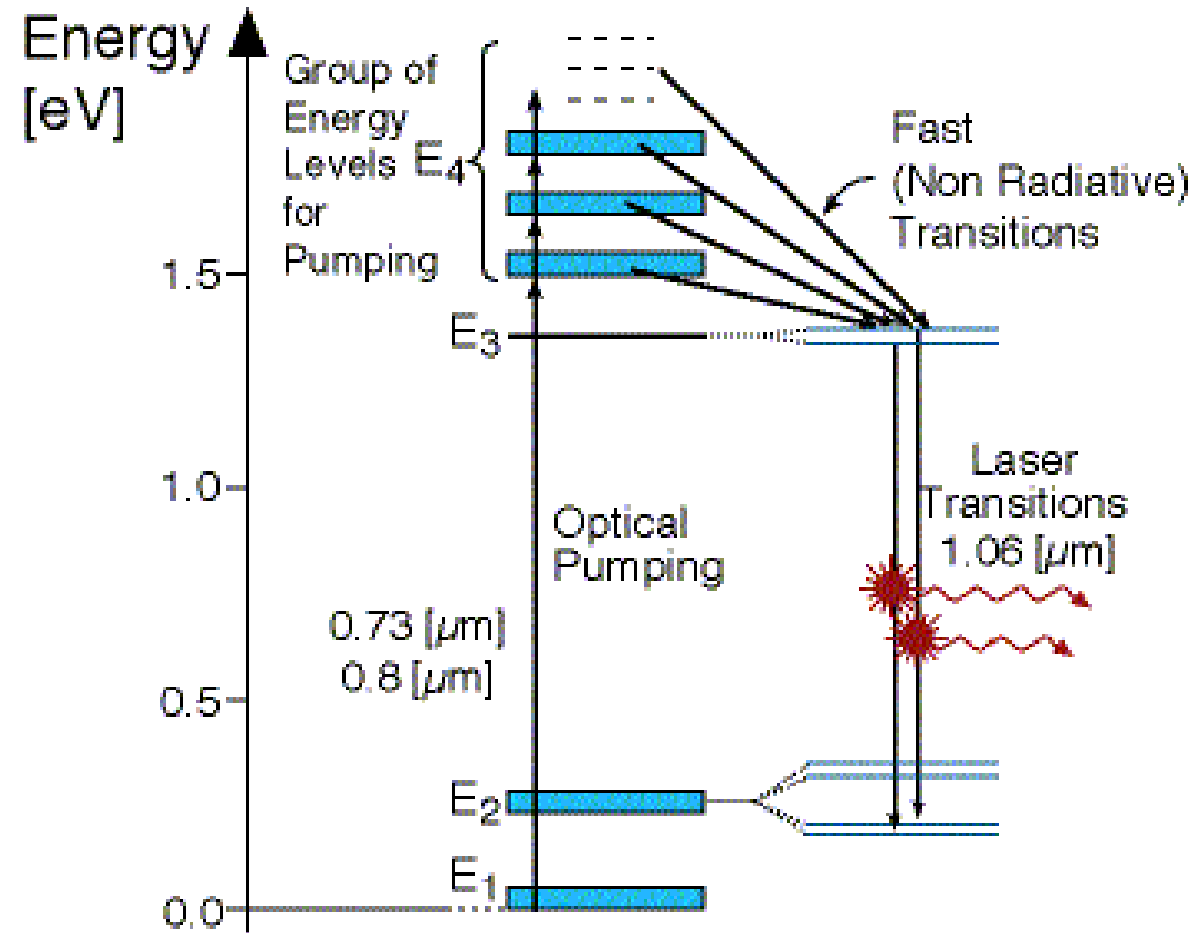
Do mức thứ 3 trong hoạt động của laser có độ rộng phổ lớn nên có thể dùng các loại đèn bơm không quá đơn sắc

Laser Ruby phát liên tục



CÁC LOẠI LASER

Các mức năng lượng hoạt động của Laser Nd:YAG



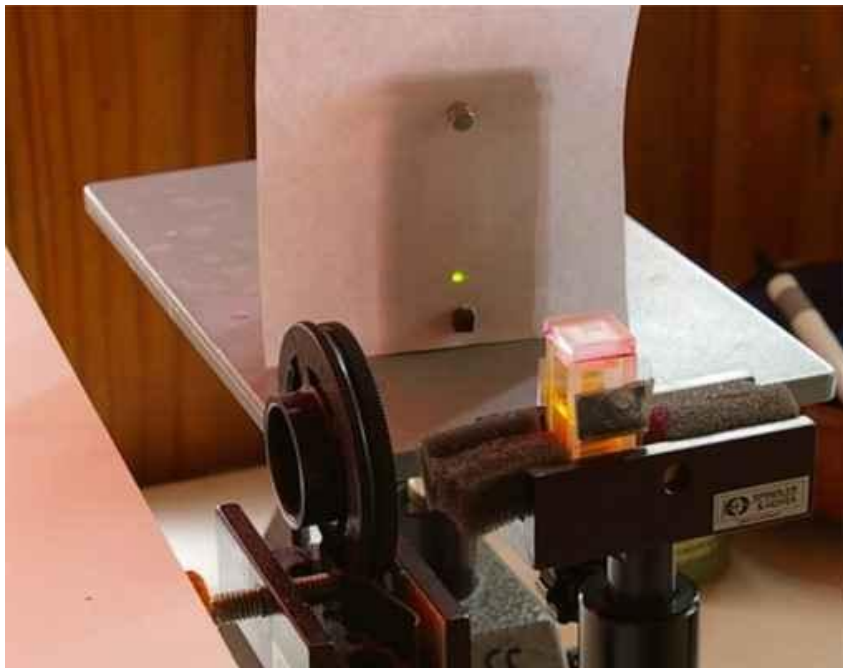
CÁC LOẠI LASER

➤ Laser lỏng:

- Dễ dàng tăng nồng độ tâm kích hoạt, tăng khối lượng hoạt chất để tạo được công suất lớn
- Dễ làm lạnh hoạt chất nhờ sử dụng việc cho nước chảy quanh hoạt chất, dễ thay đổi thành phần các hoạt chất.
- Nhược điểm là hoạt chất nhanh bị nóng nên laser không ổn định về tần số và công suất phát
- Bơm bằng đèn xung hay bằng laser rắn phát dạng xung
- Laser màu là laser lỏng có nhiều ứng dụng trong khoa học kỹ thuật
- Hiện nay có hàng trăm chất màu đã được tổng hợp, cho phép phát laser trực tiếp từ vùng tử ngoại tới vùng hồng ngoại
- Tín hiệu ra của laser màu thường là bức xạ kết hợp có khả năng quét trong 1 vùng phổ nào đó (do chất màu quyết định).

CÁC LOẠI LASER

Một số hình ảnh laser màu bơm ngang



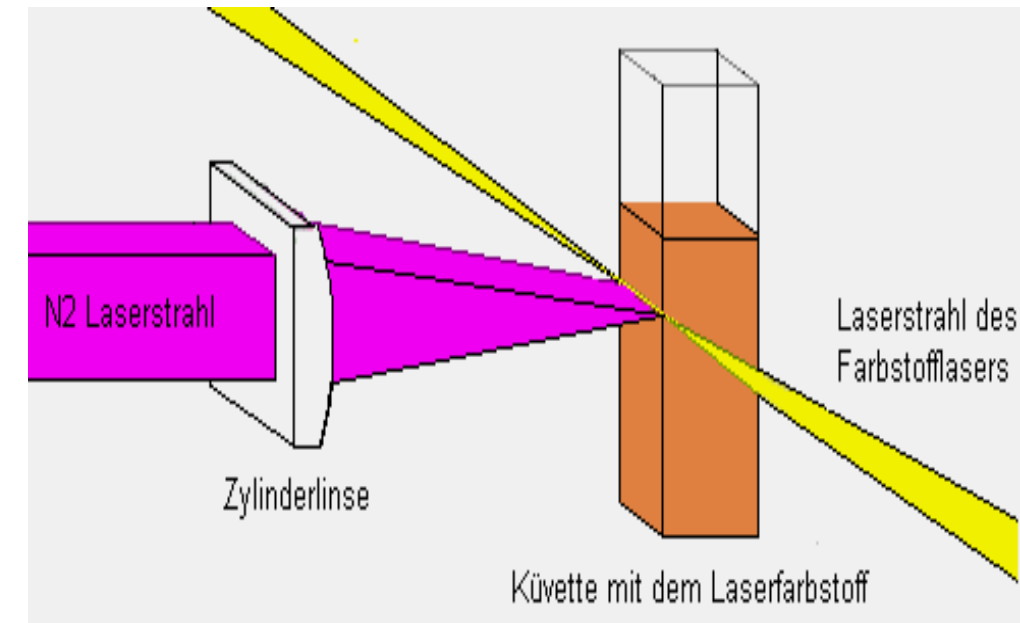
Rhodamin 6G



Rhodamin B

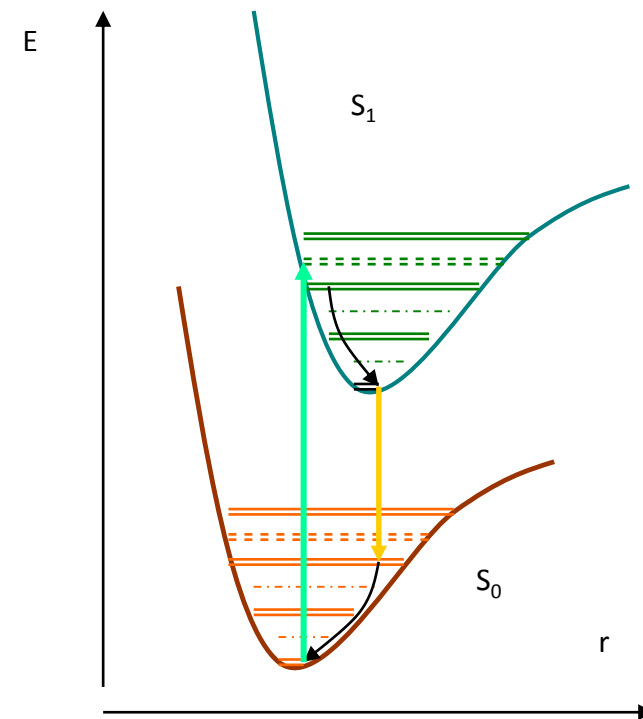
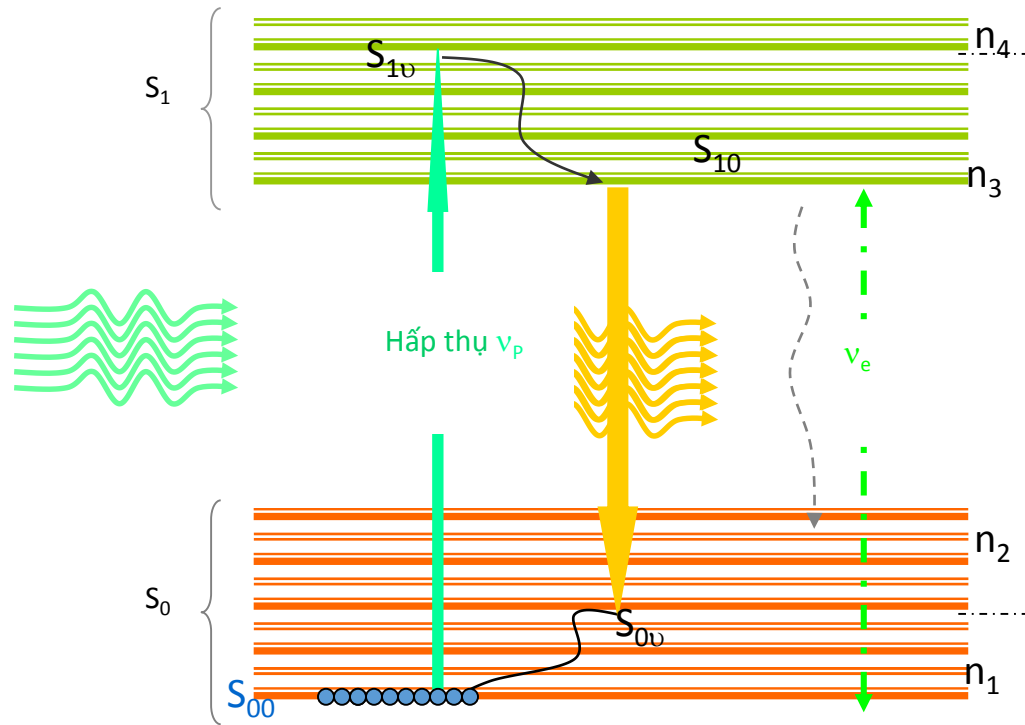
CÁC LOẠI LASER

Laser màu bơm bằng laser N2



CÁC LOẠI LASER

Cơ chế làm việc của laser màu với sơ đồ 4 mức và các định chuyển theo nguyên lý Franck-Kodon



CÁC LOẠI LASER

➤ Laser khí

- Hầu hết nguyên tố ở trạng thái khí đều có thể phát laser.
- Rất nhiều nguyên tử, phân tử có thể phát laser.
- Đa số laser khí là áp suất thấp (vài milli-torr).
- Lý do là:
 - Để có thể tạo ra sự phóng điện trên một khoảng cách xa giữa các điện cực.
 - Để thu được vạch phổ hẹp (không bị mở rộng do va chạm).
- Một số laser khí đặc biệt có áp suất cao (hàng trăm torr)
- Laser khí đầu tiên ([Helium-Neon laser](#)) được chế tạo năm 1961, một năm sau khi laser đầu tiên trên thế giới ra đời (laser [Ruby](#)).
- Laser khí đầu tiên ([Helium-Neon laser](#)) phát bước sóng vùng hồng ngoại gần (1152,27 nm, Near Infra-Red).

CÁC LOẠI LASER

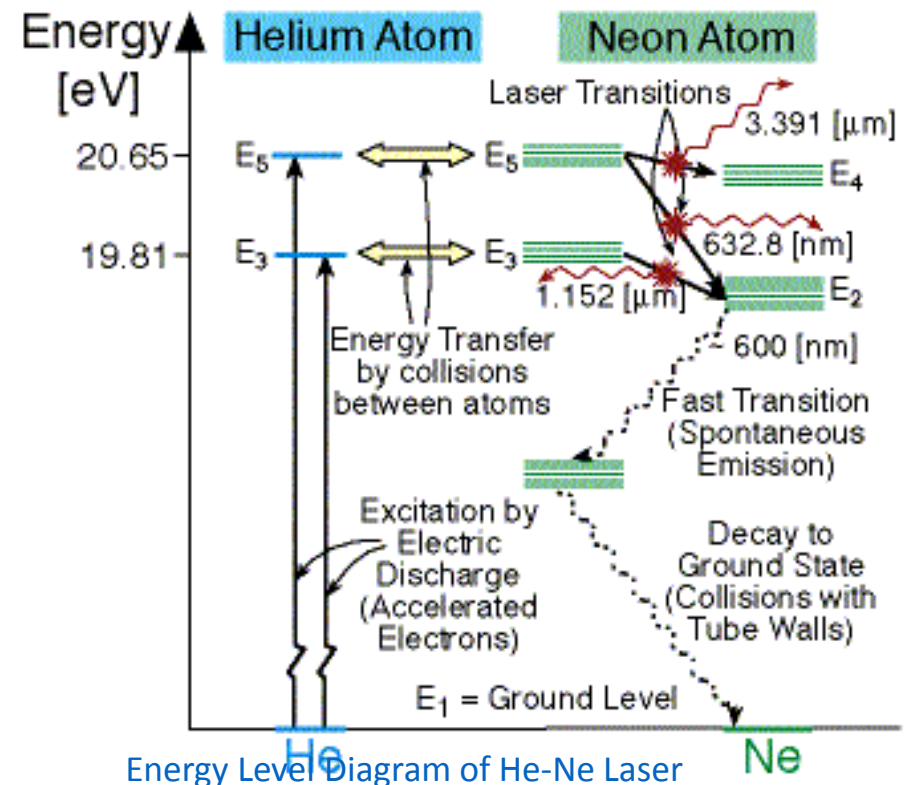
BƯỚC SÓNG MỘT SỐ LOẠI LASER KHÍ

Type	Wavelength (nm)	(Approximate) Power (W) ^a cw or Average	Operation
Electronic Transistions			
Molecular fluorine (F ₂)	157	1–5	Pulsed
Argon-fluoride excimer	193	0.5–50 (avg.)	Pulsed
Krypton-fluoride excimer	249	1–100 (avg.)	Pulsed
Argon-ion (deep UV)	275–305	0.001–1.6	Continuous
Xenon-chloride excimer	308	1–100 (avg.)	Pulsed
HeCd (UV)	325	0.002–0.1	Continuous
Nitrogen	337	0.001–0.01 (avg.)	Pulsed
Argon-ion (near UV)	333–364	0.001–7	Continuous
Krypton-ion (UV)	335–360	0.001–2	Continuous
Xenon-fluoride excimer	351	0.5–30 (avg.)	Pulsed
HeCd (UV)	353.6	0.001–0.02	Continuous
Krypton-ion	406–416	0.001–3	Continuous
HeCd	442	0.001–0.10	Continuous
Argon-ion	488–514.5	0.002–30	Continuous
Copper-vapor	510, 578	1–50 (avg.)	Pulsed

CÁC LOẠI LASER

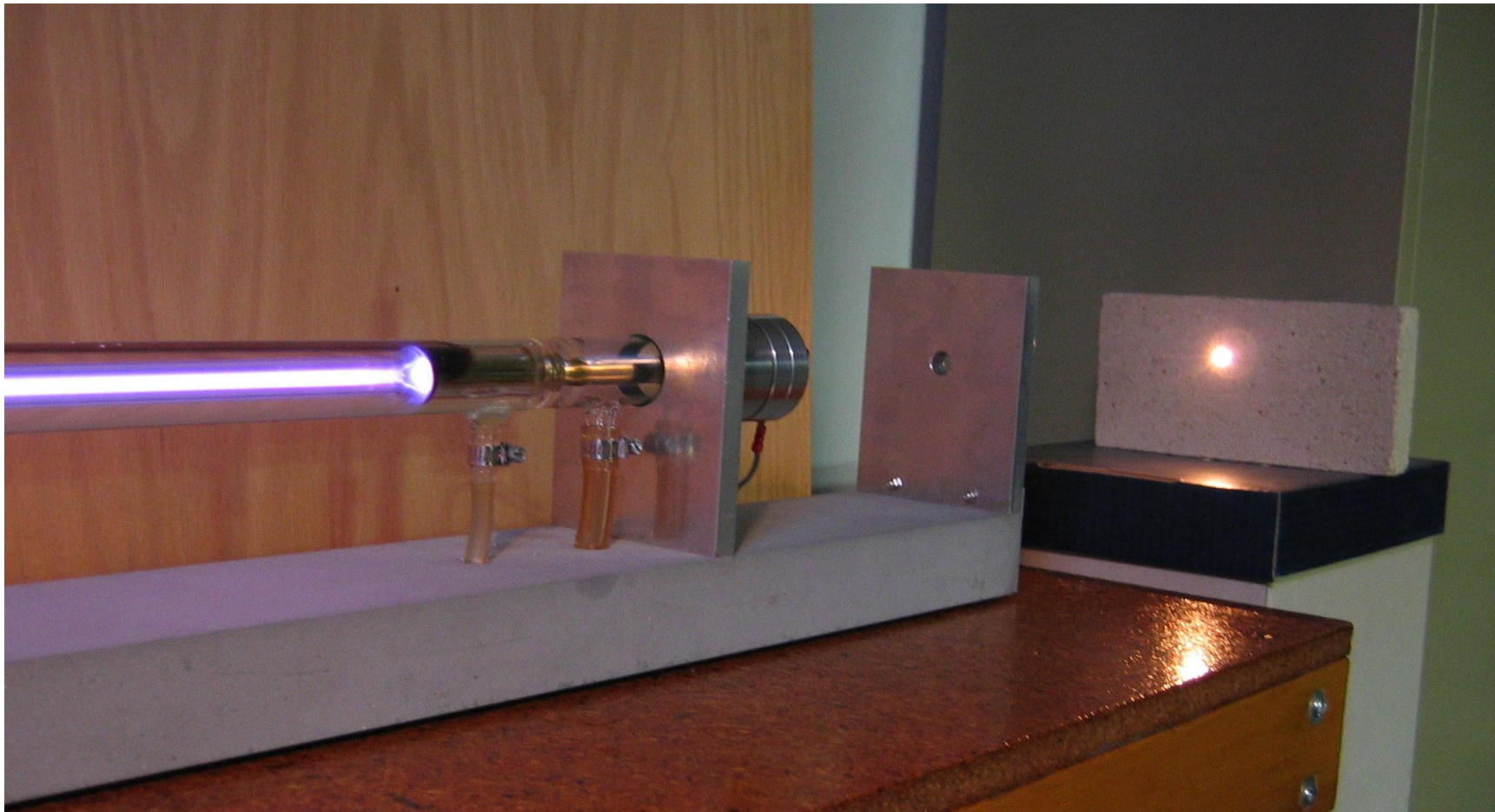
Nguyên lý hoạt động của laser He-Ne

- Môi trường hoạt tính là khí hiếm Neon (Ne), và là laser 4 mức (khí He là khí đệm)
- Có 2 mức siêu bền có vai trò là các mức laser trên, và 2 hai mức laser dưới. Do đó, có thể phát ra vài bước sóng laser.
- Các bước sóng chính:
0.6328 [μm] (**632.8 nm**); 1.152 [μm], 3.3913 [μm];
- Vai trò của khí He: tăng hiệu suất bơm (~200 lần) nhờ hiệu ứng truyền năng lượng:
 - He hấp thụ tốt sóng bơm
 - He có mức năng lượng kích thích tương tự mức kích thích của Ne



CÁC LOẠI LASER

Laser khí CO₂



CÁC LOẠI LASER

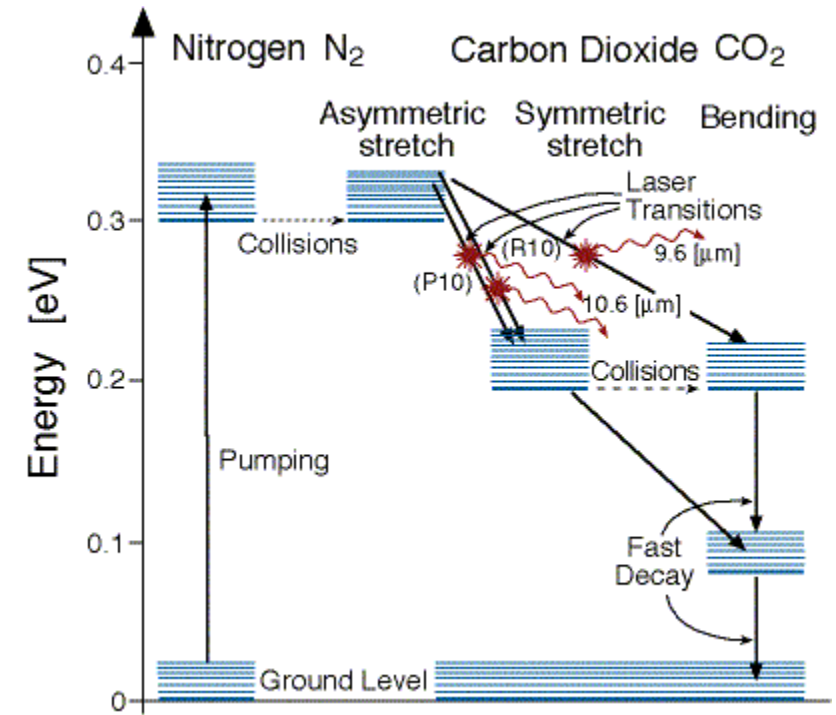
Nguyên lý hoạt động của laser N₂- CO₂

- **Các chuyển dời phát laser:**

- Chuyển dời từ mức laser trên (co giãn phi đối xứng) xuống mức dưới (mode co giãn đối xứng): **10.6 μm** .
- Chuyển dời từ mức laser trên (co giãn phi đối xứng) xuống mức dưới (mode uốn): **9.6 μm** .

- **Đảo lộn mật độ xảy ra khi:**

- Các điện tử do dòng phóng điện khí sinh ra, kích thích chuyển động của N₂. Các phân tử N₂ có các mức năng lượng kích thích siêu bền.
- Sự va chạm truyền năng lượng giữa N₂ và CO₂ có hiệu suất đủ cao để các phân tử CO₂ được bơm lên các mức kích thích dao động, và tạo ra đảo lộn mật độ giữa các mức laser của CO₂.

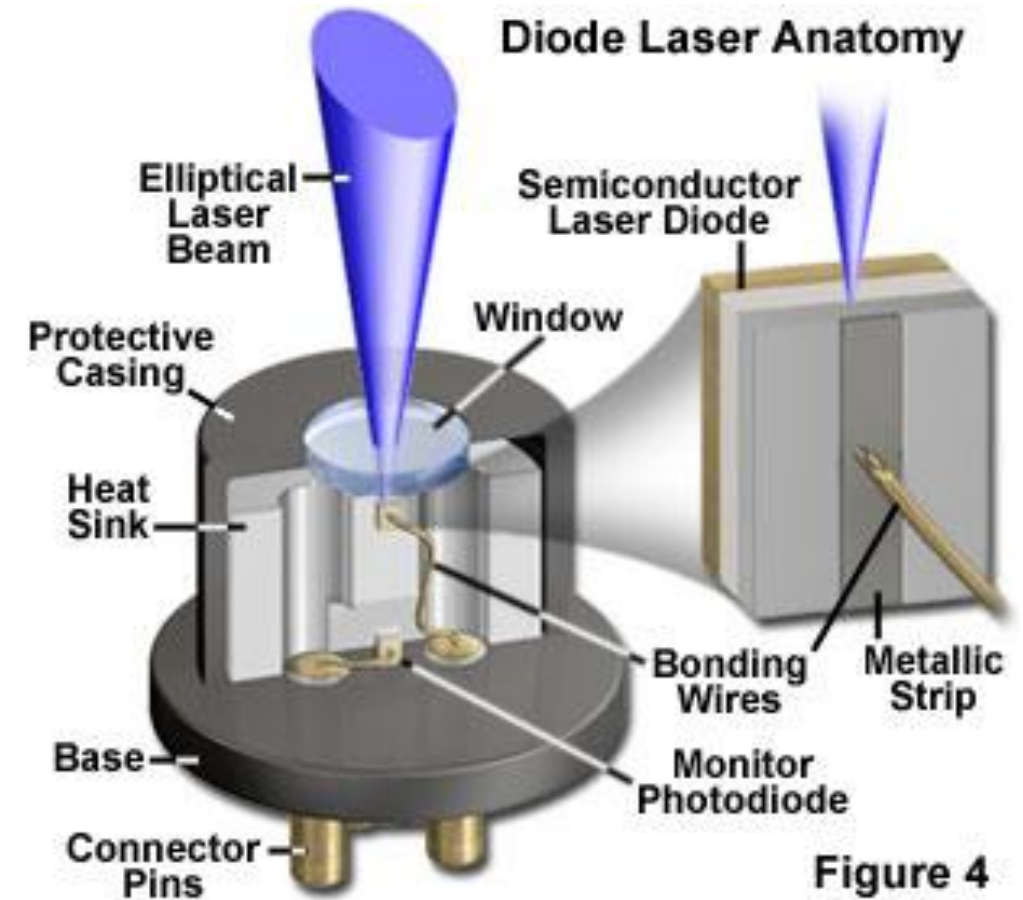


Sơ đồ các mức NL hoạt động của Laser N₂-CO₂
- laser 4 mức

CÁC LOẠI LASER

➤ Laser bán dẫn (Diode laser)

- Kích thước rất nhỏ, giá thành rẻ
- Hiệu suất cao
- Có khả năng tạo dải sóng phát khá rộng
- Độ đơn sắc và độ định hướng kém
- Công suất phát phụ thuộc rất lớn vào áp suất, nhiệt độ...



CÁC LOẠI LASER

➤ Laser bán dẫn (Diode laser)

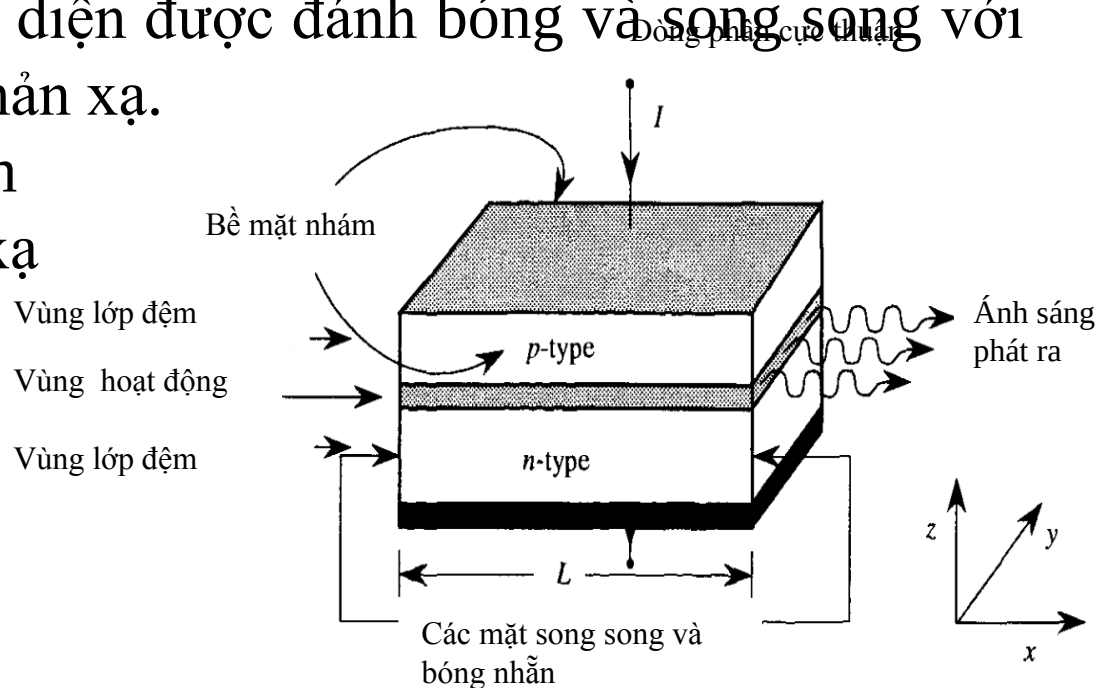
❖ Một LASER bán dẫn có cấu tạo là một tiếp xúc p-n có dạng hình hộp chữ nhật.

❖ Chiều dài BCH cỡ 0,5-1mm, chiều cao cỡ 0,05-0,1mm, bề dày lớp tích cực cỡ 1-2 μm , có chiết suất lớn đóng vai trò như một ống dẫn sóng.

❖ Hai mặt phẳng giới hạn đối diện được đánh bóng và song song với nhau có vai trò là hai gương phản xạ.

❖ Các bề mặt còn lại được làm nhám để ngăn ngừa việc phát xạ ở những hướng không mong muốn.

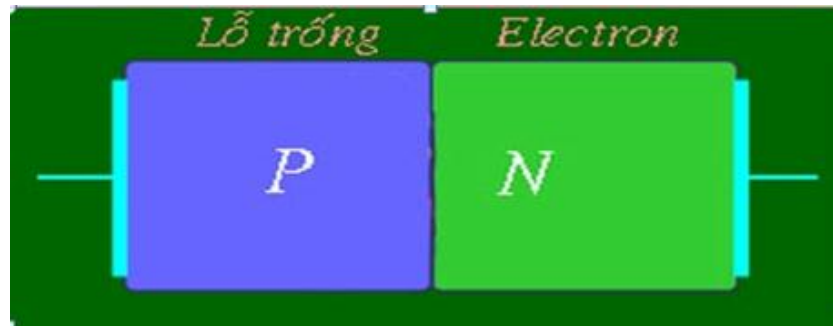
❖ Để tản nhiệt đặt dưới các lớp bán dẫn làm bằng kim loại.



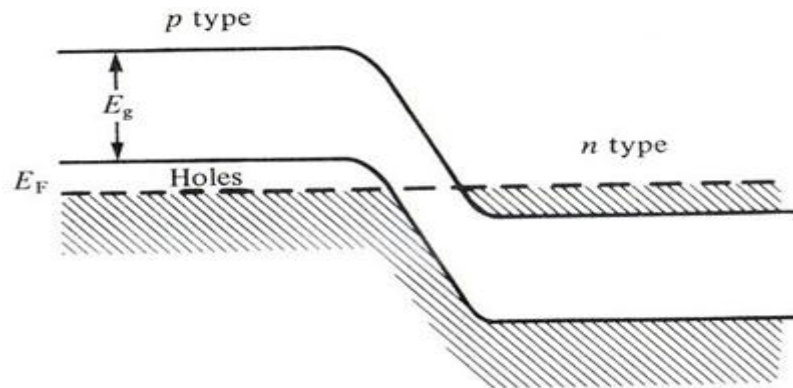
CÁC LOẠI LASER

➤ Laser bán dẫn (Diode laser)

❖ Khi cho hai lớp bán dẫn tiếp xúc nhau, điện tử (e) từ bán dẫn loại N sẽ khuếch tán sang bán dẫn loại P. Tại đó diễn ra việc tái hợp giữa điện tử và lỗ trống (h).



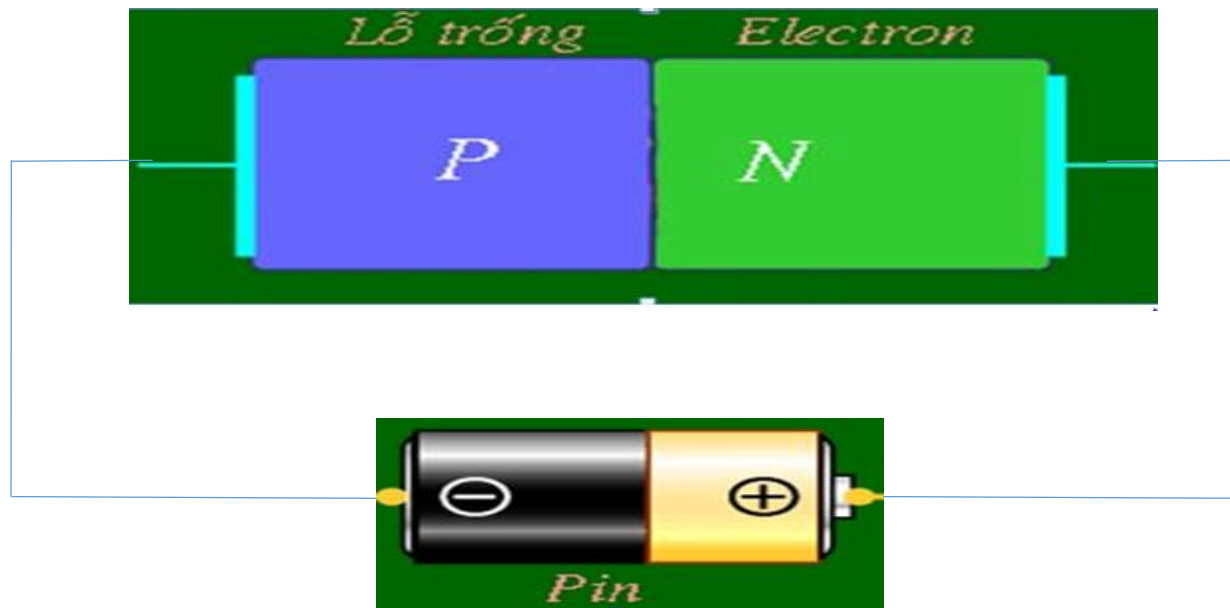
❖ Ngay sau đó, trạng thái cân bằng được thiết lập, tại miền chuyển tiếp p-n mất suy biến.



CÁC LOẠI LASER

➤ Laser bán dẫn (Diode laser)

- ❖ Khi đặt điện áp vào mối nối này, vùng chuyển tiếp lại trở lại trạng thái suy biến, các e từ vùng N sẽ phun vào vùng P. Lúc này, các e phun sẽ tái hợp với h và bức xạ ra photon.
- ❖ Tức là: electron từ trạng thái năng lượng cao (vùng dẫn) rơi xuống vùng hóa trị, kết hợp với lỗ trống và phát ra photon- tia LASER.

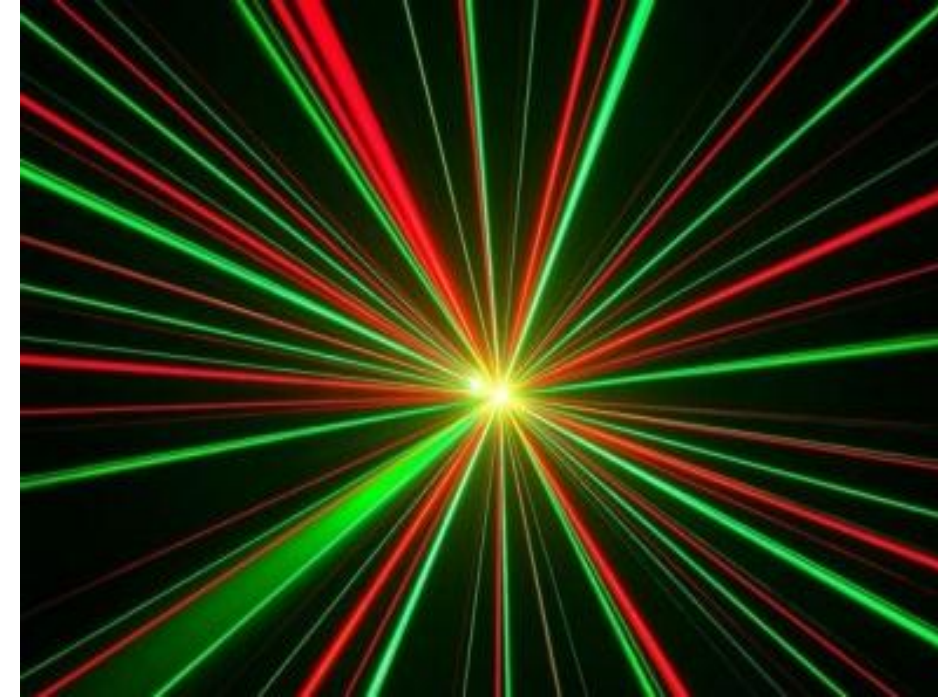


CÁC TÍNH CHẤT CỦA TIA LASER

➤ Độ đơn sắc cao

Độ đơn sắc của một chùm sáng càng cao tức là phổ càng hẹp. Người ta đã tạo được các laser có mức chênh lệch bước sóng có thể tới $0,1 \text{ \AA}$.

Tính chất này rất quan trọng vì hiệu quả tác dụng của laser khi tương tác với vật chất, với các tổ chức sinh học phụ thuộc vào độ đơn sắc này.



➤ Sự hội tụ của chùm tia

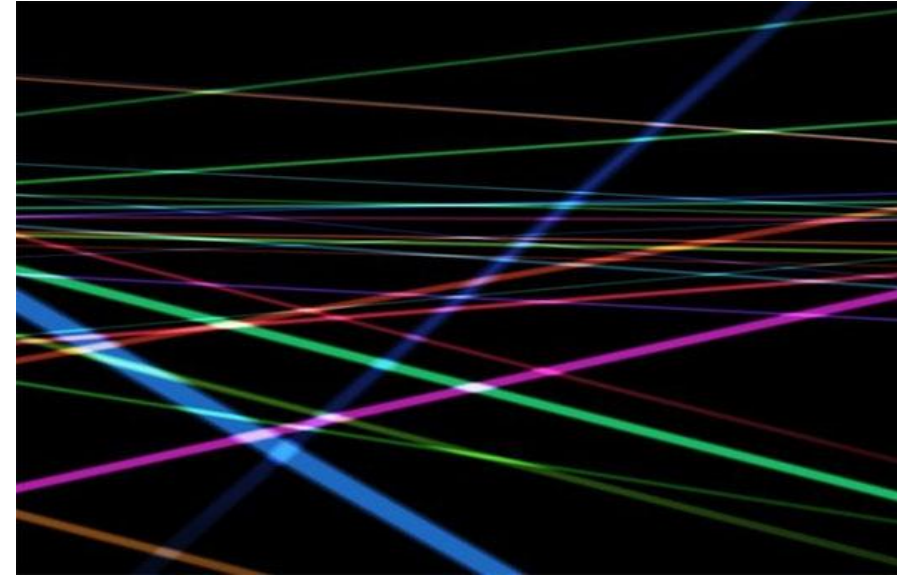
Chùm tia laser có thể hội tụ tại một diện tích rất nhỏ, cỡ λ^2 .

Ví dụ: với laser He-Ne có công suất 2mW dùng thêm thấu kính có thể hội tụ chùm tia trên 10^{-8} cm^2 do đó đạt được mật độ công suất 200 kW/cm^2 . Để có được mật độ này, nếu dùng một nguồn điện thông thường thì nguồn phải có công suất 20kW.

CÁC TÍNH CHẤT CỦA TIA LASER

➤ Độ định hướng cao

Tia laser có độ định hướng cao tức là góc mở của chùm tia rất nhỏ, không bị loe ra theo phương truyền vì vậy có thể chiếu đi rất xa, có thể dùng laser để đo những khoảng cách trong vũ trụ.



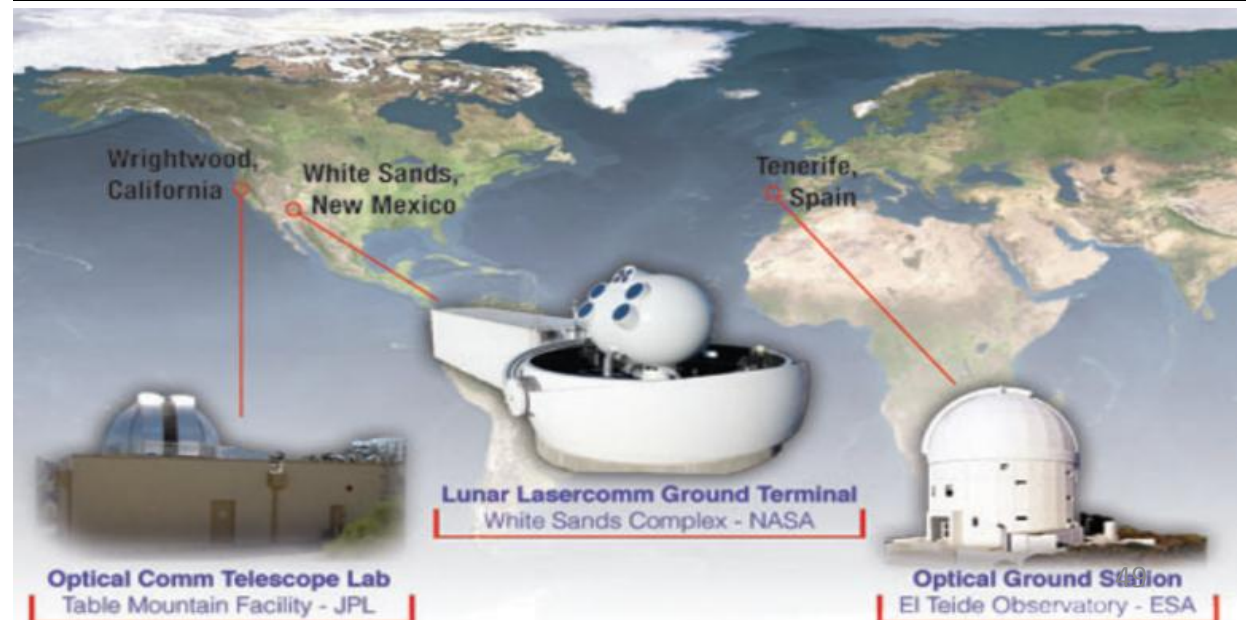
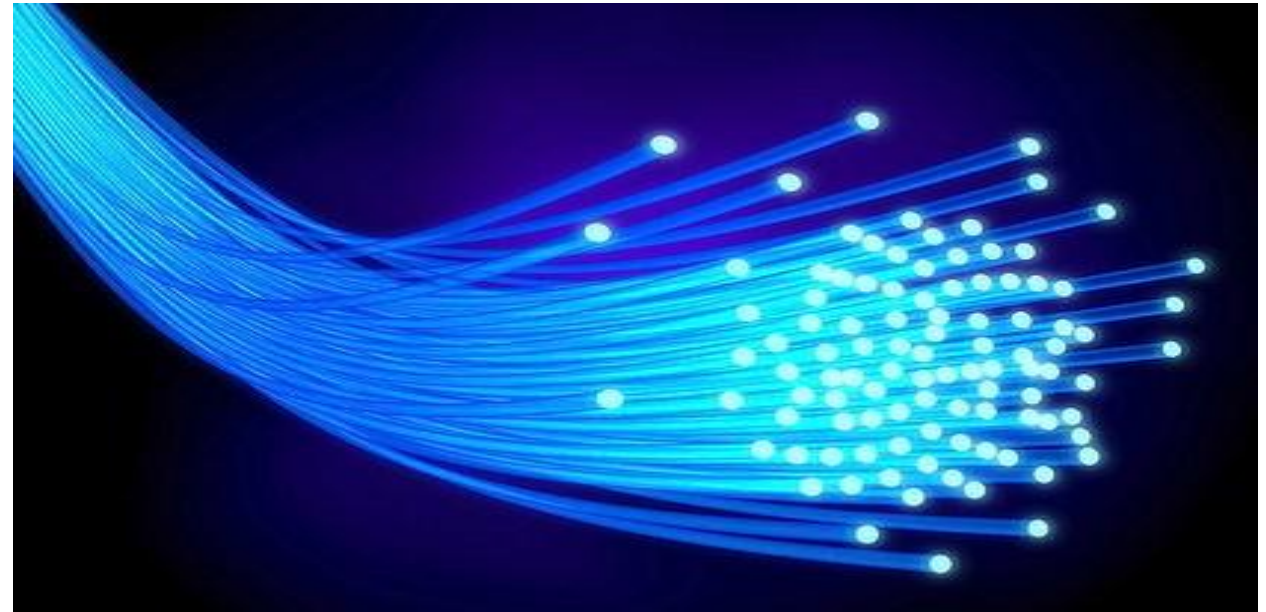
➤ Tính kết hợp cao

Tính kết hợp của tia laser biểu hiện ở độ đơn sắc (kết hợp thời gian) và tính đồng pha của mặt sóng (kết hợp không gian).



CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER

Thông tin liên lạc



➤ Trong thông tin liên lạc

Sử dụng tia laser để truyền tin tức có các ưu điểm sau:

- Các thiết bị viễn thông laser có kích thước nhỏ gọn, nhẹ và tiêu thụ ít năng lượng hơn so với các hệ thống vô tuyến hiện nay.
- So với sóng vô tuyến, dải sóng truyền tin của laser lớn gấp vạn lần nên truyền được nhiều kênh thông tin hơn.

Ví dụ: sóng vô tuyến tần số sử dụng là $10^4 - 3.10^{11}$ Hz thì với tia laser trong vùng sáng nhìn thấy có tần số từ $3.10^{12} - 15.10^{15}$ Hz nên dải sóng truyền tăng lên đến 5.10^4 lần. Do đó, với laser nằm trong khoảng $0,4 - 0,8 \mu\text{m}$ và mỗi kênh truyền tin là 6,5 MHz thì sử dụng laser ta có thể truyền 80.10^5 kênh cùng một lúc, tăng gấp 10^5 lần kênh truyền khi sử dụng sóng cực ngắn.

CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER

➤ Trong thông tin liên lạc

Sử dụng tia laser để truyền tin tức có các ưu điểm sau:

- Tia laser mang năng lượng lớn nên có thể đi xa hơn các sóng vô tuyến. Các laser hiện nay có thể truyền được khoảng cách tới 100 000km.

Ví dụ: trong 1 giây, khi dùng sóng vô tuyến phải tiêu tốn một năng lượng 10^{-7} J để truyền một bit thông tin, nhưng với tia laser chỉ cần dùng một năng lượng 10^{-16} J tức là giảm hàng tỉ lần.

- Sử dụng các bước sóng thích hợp có thể truyền tin ở các môi trường khí tượng khác nhau.

*Ví dụ: khí quyển thích hợp với bức xạ $10,6\mu\text{m}$ của laser CO_2 ;
nước biển cho truyền qua, ít hấp thụ bức xạ $0,4880\mu\text{m}$ của laser Argon.*

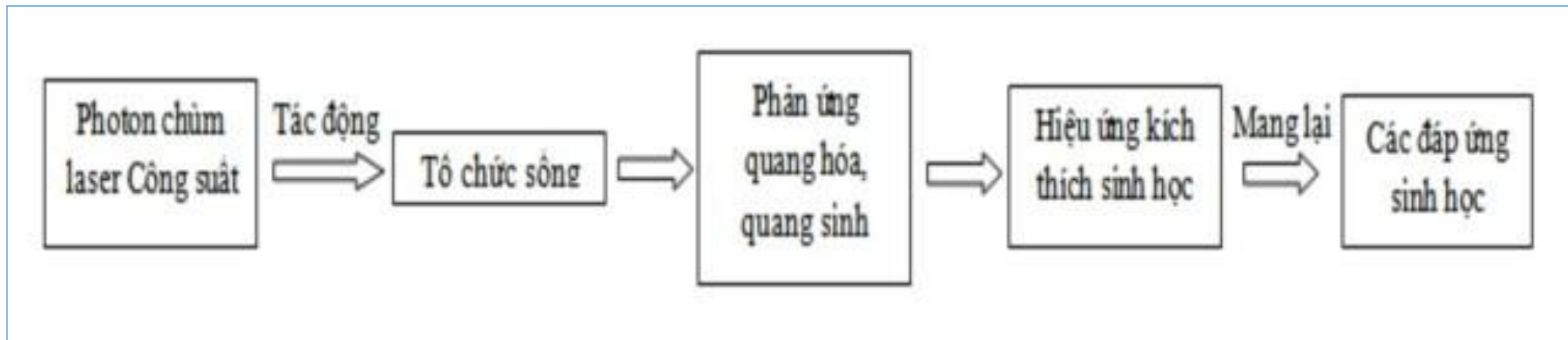
CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER

➤ Trong y học

- Laser YAG của Mỹ, Trung Quốc, Nga, chủ yếu được sử dụng trong phẫu thuật nội soi, điều trị và u xơ tiền liệt tuyến.
- Laser He-Ne, đã được ứng dụng sớm nhất ở Việt Nam. Cho đến nay tại VN đã có hàng trăm thiết bị Laser He-Ne với công suất từ vài mW đến hàng trăm mW được ứng dụng vào các chuyên khoa khác nhau.
- Laser CO₂ có cấu trúc tương đối đơn giản, giá thành thấp, rất phù hợp với điều kiện Việt Nam, được ứng dụng trong lĩnh vực phẫu thuật vô trùng ít chảy máu; phẫu thuật thẩm mỹ.
- Laser bán dẫn, ứng dụng chủ yếu là châm cứu không tiếp xúc, vô trùng, ít đau, có thể thay thế phương pháp châm cứu bằng kim cổ truyền trong một số trường hợp.
- Laser He-Cd ứng dụng để tạo các ảnh Holography và chữa những căn bệnh khó, đặc biệt trong da liễu và phong...

CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER

➤ Trong y học



▪ Trong chuẩn đoán

Có nhiều thiết bị chuẩn đoán sử dụng laser như :

- Máy Doppler laser thăm dò, đo dòng máu trong cơ thể.
- Máy chụp cắt lớp laser.
- Các máy dò tìm, đo đạc, dẫn đường trong chuẩn đoán.

CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER

➤ Trong y học

▪ Trong phẫu thuật:

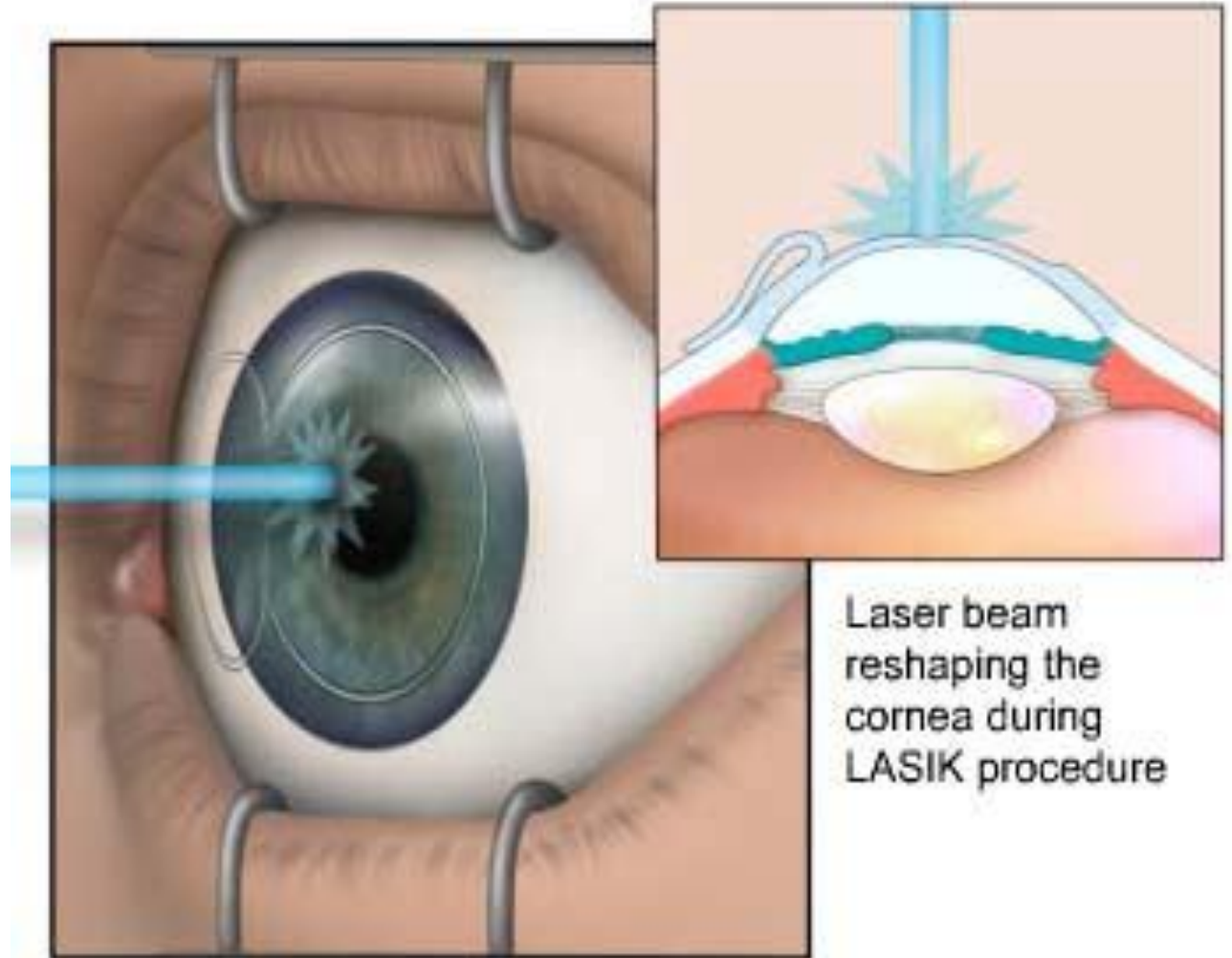
Người ta sử dụng các laser nhiệt như một dao mổ để phẫu thuật. Điển hình là dao mổ bằng laser CO₂. Tuy nhiên, chùm tia laser CO₂ không nhìn thấy nên trong máy phát laser phải gắn thêm laser He – Ne công suất 1-2 mw phát tia màu đỏ dẫn đường.

Những ưu điểm của dao mổ laser:

- Độ vô khuẩn cao vì laser tạo nhiệt độ cao tại đường rạch và không có sự tiếp xúc giữa dụng cụ và cơ thể.
- Laser CO₂ có khả năng vừa rạch đường mổ vừa cầm máu.
- Phẫu thuật những bộ phận ở sâu trong cơ thể mà không làm tổn thương xâm lấn.
- Thời gian mổ ngắn.
- Chăm sóc hậu phẫu thuận lợi.

CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER

Trong y học



CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER

➤ Trong y học

▪ Trong điều trị:

Khi chiếu laser vào tổ chức cơ thể ở một nhiệt độ nhất định, laser sẽ làm đông protein của tổ chức đó. Hiệu ứng này được áp dụng để can thiệp điều trị ít xâm lấn các tổn thương của cơ thể kể cả can thiệp sâu vào bên trong cơ thể. Ứng dụng của laser trong điều trị rất phong phú, chẳng hạn:

- ***Da liễu:*** tẩy xóa các đốm sắc tố như nốt ruồi, tàn nhang, các nốt bẩm sinh ...
- ***Nhãn khoa:*** hàn gắn các tổn thương võng mạc, điều trị các tổn thương giác mạc, phẫu thuật điều trị các bệnh lý khác của mắt, ...
- ***Hệ thống tiêu hóa:*** tán sỏi ống mật chủ, hàn gắn các tổn thương mạch máu nội tạng như trong các trường hợp ung thư, viêm loét đường tiêu hóa, ...
- ***Sản phụ khoa:*** điều trị các tổn thương bệnh lý cổ tử cung. ...
- ***Thần kinh:*** điều trị các tổn thương dạng u, ...

CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER

➤ Trong y học

▪ Trong điều trị:

Khi sử dụng laser để điều trị thì yếu tố quyết định hiệu quả phụ thuộc vào các tham số như:

- Liều chiếu,
- Công suất;
- Độ hội tụ (mật độ công suất);
- Thời gian chiếu;
- Số lần chiếu;
- Khoảng cách giữa các lần chiếu.



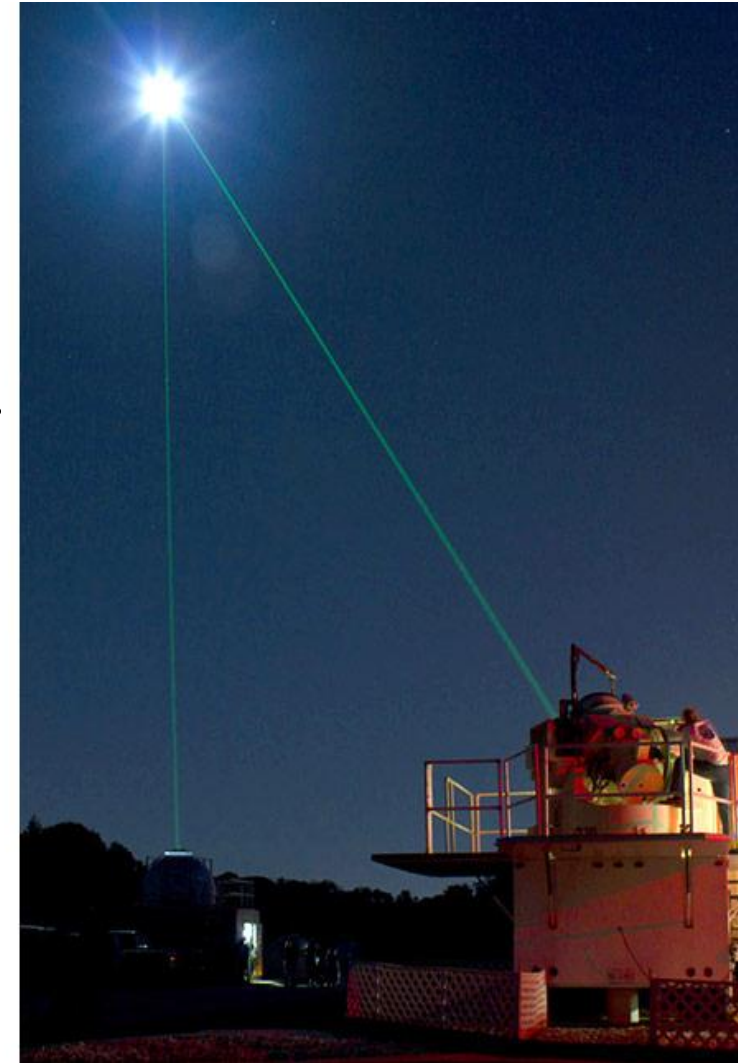
CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER

➤ Trong nghiên cứu vũ trụ

Sử dụng tia laser trong nghiên cứu vũ trụ theo các hướng áp dụng như:

- Đo những khoảng cách cực lớn trong ngành thiên văn.
- Xác định vị trí của các vật thể trong vũ trụ.
- Theo dõi, điều khiển và liên lạc với các tàu vũ trụ.

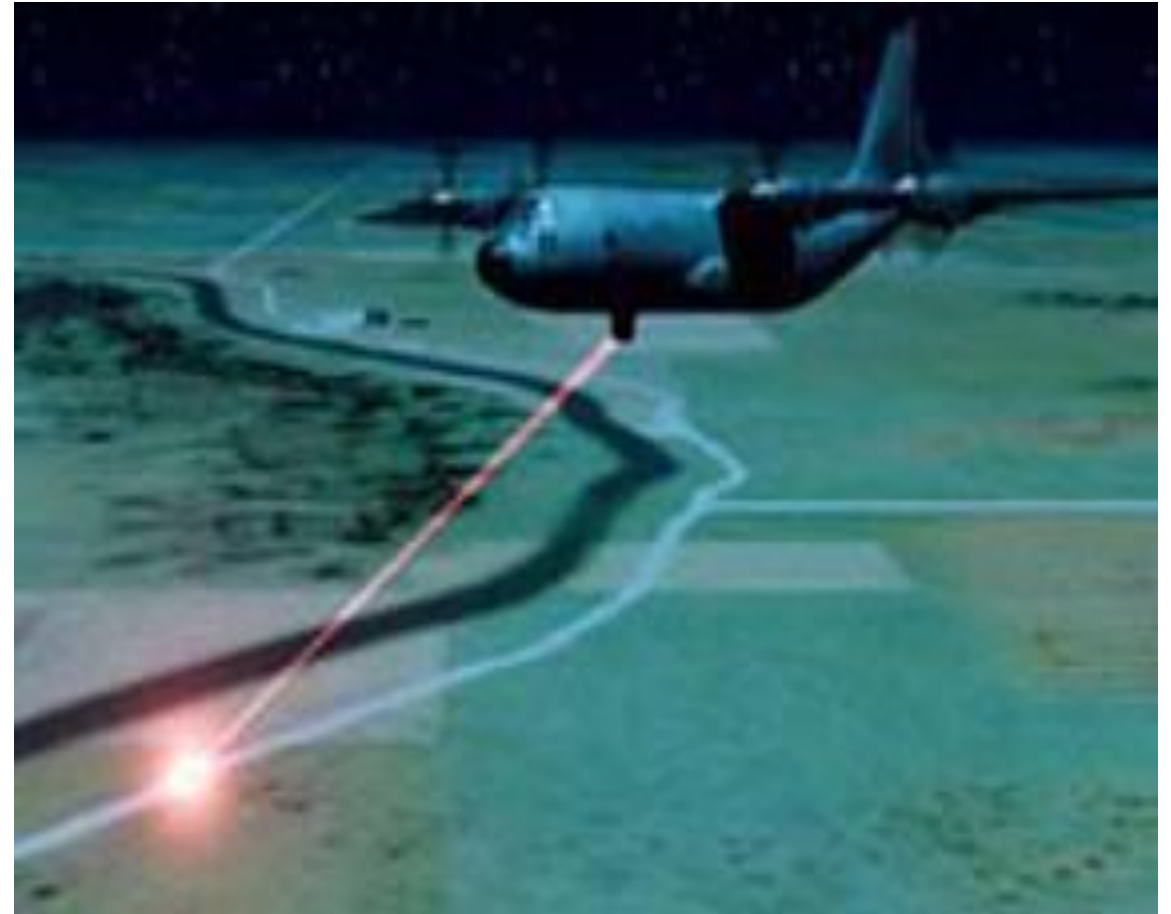
Ví dụ: thông qua đo khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trăng (khoảng 385000 km) người ta xác định được rằng mỗi năm Mặt Trăng rời xa Trái Đất 3,8 cm (tính trung bình).



CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER

➤ Công nghệ vũ khí

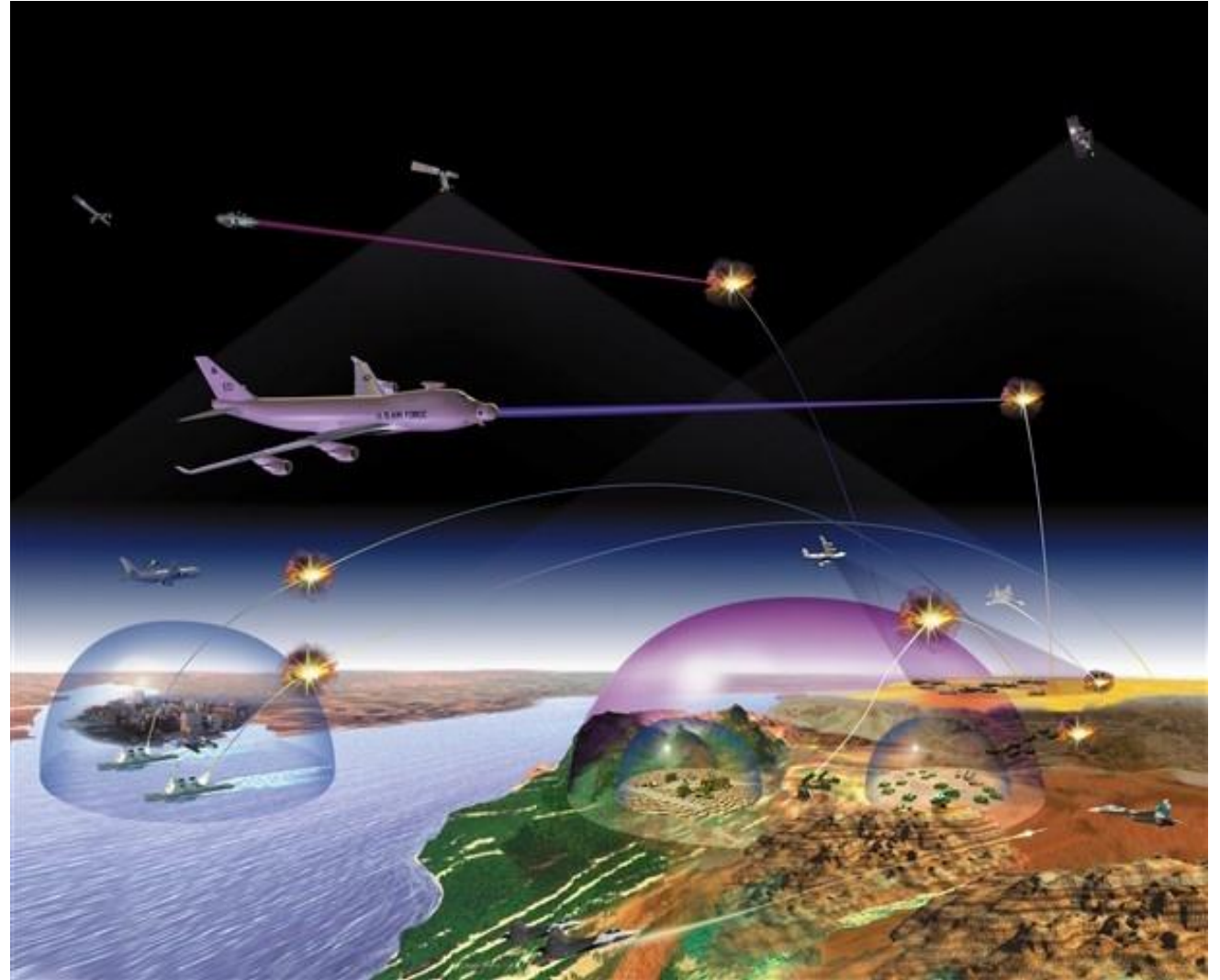
- Một chùm tia laser năng lượng cao khi chiếu vào vật thể kim loại, trong nháy mắt sẽ làm cho kim loại nóng chảy, bốc hơi, thậm chí biến thành ion. Tác dụng đó gọi là “hiệu ứng lan chảy nhiệt”. Vũ khí laser phá hoại mục tiêu chủ yếu nhờ vào hiệu ứng đó.



CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER

➤ Công nghệ vũ khí

Các chùm laser mạnh có thể hạ gục cả tên lửa trước khi tên lửa bay đến mục tiêu (chiến lược phòng thủ).



CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER

➤ Công nghệ vũ khí

- Chùm tia laser gây tác dụng lan chảy càng lớn hơn đối với cơ thể sống, thậm chí gây tử vong. Cho nên tia laser từng được mệnh danh là *tia chết chóc*.

- Chùm tia laser còn có thể gây mù mắt hoặc tạm thời không nhìn thấy gì. Đó là vì khi bị chùm laser chiếu vào mắt, thủy tinh thể giống như một thấu kính hội tụ làm cho chùm tia hội tụ lên tiêu điểm trên võng mạc, làm cháy bỏng võng mạc và có thể dẫn đến mù mắt.

Ví dụ: - laser He-Ne công suất 1mW chưa hội tụ đã có độ sáng bằng độ sáng của Mặt Trời vào ngày nắng ($0,1\text{W}/\text{cm}^2$).
- laser Ar công suất 1W, chưa hội tụ đã có thể làm cháy một lỗ trên áo.



CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER

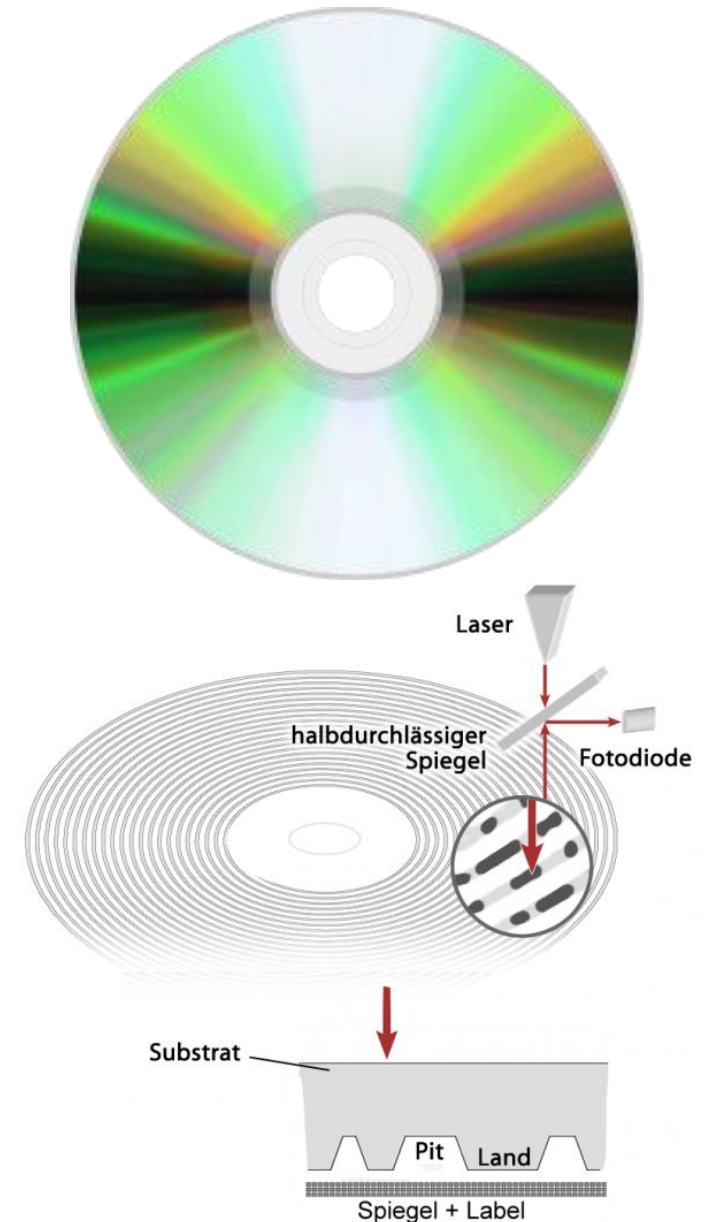
➤ Trong công nghệ lưu trữ thông tin

❖ LASER bán dẫn được sử dụng trong việc đọc đĩa Compact.

- Trong đĩa Compact thông tin được mã hóa dưới dạng mã nhị phân, ghi lên một đĩa với các tín hiệu là các hốc và rãnh.

- Người ta dùng một LASER bán dẫn loại (AlGa)As có bước sóng $0.83\text{ }\mu\text{m}$ chiếu lên các hốc và rãnh này, khi đĩa quay tia phản xạ trên mặt các hốc của đĩa này được truyền qua một hệ quang học và thu qua một photodiode.

- Đĩa Compact với ưu điểm lưu được một lượng thông tin chất lượng tuyệt hảo, sử dụng bền, ngoài ra có thể tìm thông tin ở bất kỳ ở một vị trí nào trên đĩa một cách dễ dàng. Vì vậy ngày nay đĩa Compact được sử dụng rộng rãi.



CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER

* Máy đọc mã vạch bằng laser

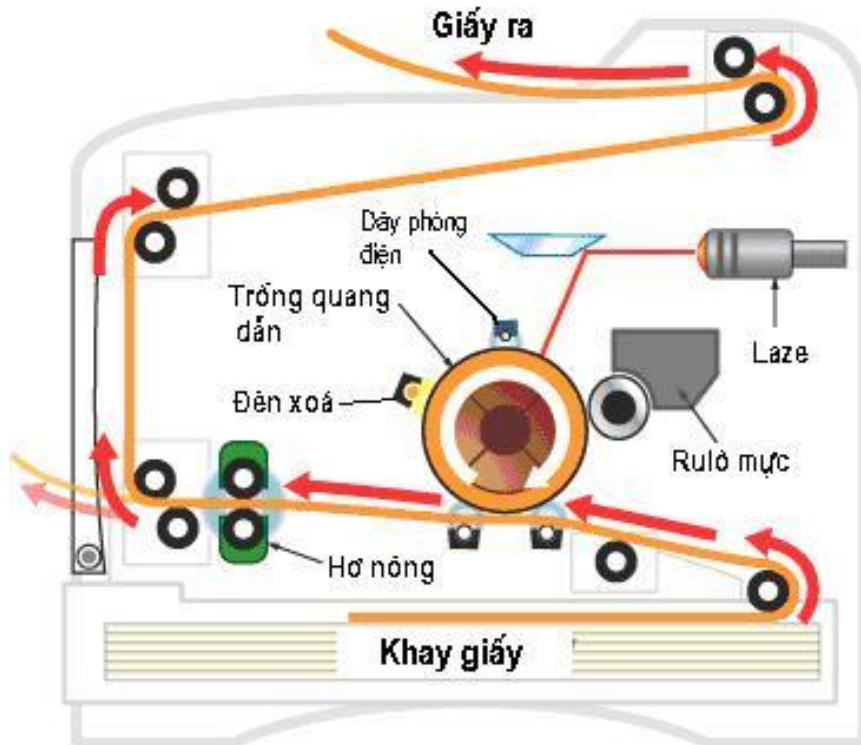
Các máy quét mã vạch dùng tia sáng laser cho ra tia sáng rất mảnh cắt ngang bề mặt mã vạch. Ưu điểm của các máy quét dùng tia laser là quét rất nhạy, chính xác, có thể quét mã vạch trên bề mặt cong và có khả năng quét tầm xa.



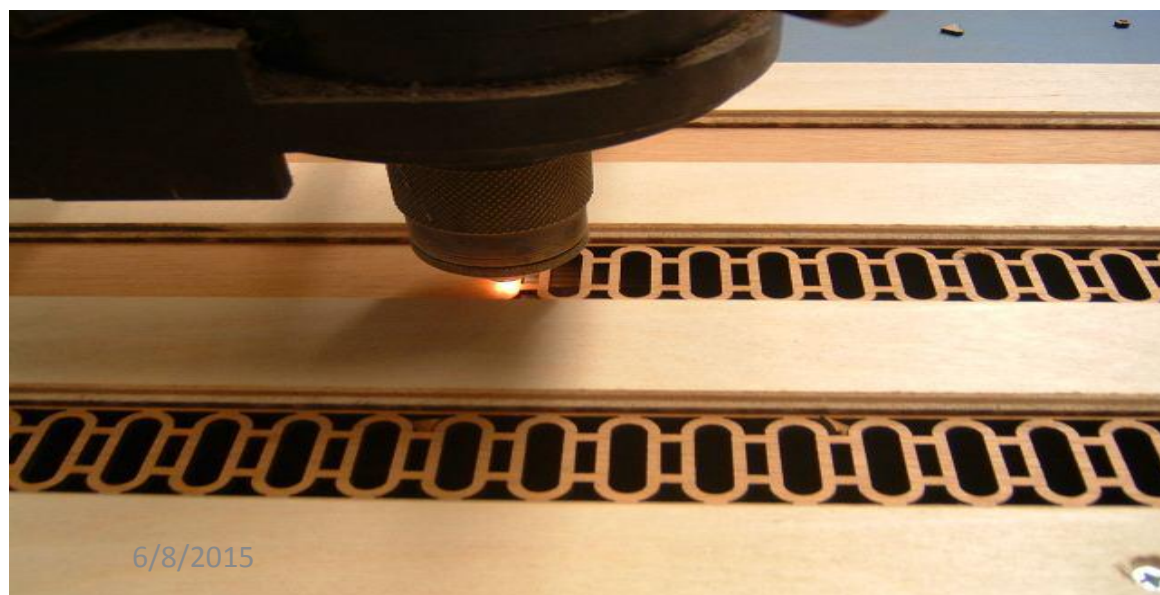
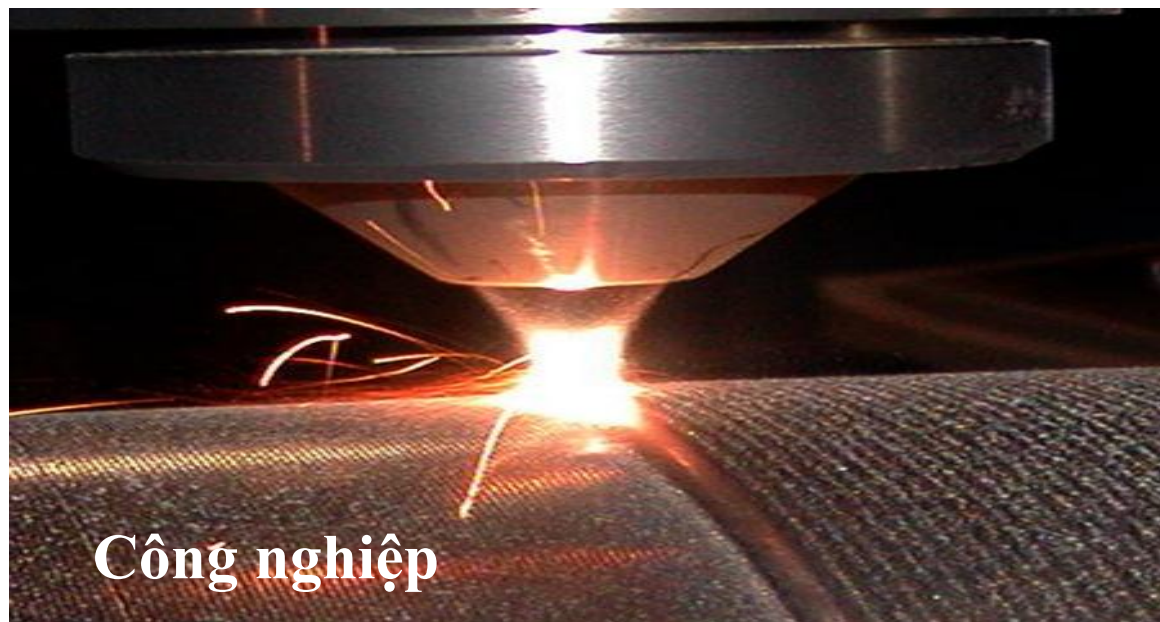
CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER

❖ Máy in, photocopy dùng laser.

Tạo ra tia laser có cường độ phát xạ thay đổi theo cấp độ xám của từng điểm ảnh (pixel). - Bắn tia laser trải đều trên suốt chiều dài của trống (theo từng dòng ảnh) - Như vậy, cường độ của tia laser là liên tục thay đổi (lúc yếu/lúc mạnh) phụ thuộc vào điện áp từng điểm ảnh.



CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER



CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER



Hệ thống máy san phẳng đồng ruộng định vị bằng tia laser.



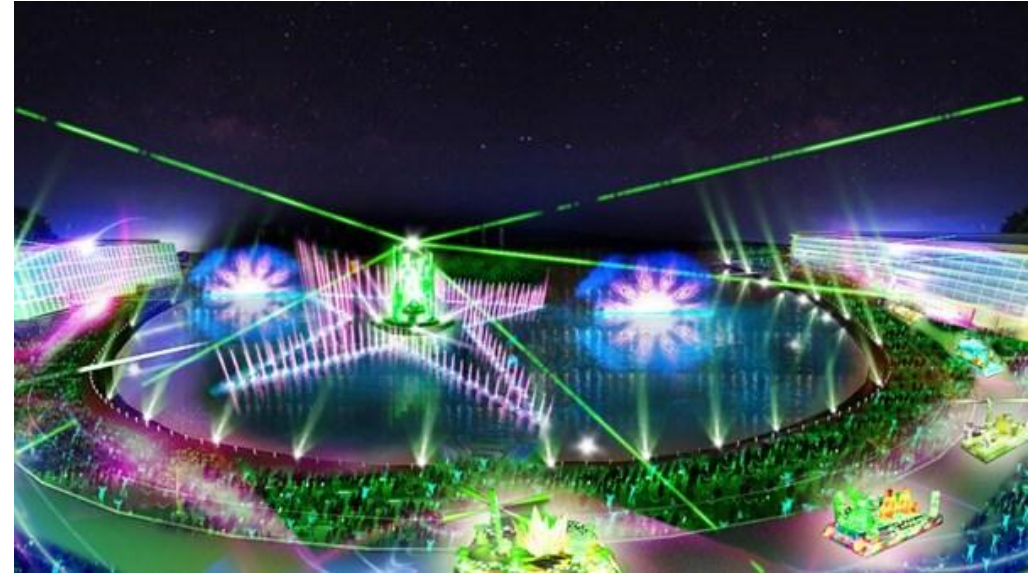
Máy xua đuổi chim dùng tia laser.

CÁC ỨNG DỤNG CỦA LASER

❖ Trong trang trí nghệ thuật



Hình ảnh seagame 28



Xin trân trọng cảm ơn sự theo dõi của quý vị!