

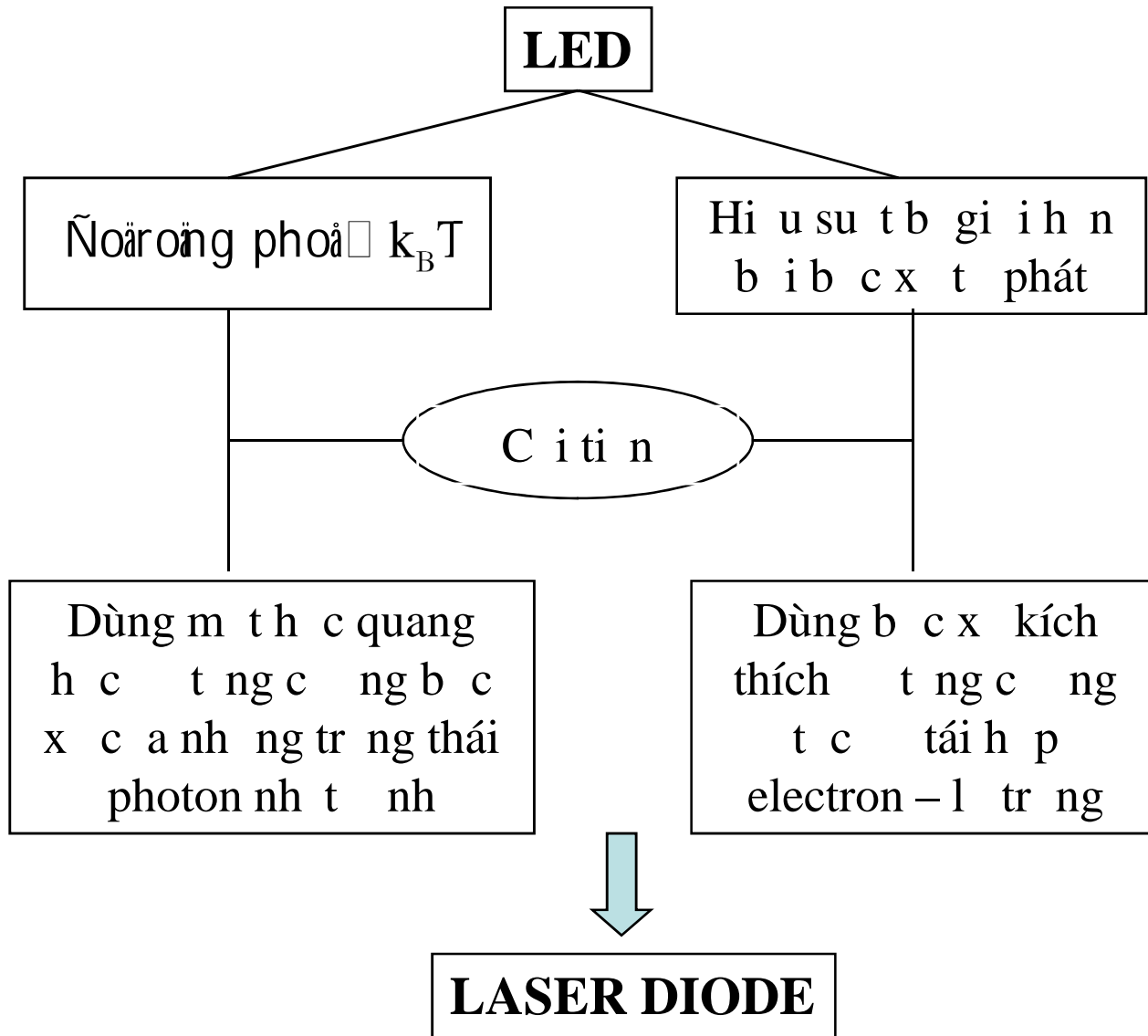
[www.mientayvn.com](http://www.mientayvn.com)

# LASER DIODE

## **N i dung**

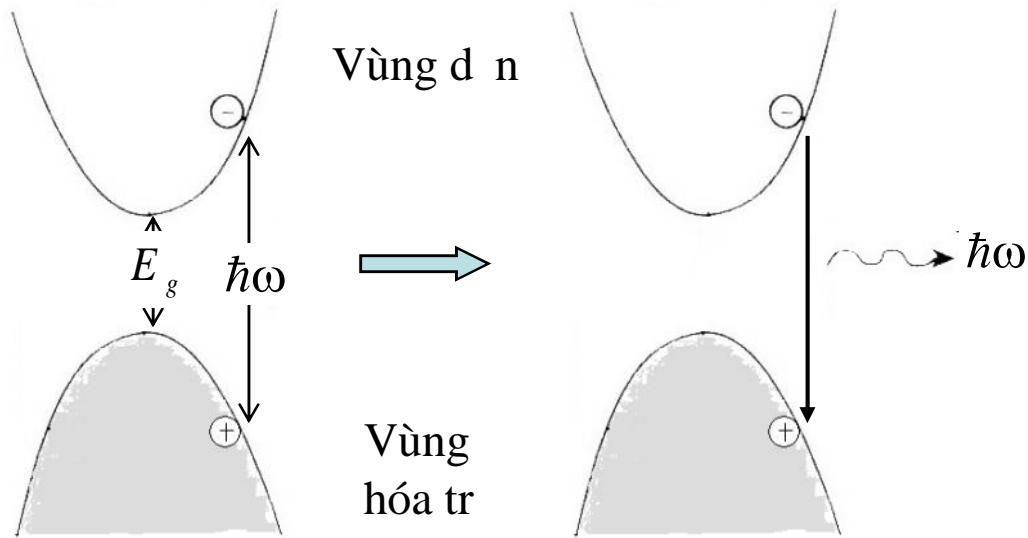
- 1. Gi i thi u**
- 2. B c x t phát và b c x kích thích**
- 3. C u trúc laser diode**
- 4. D i ng ng và trên ng ng laser**
- 5. Các c u trúc cao c p : c u trúc i n t**
- 6. C u trúc cao c p : o h c c ng h ng**

# 1. Giới thiệu

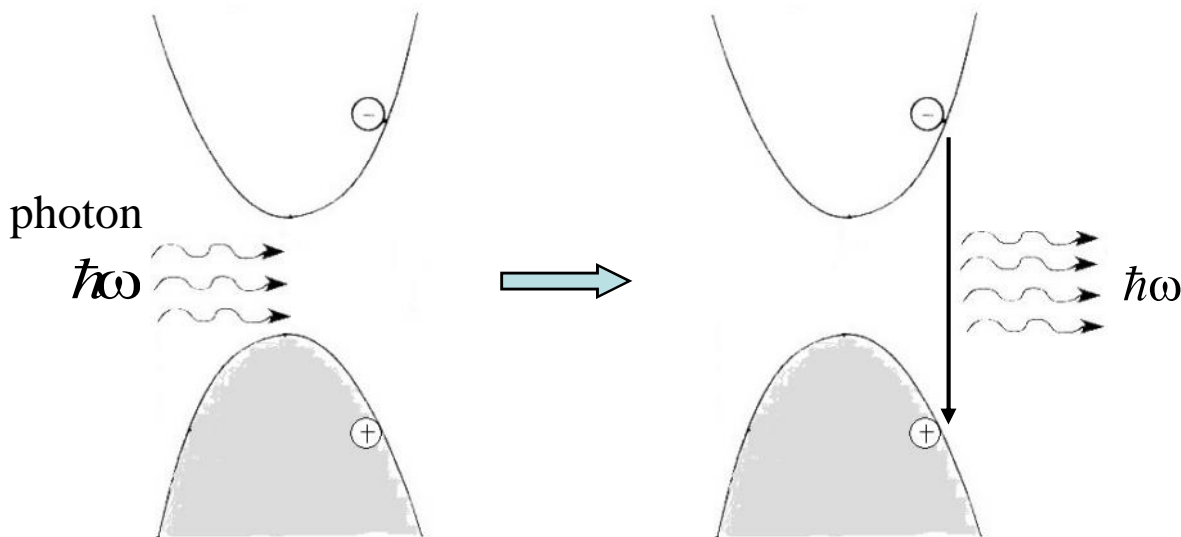


**Hình 1:** S  
mô t cách  
th c c i t i n  
LED b ng vi c  
s d ngh c  
quang h c  
LASER

## 2. Bức xạ phát và bức xạ kích thích



**Hình 2a:** *bức xạ phát*: bán tử không có photon, cặp e-h tái hợp  $\rightarrow$  photon.



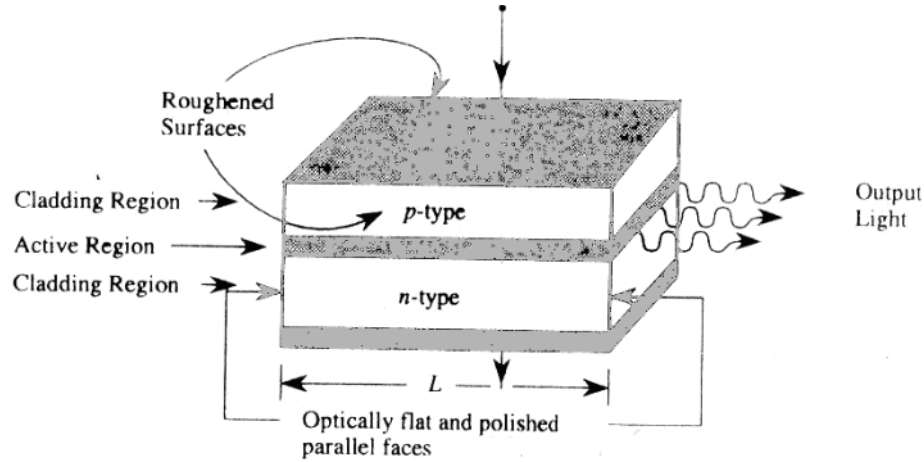
**Hình 2b:** *bức xạ kích thích*: photon kích thích, cặp e-h tái hợp  $\rightarrow$  photon.

Tốc độ bức xạ kích thích:

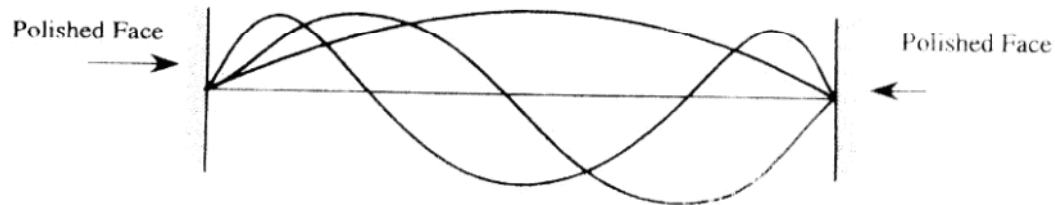
$$W_{em}^{st}(\hbar\omega) = W_{em}(\hbar\omega) \cdot n_{ph}(\hbar\omega)$$

(1)

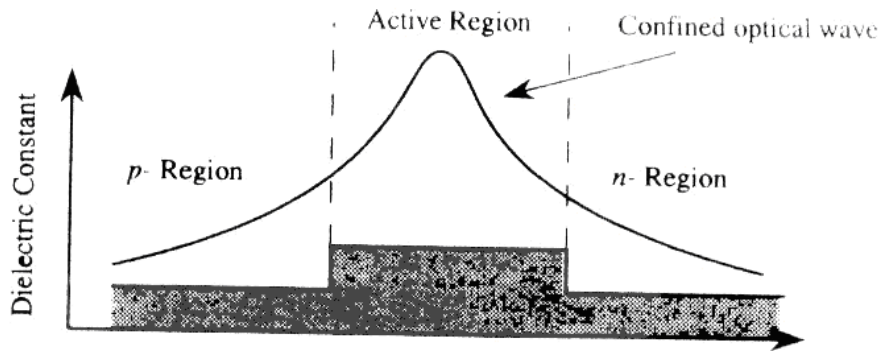
### 3. Cấu trúc laser diode



**Hình 3a:** Sơ đồ cấu trúc laser diode Fabry-Perot.



**Hình 3b:** Các mode cộng hưởng.



**Hình 3c:** Phân bố hằng số điện môi và sự giam giữ quang học vào vùng hoạt động.

Bước sóng của mode cộng hưởng thỏa mãn :  $L = \frac{q\lambda}{2}$  (2)

$q \in \mathbb{Z}$  ;  $L$  : chiều dài hốc  
 $\lambda$  : bước sóng ánh sáng trong vật chất

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n_r} \quad (3) \quad \begin{array}{l} \lambda_0 : \text{bước sóng ánh sáng trong chân không} \\ n_r : \text{chiết suất của hốc} \end{array}$$

Khoảng cách giữa các mode đồng :  $\Delta k = \frac{\pi}{L}$  (4)

Sóng quang bị giới hạn theo trục  $z \rightarrow$  phương trình Helmholtz :

$$\frac{d^2 F_k(z)}{dz^2} + \left( \frac{\varepsilon(z)\omega^2}{c^2} - k^2 \right) F_k(z) = 0 \quad (5)$$

$F$  : hàm sóng ;  $\varepsilon(z)$  : hằng số môi

Hệ số giảm quang học :  $\Gamma = \frac{\int_{\text{vùng hoạt tính}} |F(z)|^2 dz}{\int |F(z)|^2 dz}$  (6)

Dòng photon liên hệ với sóng điện từ xuyên qua bán dẫn :

$$I_{ph} = I_{ph}^o \exp(-\alpha x) \quad (7)$$

$\alpha$ : hệ số hấp thụ ( $\alpha > 0$ )

$I_{ph}$  : dòng photon tại  $x = 0$

**Hệ số có ích** :  $g =$  hệ số phát xạ - hệ số hấp thụ

$$\rightarrow g(\hbar\omega) = f^e(E^e) \cdot f^h(E^h) - (1 - f^e(E^e))(1 - f^h(E^h)) = [f^e(E^e) + f^h(E^h)] - 1 \quad (9)$$

$f^e, f^h$  : xác suất chiếm đóng của electron và lỗ trống

$E^e$  và  $E^h$  liên hệ với năng lượng photon (trong c/m thang) :

$$E^e = E_c + \frac{m_r^*}{m_e^*} (\hbar\omega - E_g)$$

$$E^h = E_v - \frac{m_r^*}{m_h^*} (\hbar\omega - E_g) \quad (8)$$

$$\Rightarrow \boxed{I_{ph} = I_{ph}^o \exp(g(\hbar\omega)x)} \quad (10)$$



$$I_{ph} = I_{ph}^o \exp(g(\hbar\omega)x)$$

Để laser hoạt động :

$$* I_{ph} \uparrow \Rightarrow g > 0 \Rightarrow f^e(E^e) + f^h(E^h) > 1 \quad (11)$$

$$\text{Khi đó: } g(\hbar\omega) = \frac{\pi e^2 \hbar}{m_0^2 c n_r \epsilon_0 \hbar\omega} |a.p_{cv}|^2 N_{cv}(\hbar\omega) [f^e(E^e) + f^h(E^h) - 1] \quad (12)$$

Chú ý:

- $f^e = 0 = f^h \rightarrow g(\hbar\omega) = -\alpha(\hbar\omega)$
- $f^e, f^h > 0,5$  : xs chiếm năng lượng tuân theo TK Boltzmann

→ gần như Joyce - Dixon cho mức Fermi :

$$E_{Fn} = E_C + k_B T \left[ \ln \frac{n}{N_C} + \frac{1}{\sqrt{8}} \frac{n}{N_C} \right] \quad (14) \quad E_{Fp} = E_V - k_B T \left[ \ln \frac{p}{N_V} + \frac{1}{\sqrt{8}} \frac{p}{N_V} \right] \quad (15)$$

$N_C, N_V$  : mật độ trạng thái vùng dẫn và hóa trị

- $g(\hbar\omega) = f(\hbar\omega)$
- Mức bơm thấp :  $(f^e + f^h) \ll 1 \Rightarrow g < 0$
  - Mức bơm ↑ :  $(f^e + f^h) \uparrow \Rightarrow g > 0$

$$(10.6) \& (10.12) \rightarrow \boxed{\text{Cavity gain} = g(\hbar\omega)\Gamma} \quad (10.16)$$

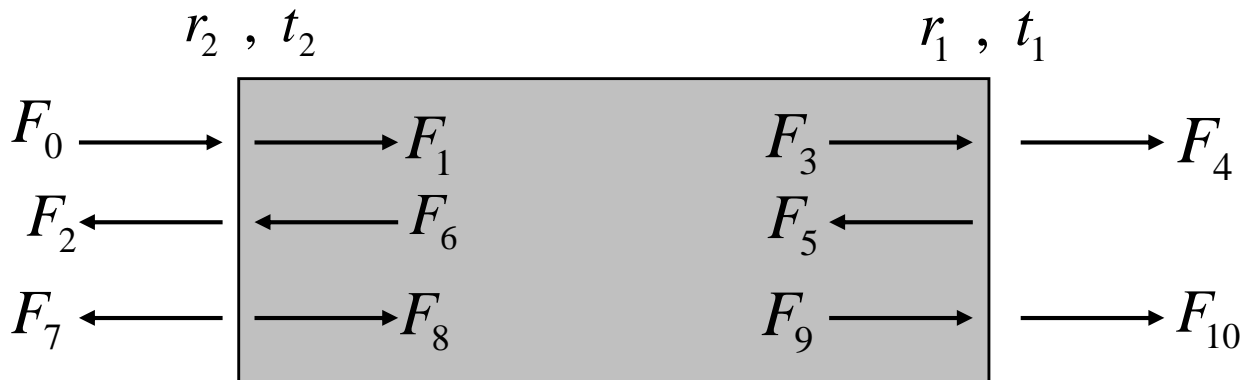
Điều kiện laser hoạt động :

\*  $g > 0 \rightarrow \text{Cavity gain} = g(\hbar\omega)\Gamma$

\*  $\text{Cavity gain} > \alpha_{loss}$

$\alpha_{loss}$  — Photon bị hấp thụ bên trong vùng vòm và tiếp xúc cá laser  
(photon bị kích thích và mất cách truyền)

— Photon thoát khỏi hốc laser  
(do sự phản xạ và truyền qua hốc)



**Hình 3d :**      ng truy n c a m t sóng ánh sáng qua h c quang

Goii  $r$  : heäsoá phan xai taii phan cach ban dan - không khí

$t$  : heäsoá truyền qua taii phan cach ban dan - không khí

$A$  : heäsoá khuyech ñaii

Ta coi:  $F_1 = t_2 F_0$  ;  $F_2 = r_2 F_0$  ;  $F_3 = A F_0$

$$F_4 = t_1 F_3$$
 ;  $F_5 = r_1 F_3$  ;  $F_6 = A F_5$

$$\Rightarrow F_{trans} = F_4 + F_{10} + \dots = \frac{t_1 t_2 A}{1 - A^2 r_1^2} F_0$$

$$F_{ref} = F_2 + F_7 + \dots = \left( r_2 + \frac{r_1 t_1 t_2 A^2}{1 - A^2 r_1^2} \right) F_0 \quad (10.17)$$

$$F_{trans} = \frac{t_1 t_2 A}{1 - A^2 r_1^2} F_0 \quad ; \quad F_{ref} = \left( r_2 + \frac{r_1 t_1 t_2 A^2}{1 - A^2 r_1^2} \right) F_0$$

$$\text{với } A = \exp \left[ \left( \frac{g_{tot}}{2} + ik \right) L \right] \quad (10.18)$$

$$\text{trong ñoù: } g_{tot} = \Gamma g - \alpha_{loss}$$

$$\tilde{\text{Nk}} : F_{trans} , F_{ref} \neq 0 \quad \text{khi } F_0 = 0$$

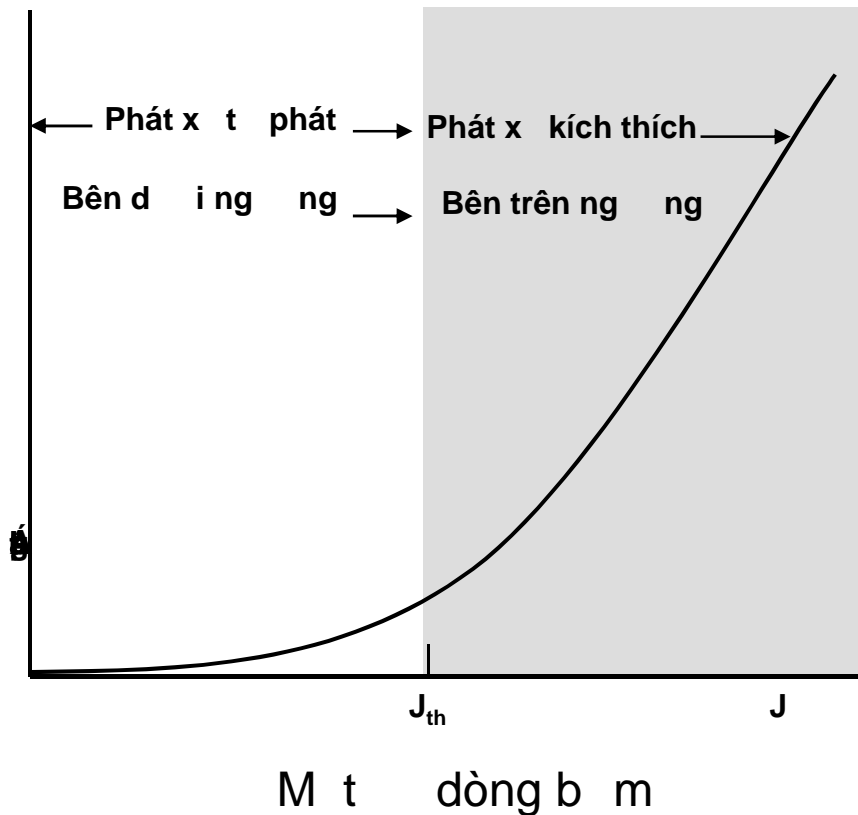
$$\Rightarrow A^2 r_1^2 = 1 \quad (10.19)$$

$$(10.18) \& (10.19) \Rightarrow \exp(g_{tot} L) = r_1^{-2}$$

$$\Leftrightarrow g_{tot} (th) = \frac{1}{L} \ln r_1^{-2} \quad (10.20)$$

$$\Rightarrow \boxed{\Gamma g_{th} = \alpha_{loss} - \frac{1}{L} \ln R} \quad (R = r_1^2) \quad (10.21)$$

# 4. BÊN DÒNG VÀ BÊN TRÊN NGƯỜI LASER

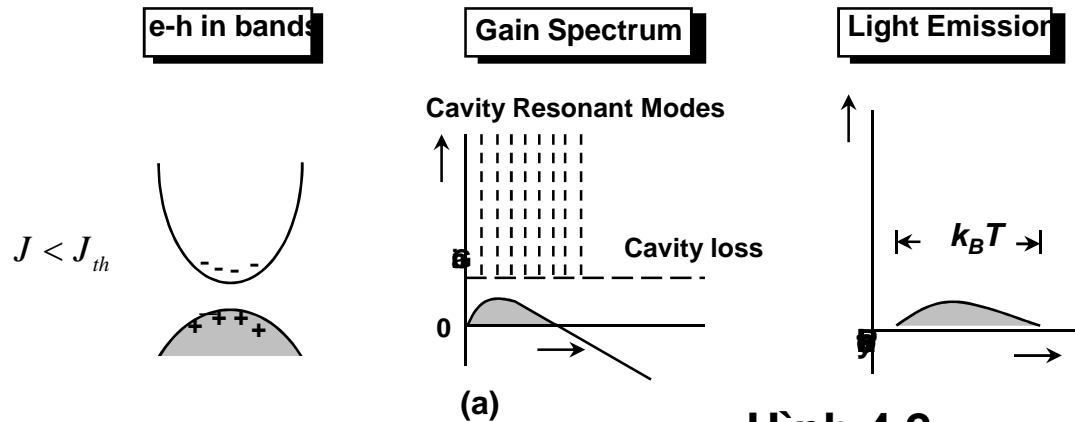


❖ điều kiện ngưỡng: là điều kiện khi khuếch đại ánh sáng bằng vượt qua ngưỡng tổn hao tích lũy.

$$\Gamma g(\hbar\omega) = \alpha_{loss} + \frac{\ln R^{-1}}{L}$$

**Hình 4.1:** Ánh sáng phát ra là một hàm của mật độ dòng điện trong laser bán dẫn. Bên trên ngưỡng, phát xạ kích thích vượt trội.

## 4.1 Bên d i n g n g :



(a): Bên d i n g n g. l i t h p h n m t mát, ánh sáng phát ra có b r n g n h c a LED.

Hình 4.2

$I_{ph} = (1 - \beta_{loss})(s \text{ tái h p e- h trên m t n v th i gian})$

$$I_{ph} = (1 - \beta_{loss}) \frac{I}{e} \quad (4.1)$$

V i :

$I_{ph}$  : dòng photon phát ra

$I$  : dòng b m laser

$\beta_{loss}$  : m t mát photon

## 4.2 Tỉ lệ biến đổi:

❖ thay đổi mật độ photon = Phát xạ kích thích + Phát xạ tự phát  
- mật độ mất do hấp thụ ngược. (4.2)

$$\frac{dS_m}{dt} = \left[ \Gamma g(n_{2D}, E_m) - \alpha_c \right] \frac{c}{n_r} S_m + \beta R_{sp}(n_{2D})$$

$S_m$ : số photon trên mật độ thể tích trong mode  $m$

$n_{2D}$ : mật độ hạt tải.

$E_m$ : năng lượng của mode  $m$

$n_r$ : Chiết suất của môi trường.

$\beta$ : Hệ số phát xạ tự phát (hệ số cho số phân bố của các photon phát xạ tự phát, hệ số phát xạ trong mode ta xét).

❖ thay  $i_m$  theo thời gian = số hạt bán u-s hạt tham gia tái hợp phát - số hạt tham gia tái hợp kích thích. (4.3)

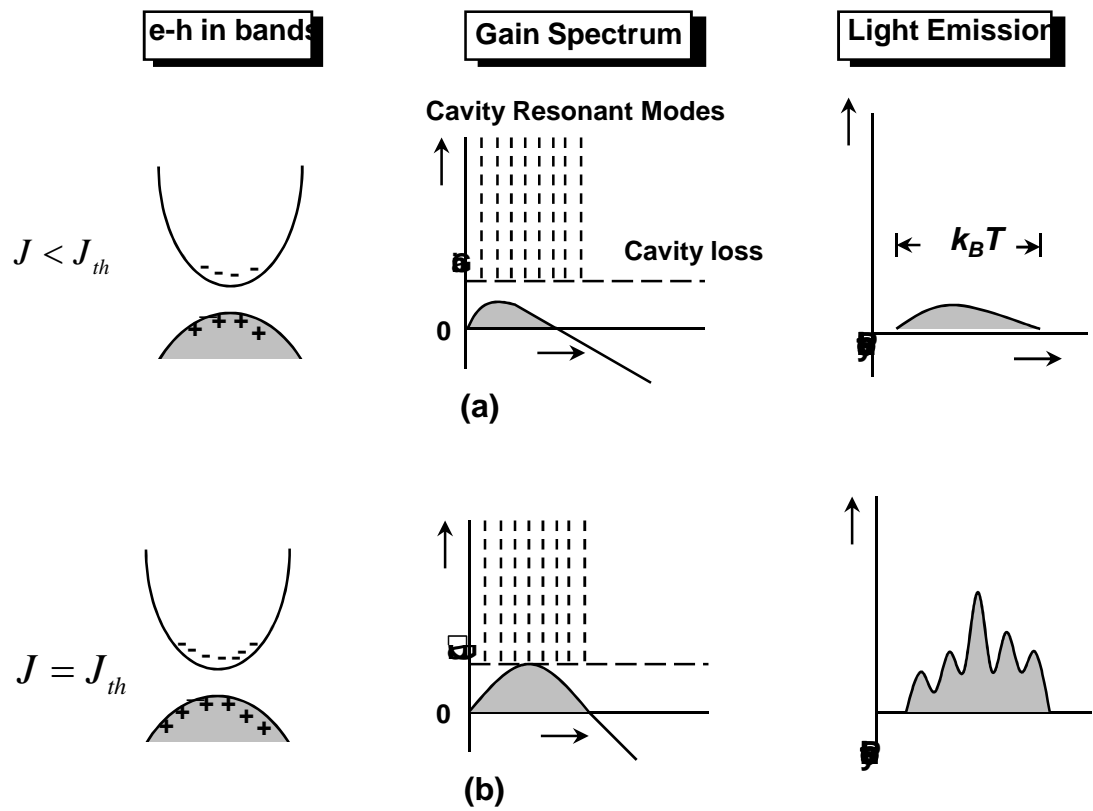
$$\frac{dn_{2D}}{dt} = \frac{J_{rad}}{e} - R_{sp}(n_{2D}) - \frac{c}{n_r} \sum_m \Gamma g(n_{2D}, E_m) S_m$$

$J_{rad}$ : Mật độ dòng bức xạ.

Xét trong trạng thái dừng và tỉ lệ uki n ng ng ta có:

$$S_m = \frac{\beta R_{sp}(n_{2D}) n_r}{c\Gamma [g_{th} - g(n_{2D}, E_m)]} \quad (4.4)$$





(a): Bên d i ng ng. l i th p h n m t mát, ánh sáng phát ra có b r ng nh c a LED.

(b): T i ng ng Laser. M t vài mode s tr i h n trong quang ph phát x

Hình 4.2

Mật dòng quang học a photon b c x :

$$J_r(th) = \frac{e n_{th} d_{las}}{\tau_r} = \frac{e n_{th} (2D)}{\tau_r} \quad (4.5)$$

$n_{th}$  : Mật độ hạt tải điện giá trị ngưỡng

$d_{las}$  : Bề dày vùng hoạt động

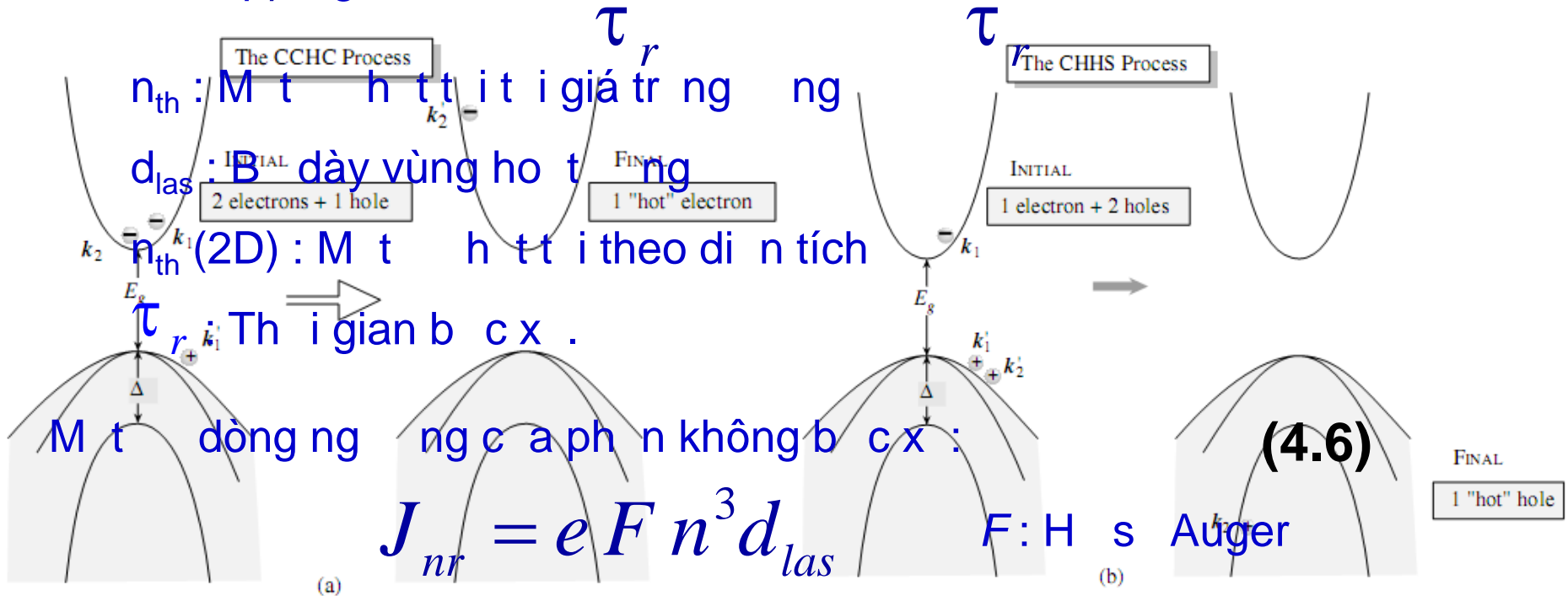
$n_{th} (2D)$  : Mật độ hạt tải điện theo diện tích

$\tau_r$  : Thời gian bức xạ .

M t dòng ng ng c a ph n b c x :

- Sai h ng c a bán d  $J_{nr} = e n_{th} d_{las}$

- Tái h p<sub>r,Auger</sub>  $J_{th} = \frac{e n_{th} d_{las}}{\tau_r} = \frac{e n_{th} (2D)}{\tau_r}$  (4.5)

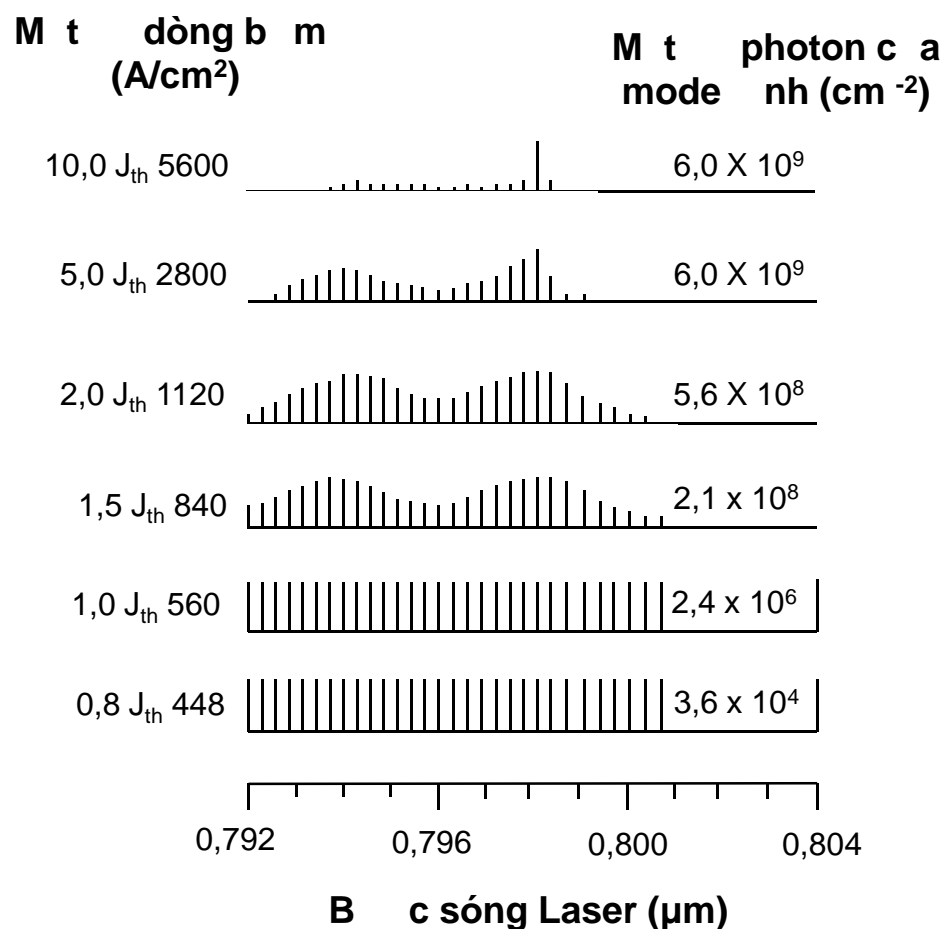


M t dòng ng ng t ng: **Hình 4.3**

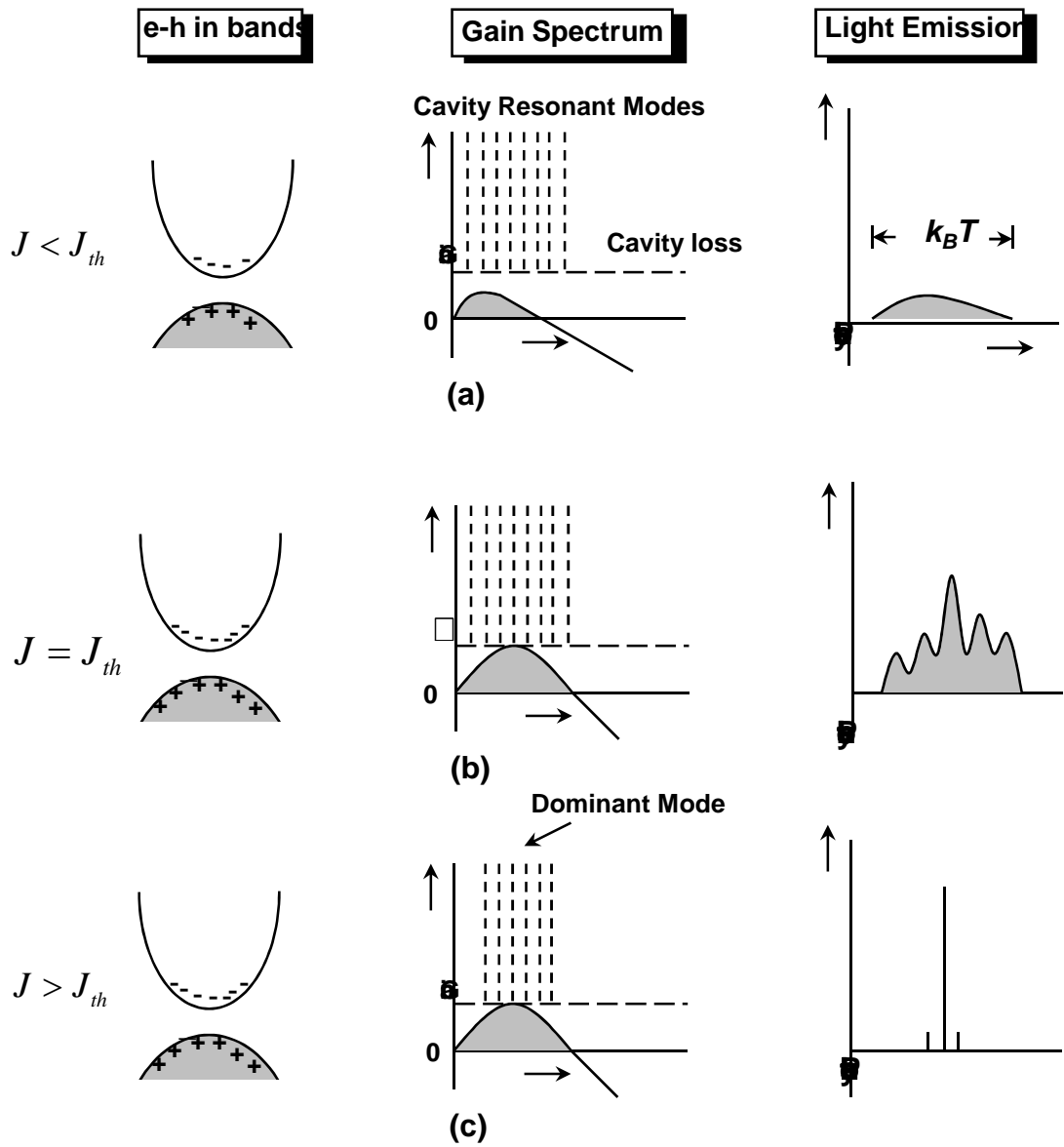
$$J_{th} = \frac{e n_{th} (2D)}{\tau_r} = e F n_{th}^3 d_{las} \quad (4.7)$$

## 4.3 Bên trên ngưỡng :

Khi  $J > J_{th}$  cường độ ánh sáng phát ra tăng lên do tác động của BCH và khuếch đại ánh sáng mode chiếm ưu thế hơn, ánh sáng đi qua các mode khác.



Hình 4.4: Quang phổ laser phát ra laser phụ thuộc mật độ dòng bơm



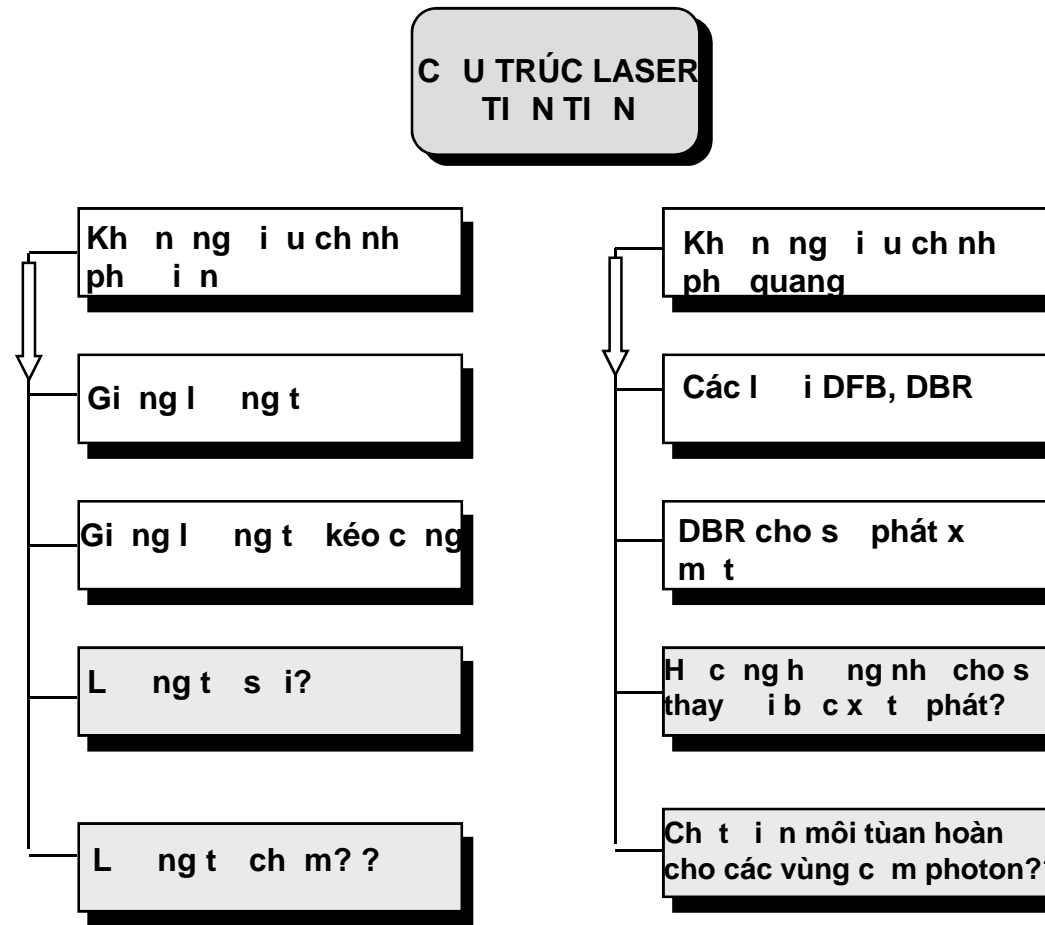
(a): Bên dưới ngưỡng. Lithium nitride, ánh sáng phát ra có bước sóng như của LED.

(b): Tại ngưỡng Laser. Một vài mode sẽ trở nên trội hơn trong quang phổ phát xạ.

(c): Bên trên ngưỡng. Phát xạ kích thích và trở nên phát xạ trội. Một mode trở nên chiếm ưu thế trong ánh sáng phát xạ.

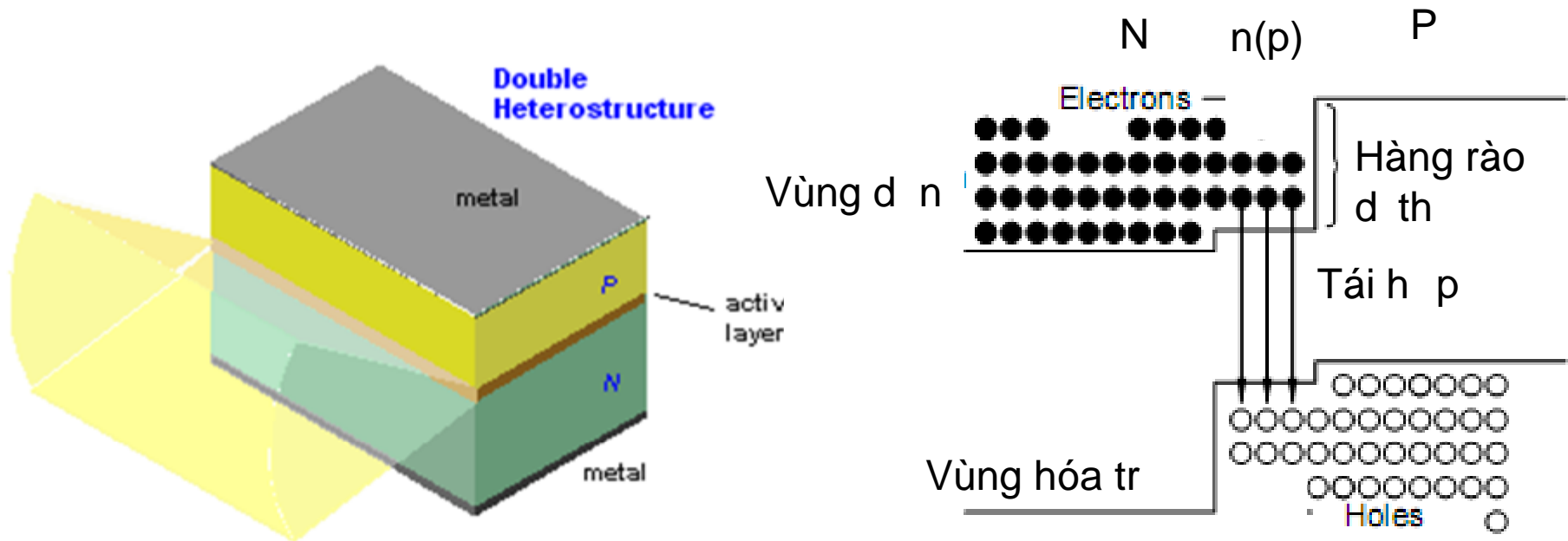
Hình 4.2

# 5. CÁC CẤU TRÚC TIỀN TIẾN : CẤU TRÚC MỘT CHỤM XÁC



**Hình 4.5:** Các ph n ng th c s d ng ch t o Laser bán d n tiên ti n.

## 5.1 LASER C U TRÚC D TH KÉP:

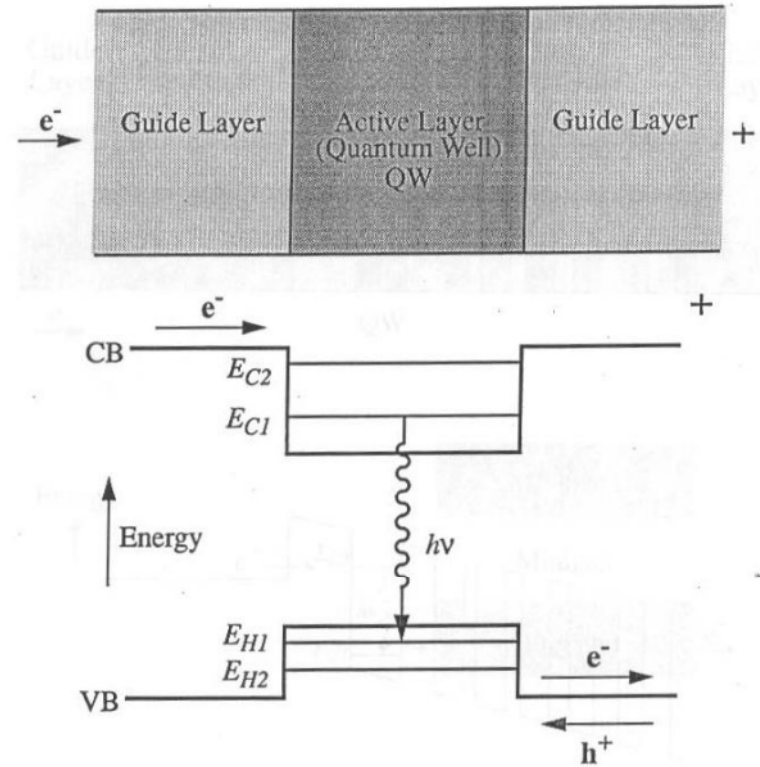
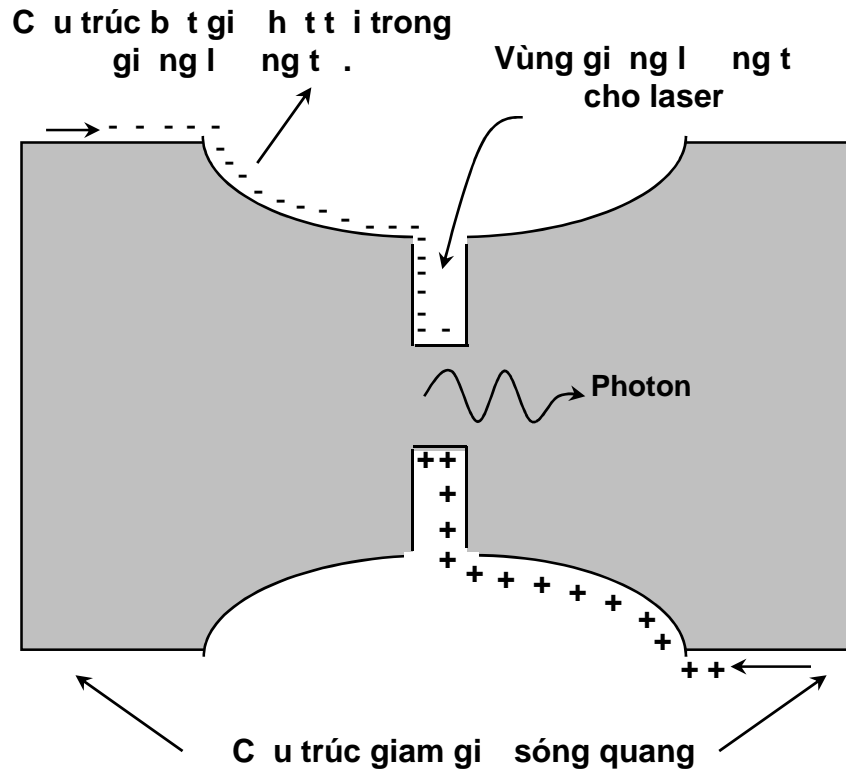


Hình 4.6: C u trúc d th kép

Vùng ho t tính k/th c nh  $\rightarrow$  Hi u su t phát quang cao.

Chi t su t vùng ho t tính  $>$  chi t su t vùng xung quanh  $\rightarrow$  ánh sáng ra là chùm h p.

# 5.2 LASER GI ỜNG L ỜNG T :



Hình 4.7

**u i m:**

- khu ch i l n → C n ít e và h t ng ng laser.
- m t mát th p → P cao.

**H n ch :**

Quá trình Auger t ng.

**Kh c ph c:**

50-100 A<sup>0</sup>

V t li u có khu ch i cao



# 5.3 Laser gi ăng l ợng t ợng kéo c ợng

Các gi ăng l ợng t ợng kéo c ợng

S ợng c ợng  $a_m \neq a$  t ợng n ợng l ợng 150meV trong vùng c ợng

S ợng gi ợng kh ợng l ợng t ợng đ ợng laser  
ng ợng th ợng p ợng h ợng

Kh ợng l ợng t ợng gi ợng b ợng i ợng m ợng t ợng bán đ ợng n ợng 3  
th ợng h ợng p ợng h ợng

S ợng c ợng c ợng cho p ợng h ợng s  
ph ợng t ợng laser ợng s ợng p ợng h ợng  
c ợng c ợng

Dùng s ợng c ợng c ợng th ợng c ợng h ợng p,  
n ợng ó c ợng th ợng c ợng có TE, TM,  
h ợng ó á ợng h ợng s ợng á ợng h ợng  
ph ợng c ợng c ợng

S ợng gi ợng t ợng s ợng Auger

Kh ợng l ợng t ợng gi ợng m ợng  
l ợng m ợng t ợng s ợng Auger th ợng p ợng h ợng

S ợng t ợng i ợng c ợng y ợng laser  
ph ợng t ợng r ợng i ợng n ợng

S ợng th ợng h ợng l ợng p ợng s ợng c ợng c ợng  
ng ợng n ợng c ợng h ợng n ợng các b ợng n ợng  
vào vùng h ợng ó t ợng t ợng h ợng

## 5.3.1 Khả năng điều chỉnh vùng cấm (Bandgap tunability)

Vùng-C  $\rightarrow$  HH

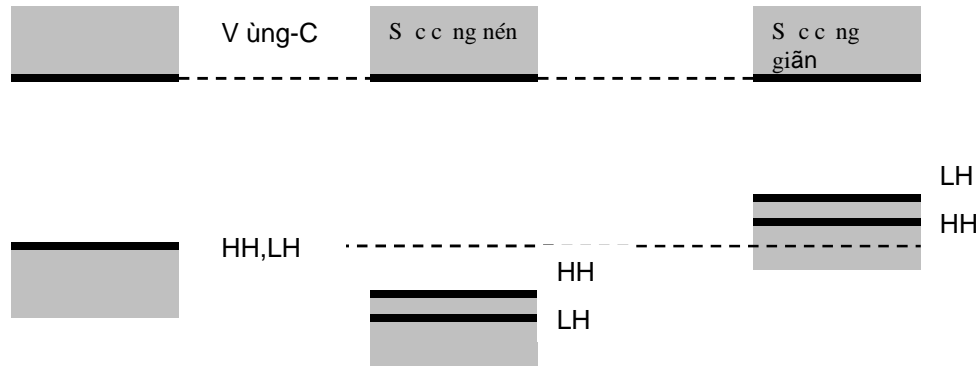
$$E_g = E_{go} + 2a \left( \frac{C_{11} - C_{12}}{C_{11}} \right) \varepsilon + b \left( \frac{C_{11} - 2C_{12}}{C_{11}} \right) \varepsilon$$

Vùng -C  $\rightarrow$  LH

$$E_g = E_{go} + 2a \left( \frac{C_{11} - C_{12}}{C_{11}} \right) \varepsilon - b \left( \frac{C_{11} - 2C_{12}}{C_{11}} \right) \varepsilon$$

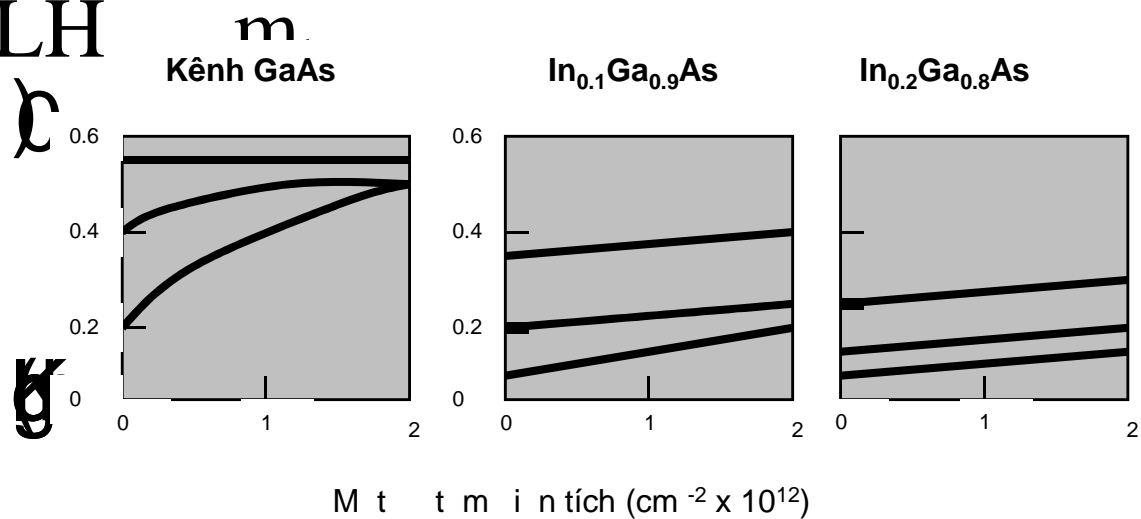
Số chiết suất  $\varepsilon = \frac{a_s}{a_L} - 1$

C : các hằng số liên kết; a, b : các số biến dạng



## 5.3.2 Dòng ng ng gi m (reduced threshold current)

Suy bi n HH,LH



### 5.3.3 Kỹ thuật kiểm soát phân cực (Polarization Control)

- Cấu trúc chế tạo HH có dao động TE
- Cấu trúc chế tạo LH / TM > 4 LH / TE
- Sử dụng thay thế tách HH, LH, và sử dụng chi m  
giả của chúng dòng ngang  
của phân cực phát ra của ánh sáng laser

## 5.3.4 Sự giảm tốc Auger (Reduction in Auger Rates)

$E_{ng} > E_{ng \text{ min}}$  q/trình Auger

$E_{ng} > E_{ng \text{ min}}$  do: trao đổi N/l ng, /l ng

Số cc ng t/  $i m_h$   $E_{ng} > E_{ng \text{ min}}$  t/  $i$

$E_{ng} > E_{ng \text{ min}}$  p/thu c  $m_h, m_e, E_g, n/l$  ng bị n  $i \Delta$

Nếu  $\Delta = \text{const.}$  thì  $m_h, E_{th}$

xác suất /t và l/tr ng các m c n/l ng này s  
th p và h s Auger s th p.

Nếu  $\Delta$  g n vùng c m thì tỉ s Auger có th t ng.

Do t s Auger  $\sim F n_{th}^3$  nên  $n_{th}$  v i s c c ng ch c ch n  
ng n ch n t s Auger.

### 5.3.5 Sự tin cậy laser (Laser Reliability)

- ❖ Sự lan truyền sai lệch qua một vùng kéo dài thì công suất và các sai lệch công suất đi vào một vùng kéo dài thì bị suy giảm.
- ❖ Lợi ích không mong đợi này của các công cụ là một trong những lợi ích quan trọng bởi vì tin cậy thiết bị là một vấn đề quan trọng.

## 5.4. Laser chu i l ng t và ch m l ng t

### (Quantum Wire and Quantum Dot Lasers)

- I ng ng th p, k:  $f_e + f_h - 1 > 0$  i v i kh n ng tiêm vào th p nh t
- M/ tr/thái ph i cao  $E_{\text{phát laser}}$  và th p các m c E khác t t c các t i c tiêm vào diode có th c dùng c i ti n  $f_e$  và  $f_h$  n/l ng laser.
- M/ tr/thái /t và l/tr ng ph i /x ng c  $f_e$  và  $f_h$  có th cao s tiêm th p .

## /v i Laser chu i l/t :

M t tr ng th i cho m i v ùng :

$$N(E) = \sqrt{2} \frac{m^{*1/2}}{\pi h} (E - E_n)^{-1/2}$$

Bi u di n m\* trong n v m<sub>0</sub> và E trong eV

$$N(E) = \left( \frac{m^*}{m_0} \right)^{1/2} (E - E_n)^{-1/2} (1.626 \times 10^7) eV^{-1} cm^{-1}$$

N ng t i trong m t v ùng là

$$n = \int_{E_n}^{\infty} N(E) f(E) dE$$



Gi s là phân b Boltzmann :

$$n = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{m^{*1/2} (k_B T)^{1/2}}{h} \exp\left(\frac{E_{Fn} - E_n}{k_B T}\right)$$

Do s khác th ng b vùng trong m/ tr/thái,

l i g n  $E_g \gg$  l i gi ng l/ t

có kh n ng thu c m t m t dòng ng ng  
th p h n.

➤ Trong ch m l/ t , m t tr ng thái là do các m c n ng l ng riêng bi t trong c u trúc.

có m t tr ng thái hàm  $\delta$ .

có th có s o ng c v i m t s tiêm i n tích r t nh .

❖ M i ch m ch có th có 2 n 3 i n t và l tr ng ng ng.

❖ Tô s giam gi m t bên c a các /t và l tr ng thì c n thi t cho các ch m l/t và chu i l/t

❖ Có nhi u cách ã c dùng t o s giam gi m t bên:

➤ S phát tri n trên m u : kh c rãnh hình V lên ho c c t l góc t o l s s p x p các ng/t . S giam gi m t bên p/thu c vào q/trình p/tri n các l p n ng/t khác nhau -> làm chu i l/t . (k th t r t y u)

➤ S mài mòn và tái phát tri n : l gi ng l/t mài mòn l v t li u Eg cao tái s giam gi l/t .

-> R t khó vì q/trình mài mòn và tái p/tri n thì khó hi u và khó i u khi n .



**Thu n l i**

l i v t l i u  
cao dòng tiêm  
vào th p

Kh n ng o s  
phân c c d h n

**H laser 2  
chi u**



**Thách th c**

K thu t xây d ng  
r t khó

Các v/ ng/tr ng trong vi c  
t c y/t l p y cao và  
s giam gi quang

Các thách th c nghiêm  
tr ng trong s tiêm /tích  
t s t/xúc- các v/ nhi t  
hoá t i.

# 6. CÁC CẤU TRÚC CAO CẤP: ỐNG C (H P) CƯỜNG NG

## 6.1 Hộp Fabry-Perot

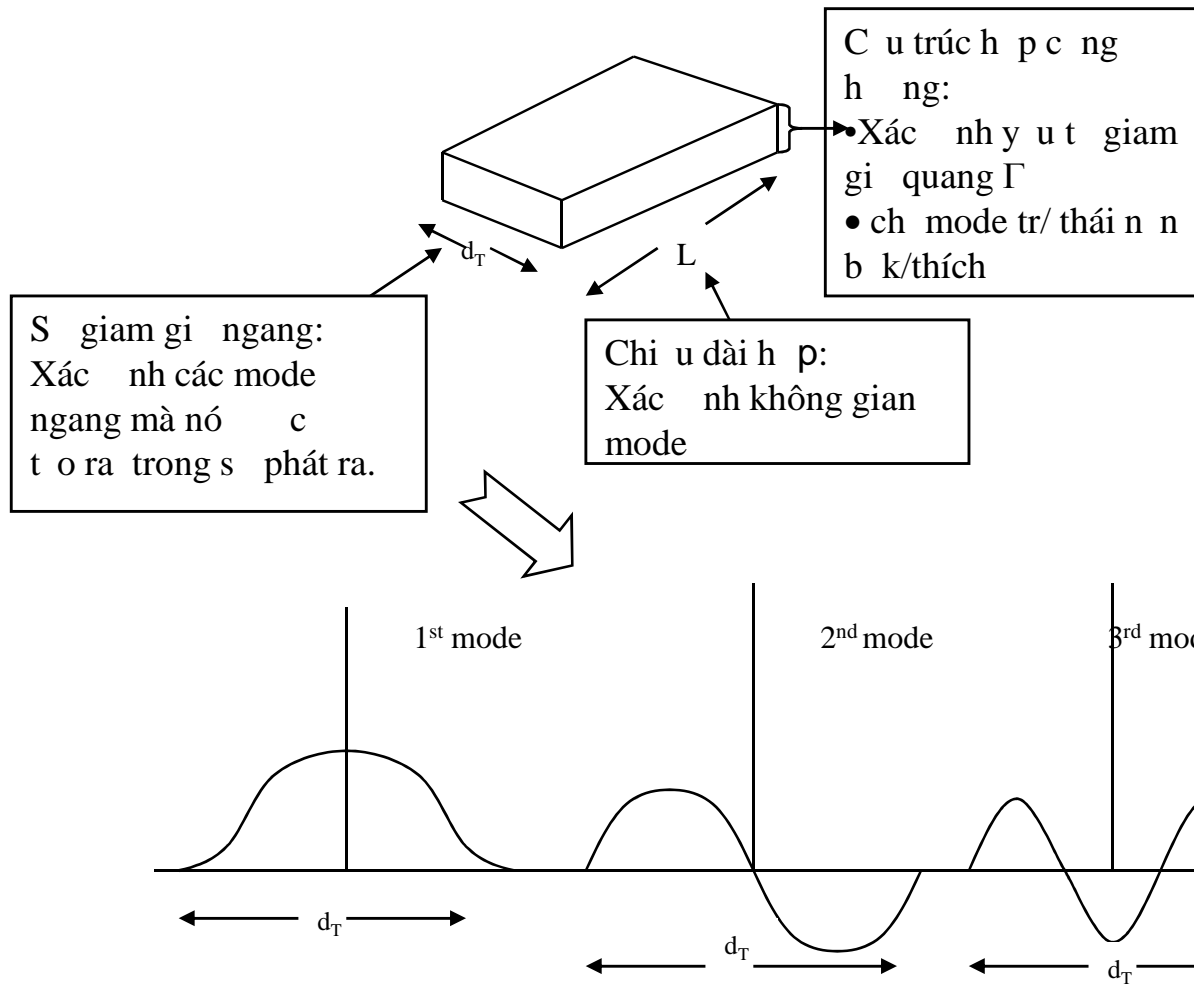
Vùng không gian giữa các mode Fabry-Perot

$$\Delta k = \pi / L$$

$$\Delta \omega = \frac{v}{4\pi L}$$

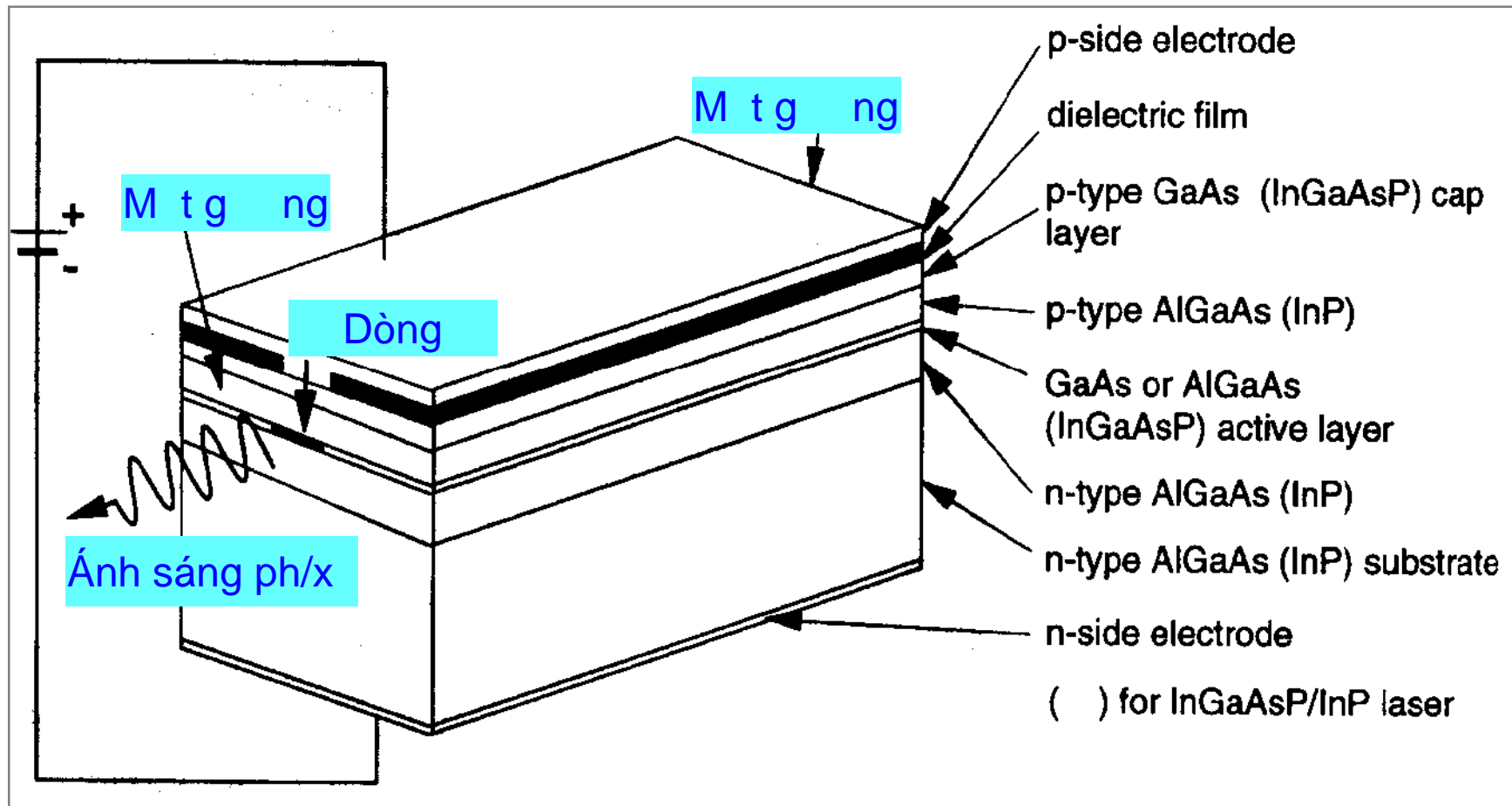
$v$  là vận tốc ánh sáng.

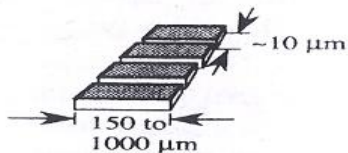
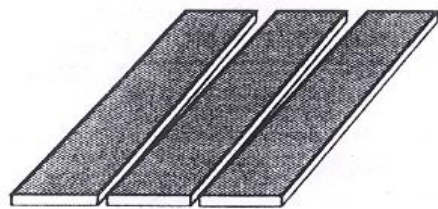
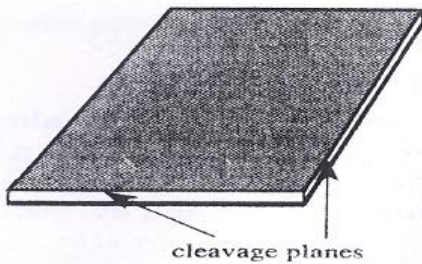
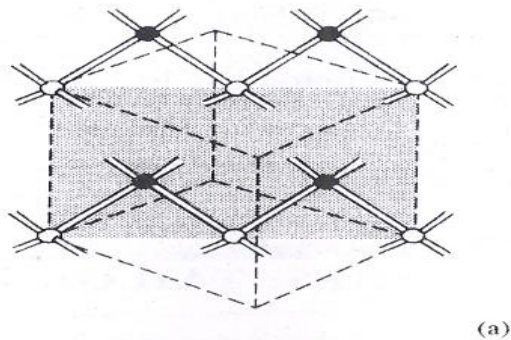
$L$ : Chiều dài hộp



Hình 6.1: Các thông số hình học khác nhau của một laser Fabry-Perot và sự quan trọng của chúng đối với phát xạ laser. Một ghi nhận về các mode một bên khác nhau của minh họa.

# Cấu trúc của một laser diode Fabry-Perot





(b)

Các ng/t trên mặt phẳng (110)

Mỗi ng/t có 4 liên kết:

- 2 lk t trong mt (110)
- 1 lk t n i v i m i ng/t g n k các mt (110)

→ Vì c tách các mt g n k c n phá v 1 lk t trên ng/t .

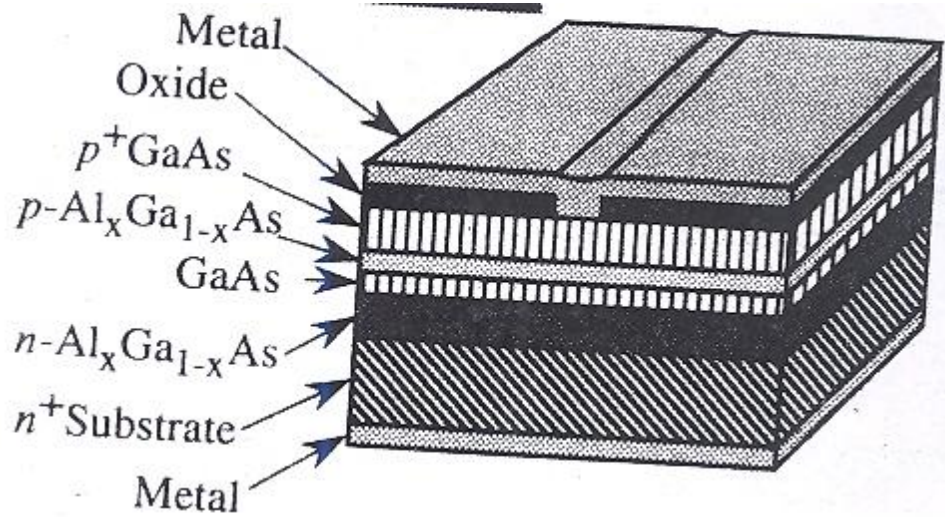
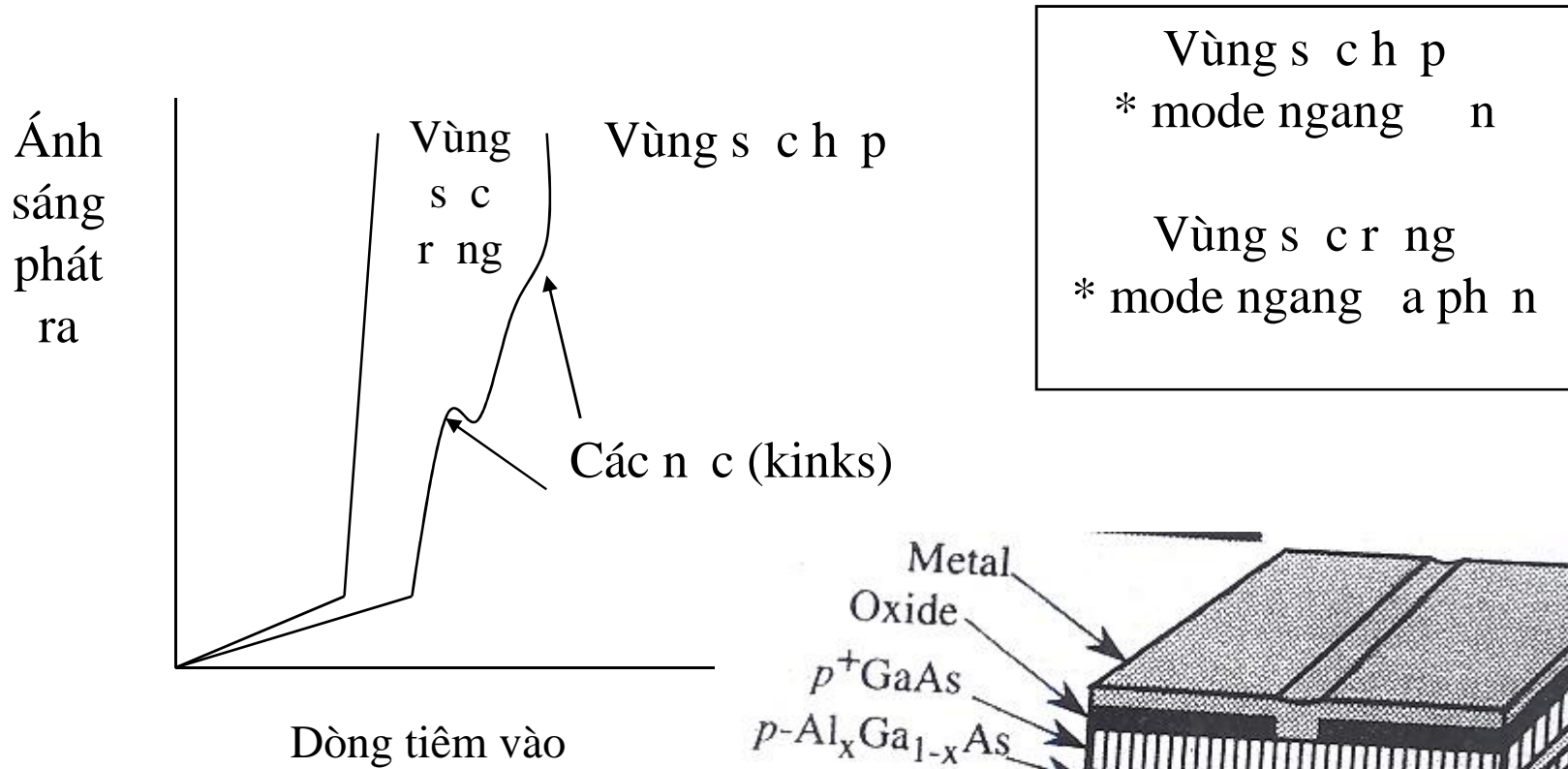
(i) laser c/trúc d th p/tri n d c theo (001) v i t/xúc ohmic các mt trên và m t d i.

(ii) C t thành các thanh d c theo 1 chi u (110)

(iii) Các thanh tách ra các m nh d c theo chi u (110) khác.

**Hình 6.2:** (a) Mặt cắt c/trúc pha tr n k m có các m t k c n i b i m t lk t n. (b) Cách dùng s/xu t l h p Fabry – Perot g m tách l l p m có ch a c/trúc laser i t.





Hình 6.3: Sự di chuyển trong các mode ngang tham gia vào sự phát quang của một laser sinh ra các kinks trong cong dòng – ánh sáng phát ra.

❖ tránh v t n c mà nó sinh ra nhi u trong truy n quang ta có 2 cách:

- H p d n l i (Gain guided cavities)
- H p d n ch s (Index guided cavities)

### H p d n l i

C/trúc b/d n c p h

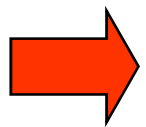
$n, g$  có  $d_T = 2 - 10 \mu m$  ko  $d_T$  ng nh t theo chi u y.

Th c ra, n c n r t nh nên ko là y/t chính x/h/ ng mode ngang.

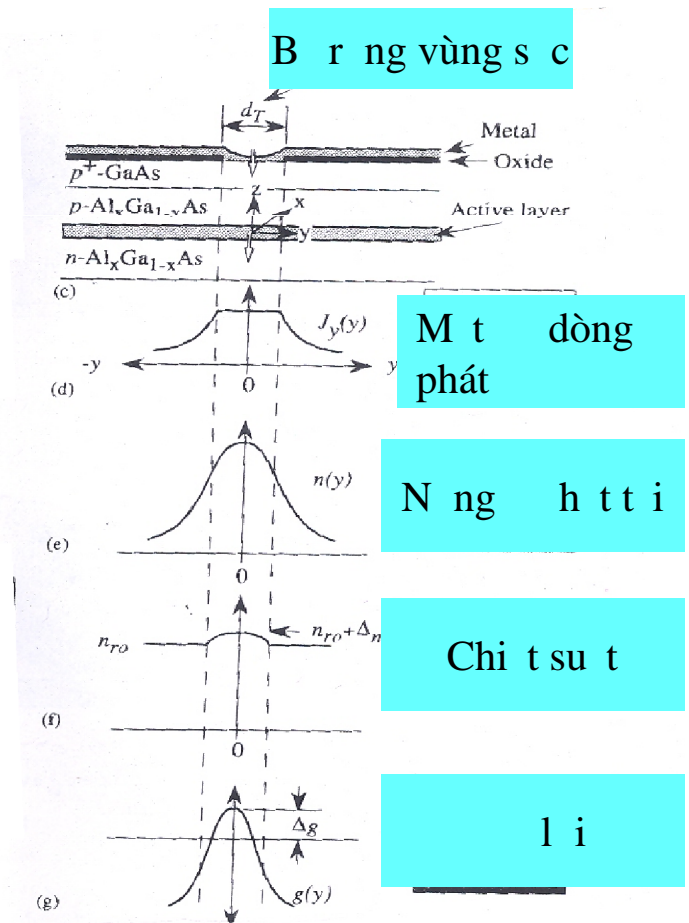
n th/ i do s phun t i trong vùng s c, s th/ i này là l hi u ng kháng d n.

Tuy nhiên, do  $g$  ko ng nh t m nh nên g t o ra hi u ng d n

Laser d n l i khó h/ ng mode ngang n tr khi  $d_T \sim 2 \mu m$ ,  $I_{ng}$  ng do  $I_{ra}/I_{phí}$



### H p quang d n chi t su t



# H p d n chi t su t

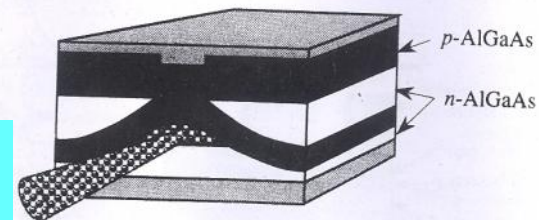
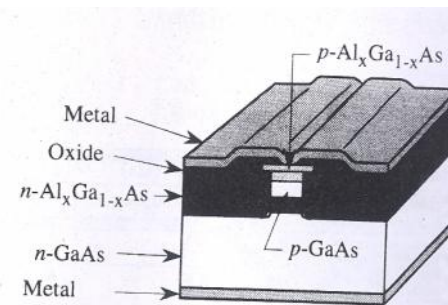
D a vào l b c trong s th/ i ch/su t m t bên.

t o m t b c ch/su t m t bên:

T o l l p n nguyên t # laser th ng -> mài mòn còn vài vùng  
c micron -> tái ph/tri n quang vùng h/tính b i l v t li u  $E_g$  l n.

## Laser c/trúc d th mai táng:

- ✓ Ko b v t n c trg `g cong ás
- ✓ Ánh sáng ra là mode n
- ✓ Dòng ng ng r t nh
- ✓ Có y u i m c a t/c i
- ✓ Vùng h/tính có c/trúc gi ng l



Ánh sáng ra

## 6.2. Laser Phân Bế H i T i p (The Distributed Feedback Lasers)

Laser h p F-P có m t s b t l i:

Do d ùng l g ñng ñ t o tr/thái ñ ñ ñ nên ko có 1 mode quang nào c ù tiên.

Vi c x mode nào tr i h ñ trg ph ñ thì do t/c ñ ñ c a vùng h/tính x .

Vùng k/gian mode ch 4-5 Å, ph ñ g r t ph ñ ñ ñ nên nhi u mode t t trg laser ra

B r ñg tia laser c 20 Å, m i mode c c k h p

H p c ñg h ñ ñ có th t ñó cung c p s l a ch ñ mode hay không?



**Laser Phân Bế H i T i p**

# Laser Phân B

Laser DFB có s 1 a ch n mode đ a vào s lan truy n sóng trong c/trúc t/hoàn.

Trong c/trúc t/hoàn, h/ ng c bi t x y ra khi b/sóng c a sóng  $\sim$  b/sóng c a c/trúc t/hoàn.

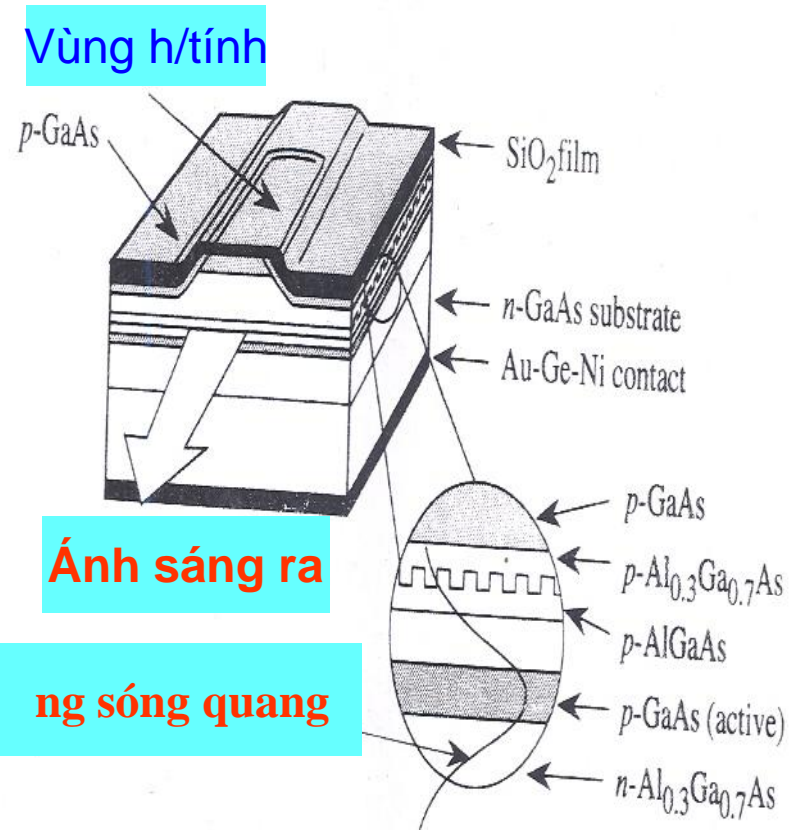
Trong b/d n, i u ó liên quan t i nhi u x Bragg  
Trong c/trúc laser DFB: Có 1 l i t/hoàn.

Ch t o:

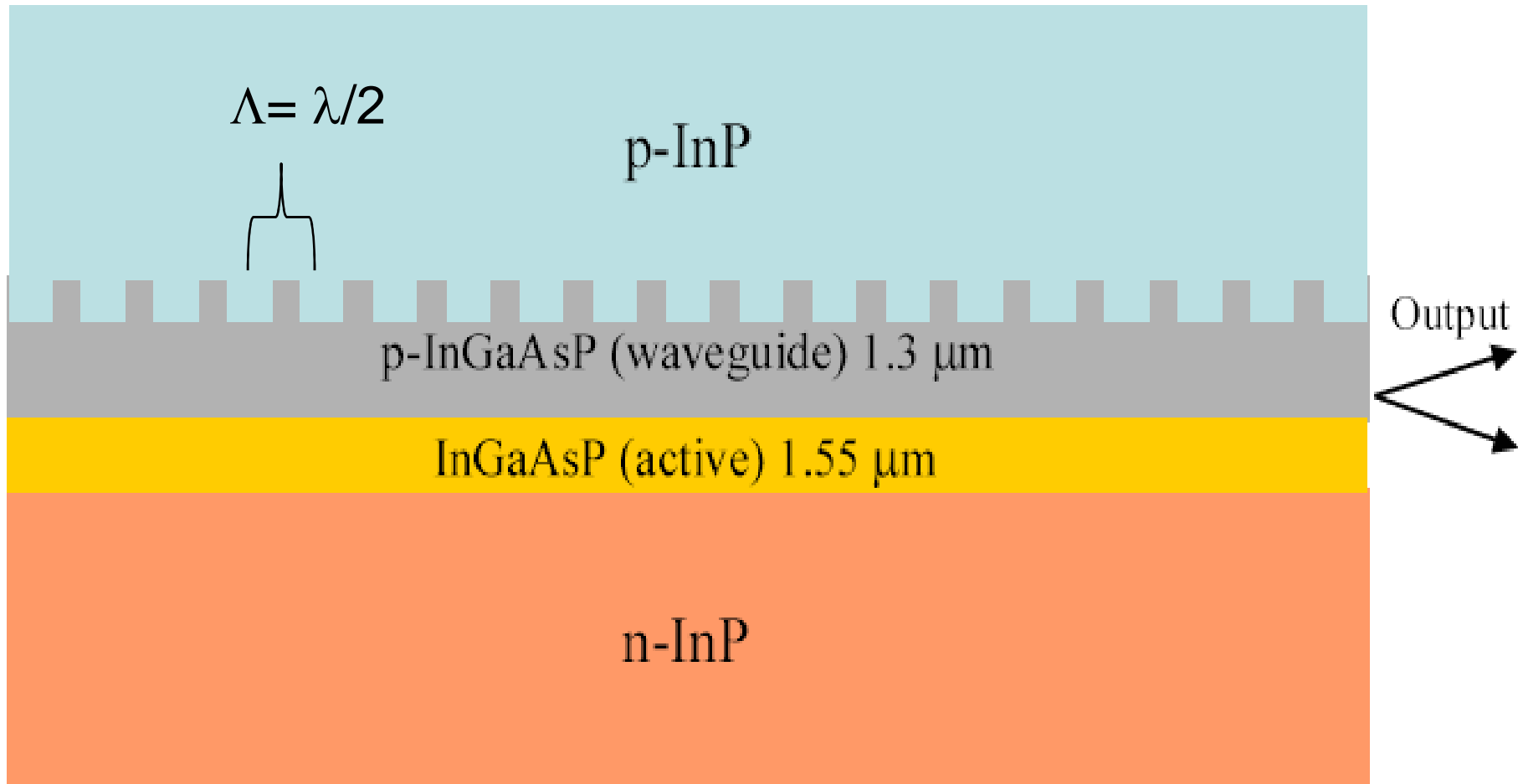
- ✓ T o c/trúc laser c b n
- ✓ Mài thành 1 c/trúc t/hoàn
- ✓ Tái ph/tri n lên 1 p trên.
- ✓ Cái l i t/hoàn càng g n vùng h/tính càng t t sóng quang t/tác m nh v i nó.

Do s s p x p l i t o sai h ng, l i ko quá

G n vùng h/tính  $\rightarrow$  khó ch t o, t n kém  $\gg$  laser F-P



# C u t o laser DFB



**Chân thành cảm ơn quý thầy  
và các bạn đã quan tâm theo  
dõi.**