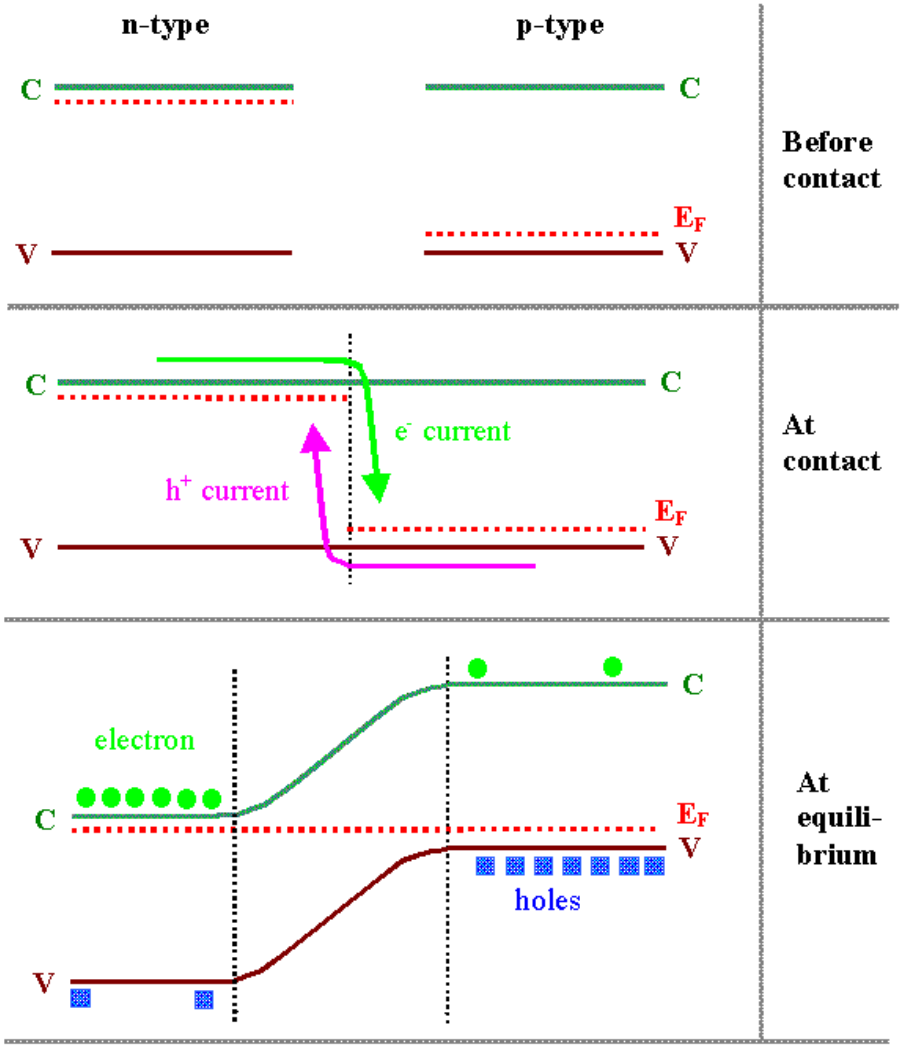
www.mientayvn.com

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN
BỘ MÔN VẬT LÝ ỨNG DỤNG

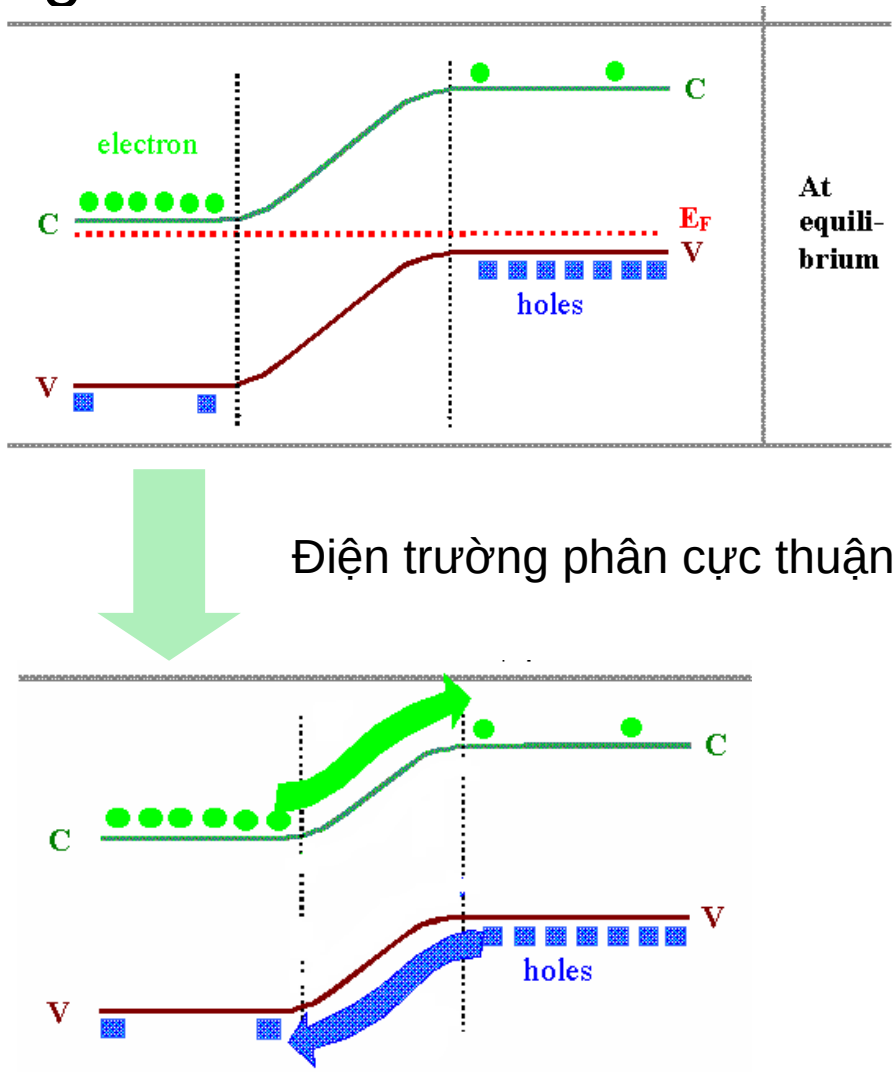
LASER DIODE
CẤU TRÚC CẢI TIẾN DỰA VÀO HỐC CỘNG HƯỞNG

GVHD: PGS. TS. Trương Kim Hiếu
HVTH: Phan Trung Vĩnh

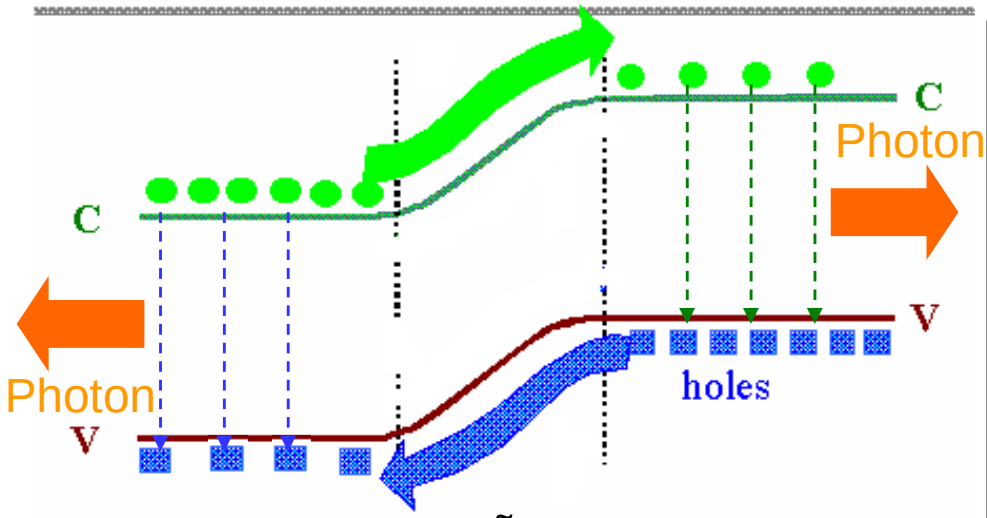
Nguyên tắc hoạt động của Laser Diode



H1: Tiếp xúc p-n

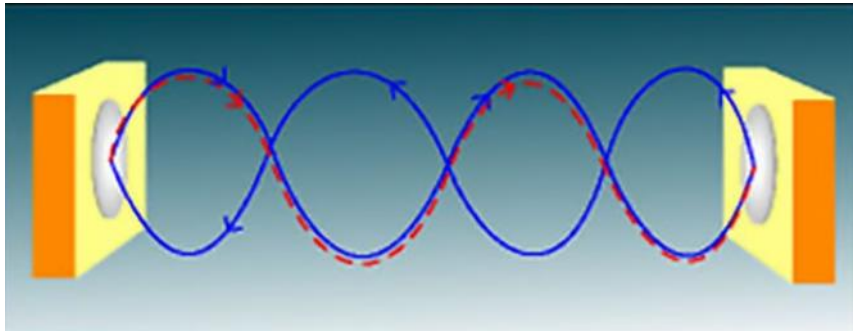


H2: Dòng phun của hạt tải đa số dưới tác dụng điện trường phân cực thuận



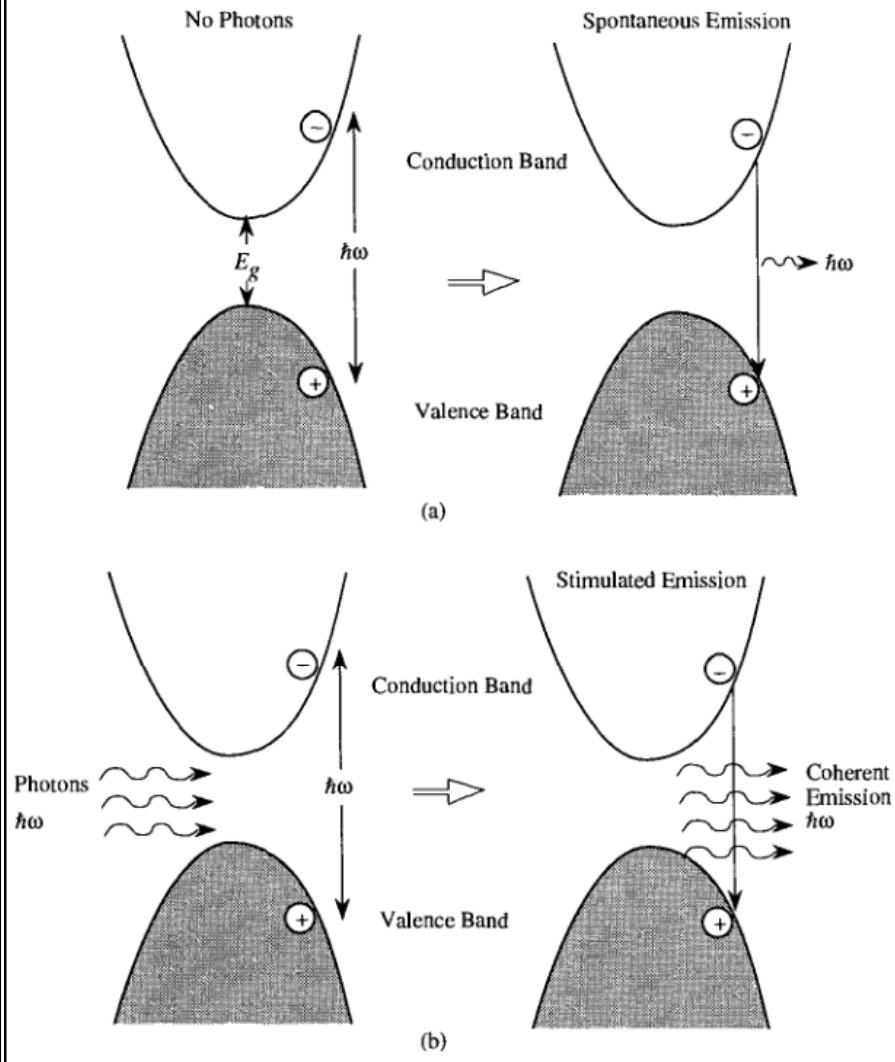
H3: Tái hợp giữa lỗ trống và electron phát ra photon

Mật độ photon ↑↑↑ ⇨ Hốc cộng hưởng và định hướng (resonant cavity)

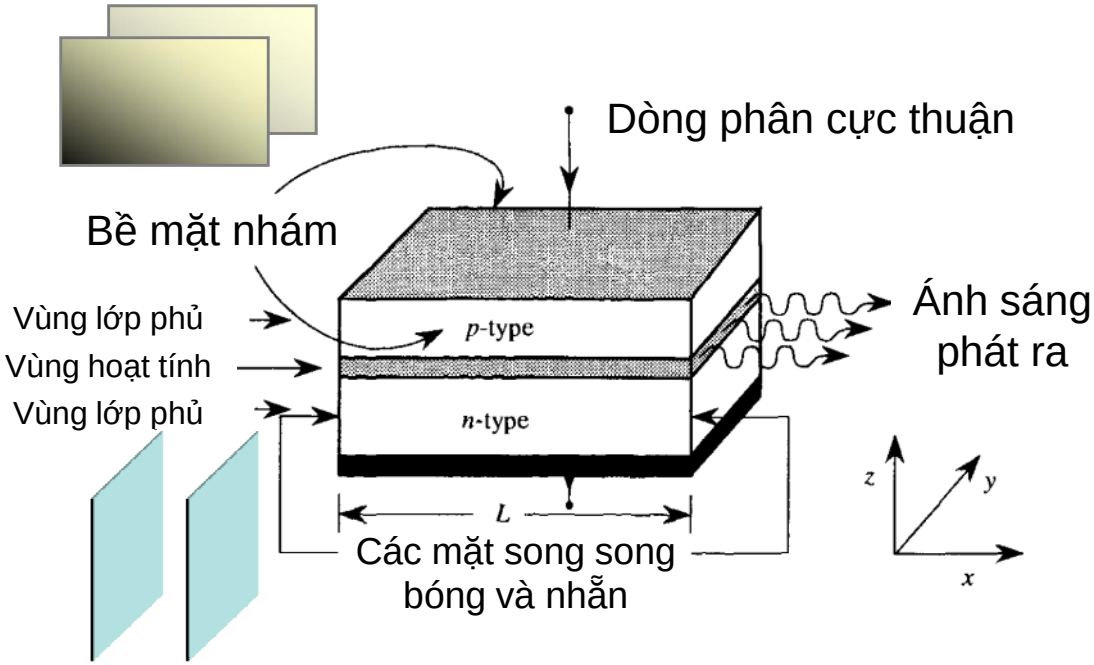


H5: Sự phản xạ nhiều lần của photon trong hốc cộng hưởng

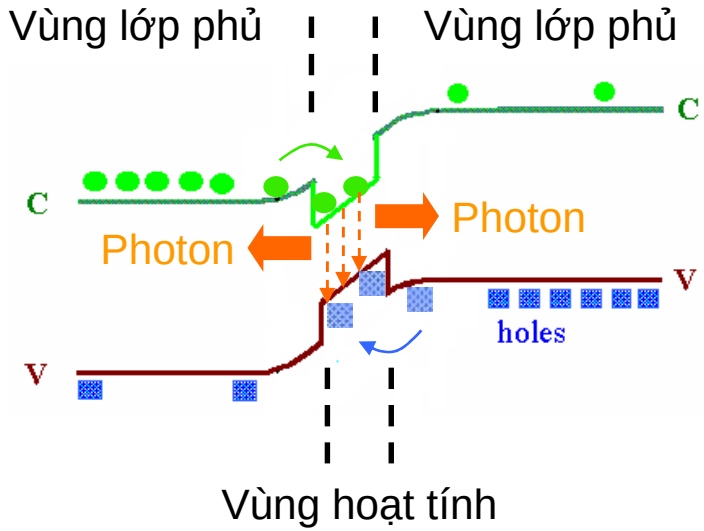
Hốc cộng hưởng Fabry-Perot



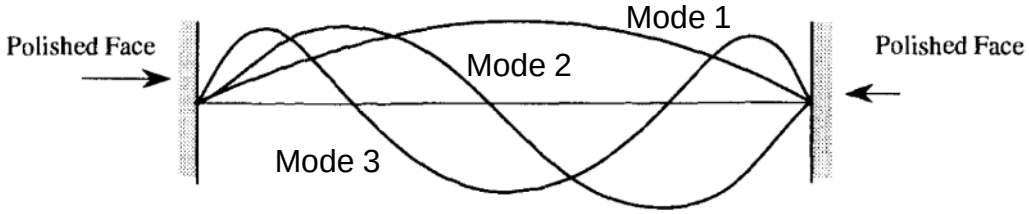
H4: Sự khác nhau giữa bức xạ tự phát (LED) (a) và bức xạ kích thích (Laser Diode) (b)



H6: Cấu trúc của một laser diode sử dụng hốc cộng hưởng Fabry-Perot



H7: Giản đồ vùng năng lượng của một laser diode chuyển tiếp dị thể (heterojunction)



H8: Các mode cộng hưởng lan truyền bên trong hốc Fabry-Perot

Mode = trường điện từ lan truyền có 1 bước sóng nhất định

Các mode trong hốc có bước sóng thỏa mãn biểu thức:

$$L = \frac{q\lambda}{2}$$

q = 1,2,3,...; L: chiều dài hốc; λ: bước sóng ánh sáng trong hốc

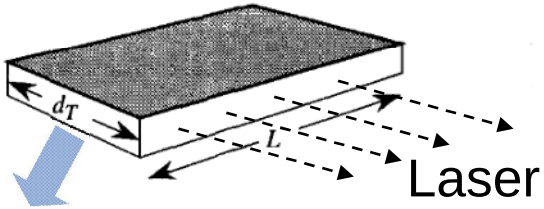
Cải tiến Laser Diode

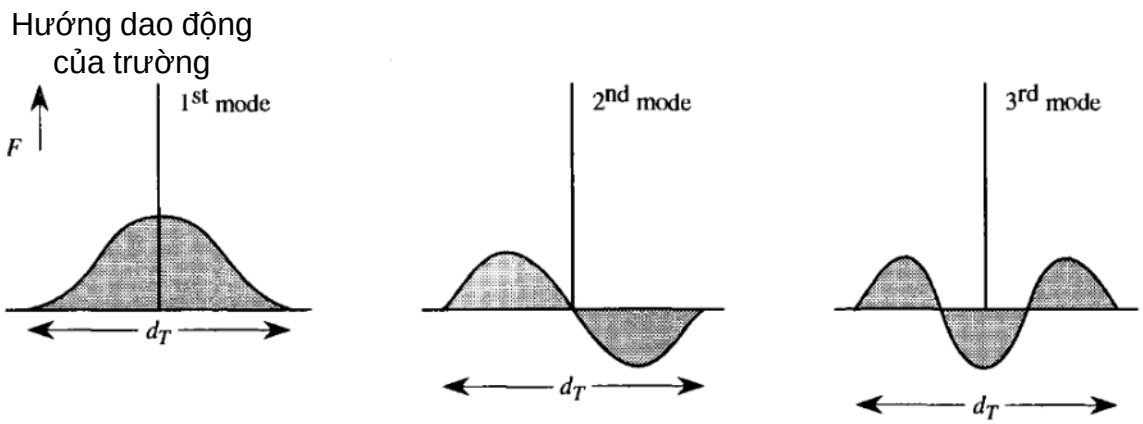
Dòng ngưỡng thấp (Low threshold current)

Băng thông điều biến cao (High Modulation Bandwidth)

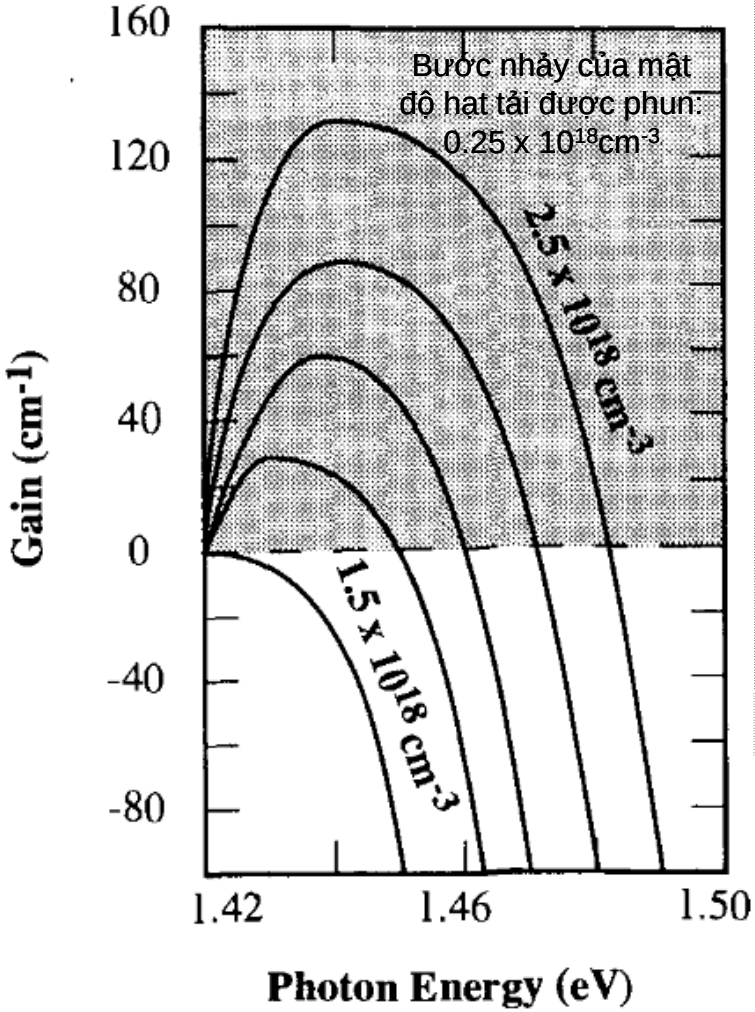
Cấu trúc điện tử

Hốc cộng hưởng



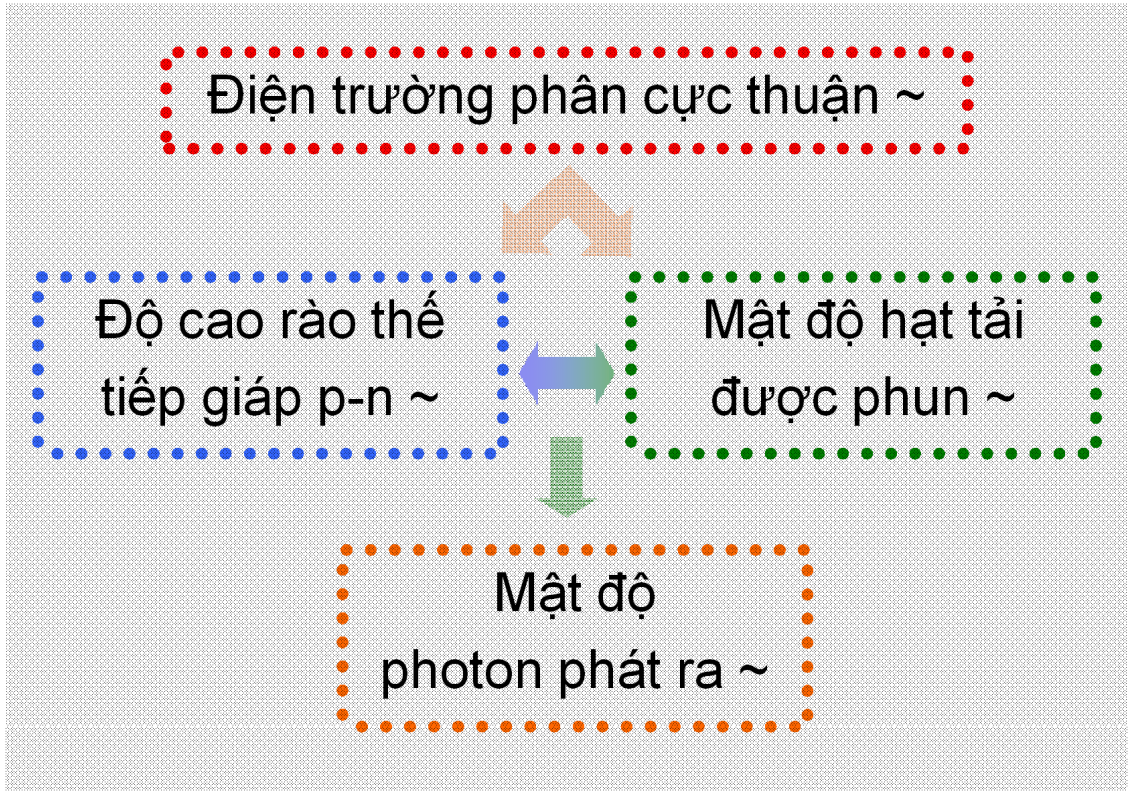


H9: Các mode lan truyền trong hốc Fabry-Perot



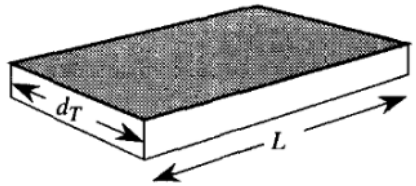
H10: Đường cong độ dôi (gain) theo năng lượng photon kích thích tại các mật độ hạt tải được phun khác nhau đối với GaAs tại 300K

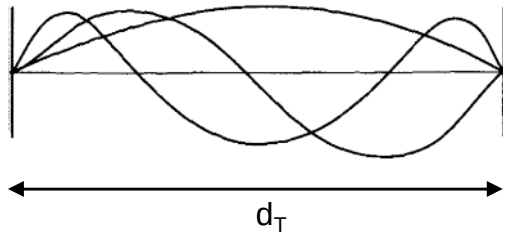
Gain = Mật độ photon bị hấp thu – Mật độ photon phát xạ (xét 1 chiều)



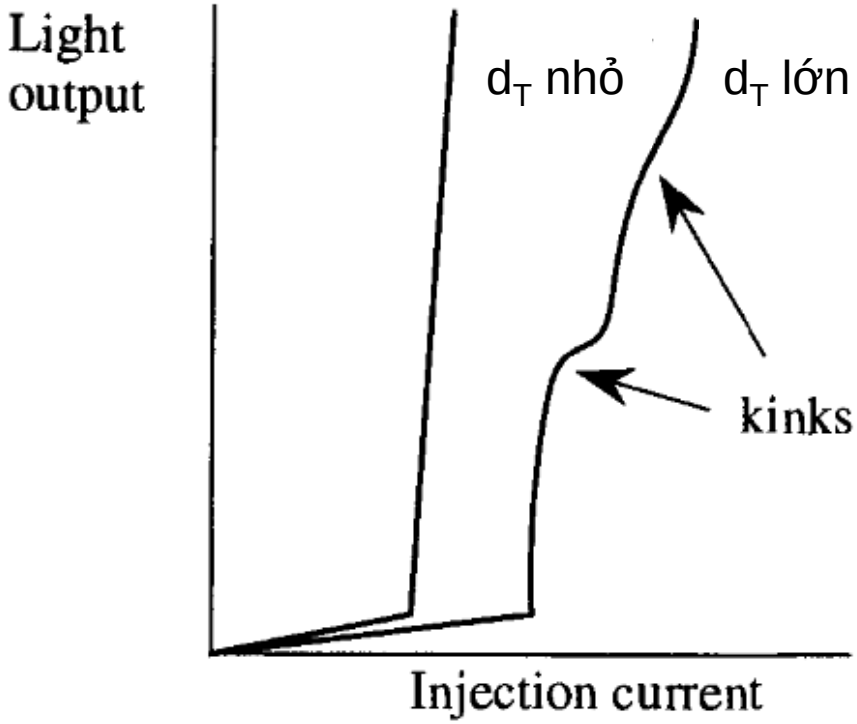
Mode có mật độ photon cao nhất tại năng lượng photon lân cận peak phổ (H10)

Photon có năng lượng nhất định → Mật độ cao nhất





$$d_T = \frac{q\lambda}{2}$$



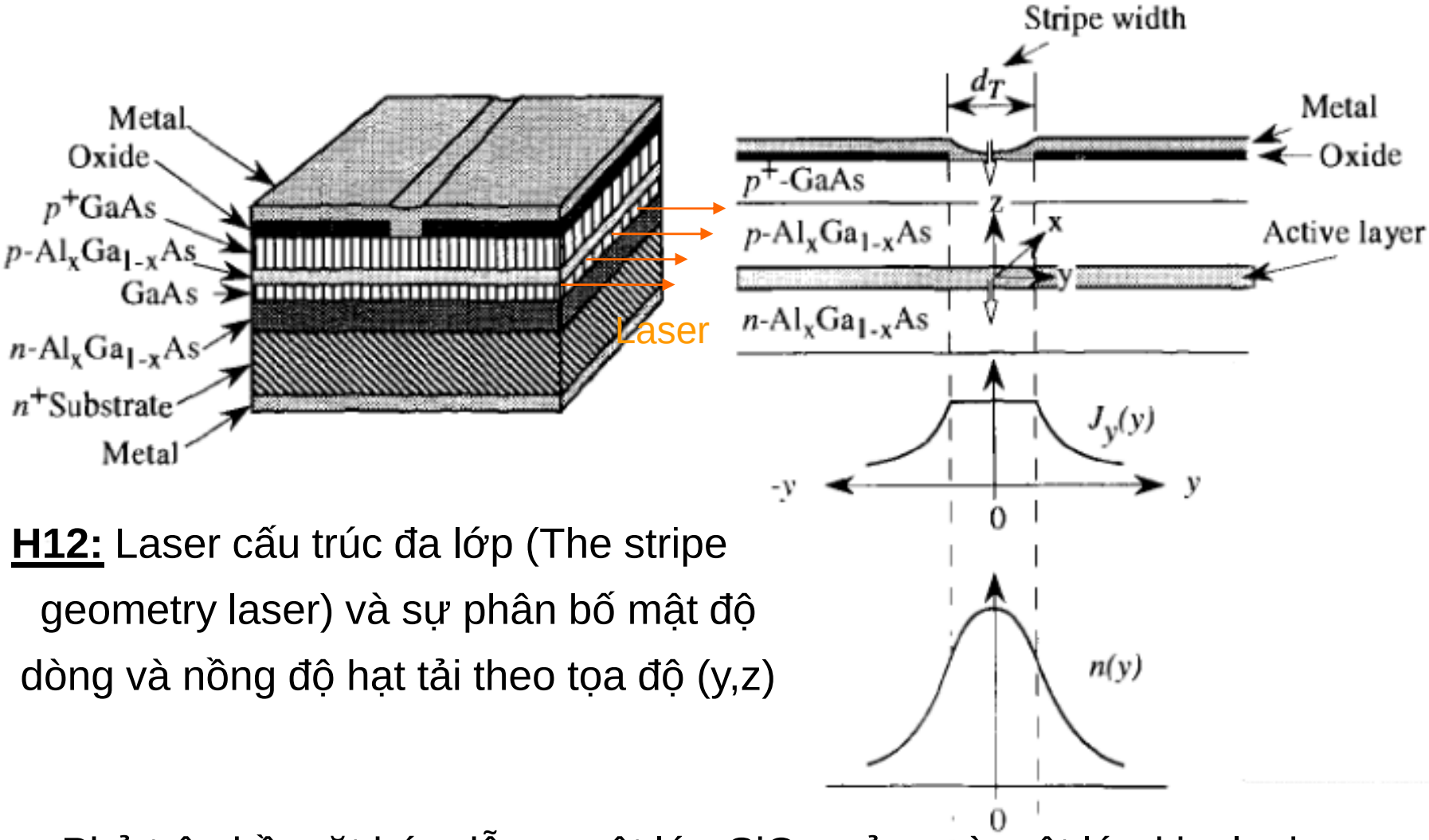
H11: Sự thay đổi của cường độ laser phát ra theo cường độ dòng phun hạt tải tại d_T nhỏ (đường bên trái) và d_T lớn (đường bên phải)

d_T lớn ⇨ Xuất hiện thêm các mode có tần số lớn dao động trong hốc ⇨ Mật độ photon phát ra ngoài hốc ↓ ⇨ Thay đổi liên hệ cường độ dòng phun và cường độ laser phát ra ⇨ Xuất hiện các điểm uốn (kink) ⇨ Gây nhiễu trong truyền thông tin

⇨ Khắc phục

- Hốc dẫn độ dôi (Gain guided cavities)
- Hốc dẫn chiết suất (Index guided cavities)

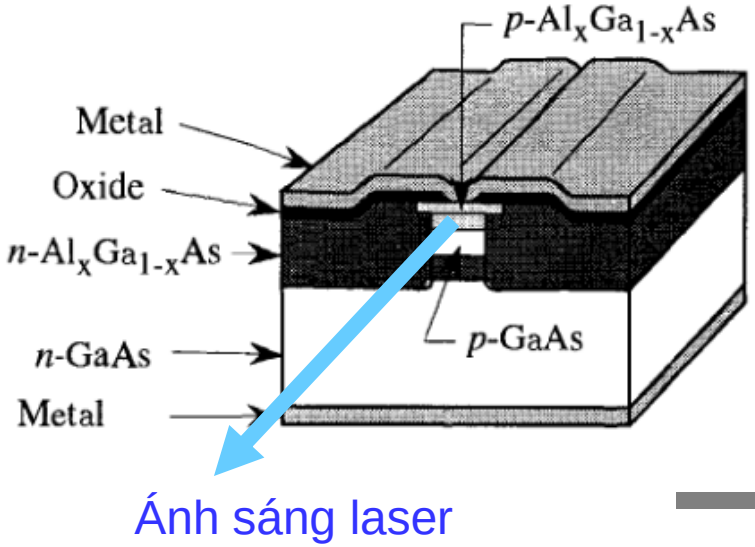
Hốc dẫn độ dôi (Gain guided cavities)

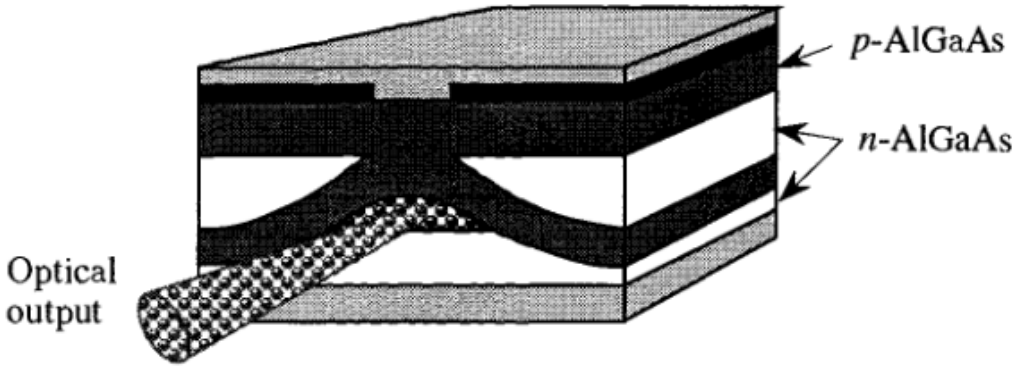


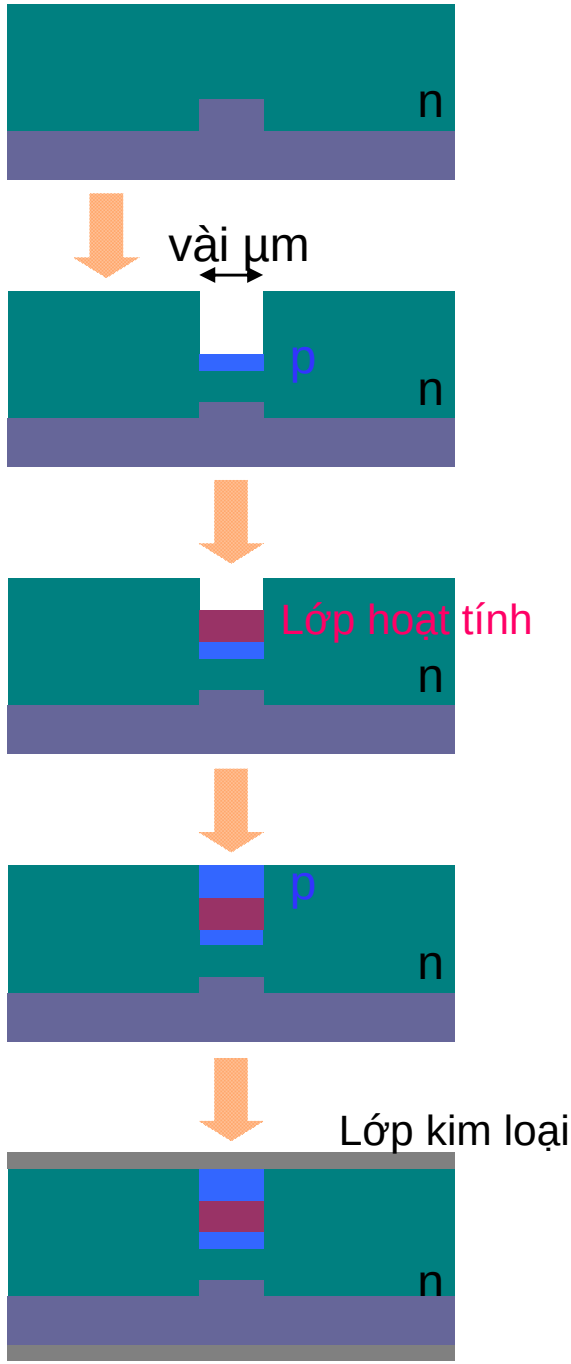
H12: Laser cấu trúc đa lớp (The stripe geometry laser) và sự phân bố mật độ dòng và nồng độ hạt tải theo tọa độ (y,z)

Phủ trên bề mặt bán dẫn p một lớp SiO_2 mỏng và một lớp kim loại mỏng. Khắc một khe hẹp bề rộng 5 - 10μm trên lớp SiO_2 (gọi là stripe). Nhờ đó, dòng phun hạt tải bị giam trong một không gian rất hẹp.

Hốc dẫn chiết suất (Index guided cavities)







H13: Laser cấu trúc dị thể chôn (Buried heterostructure laser)

Laser sử dụng hốc Fabry-Perot

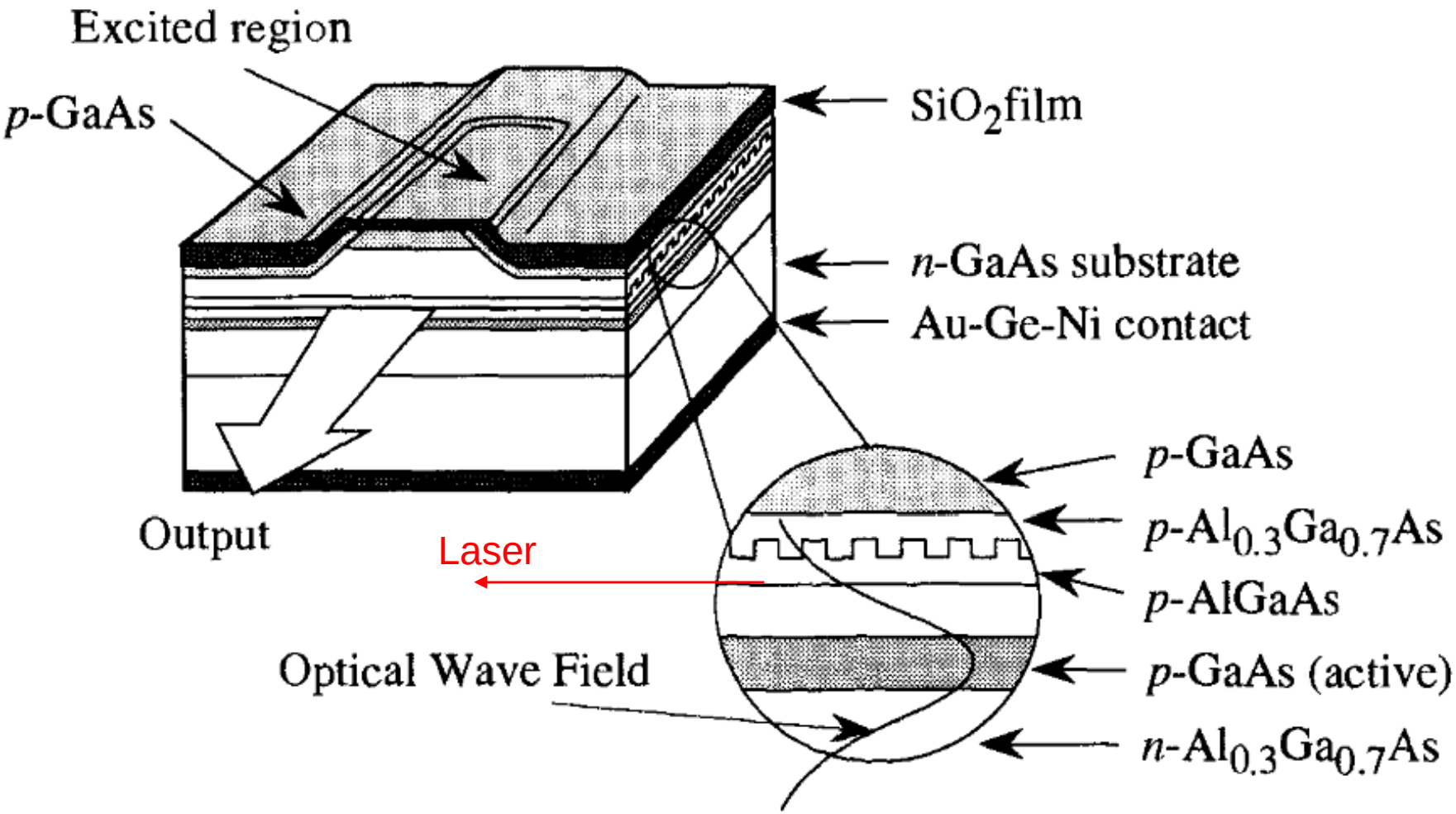
Ưu điểm: dễ dàng chế tạo

Hạn chế:

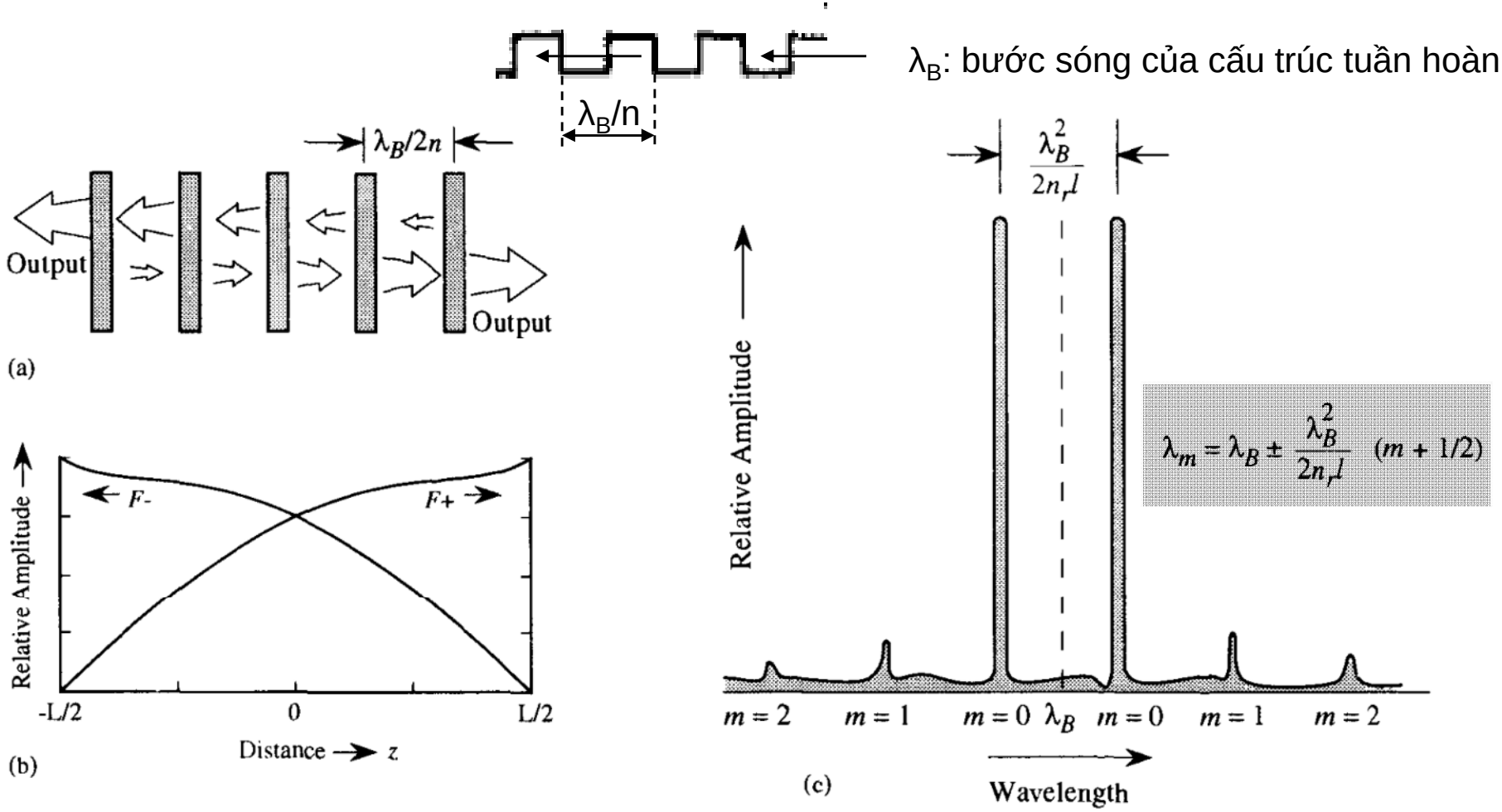
- Chỉ dùng gương phẳng để tạo trạng thái sóng dừng ⇨ không có sự ưu tiên cho những mode đặc biệt.
- Chỉ có một vài mode tham gia vào việc phát laser

Laser phân bố hồi tiếp
(The distributed feedback laser)

Có sự lựa chọn mode dựa vào sự lan truyền của các sóng trong cấu trúc tuần hoàn ($\lambda_{\text{sóng lan truyền}} \rightarrow \lambda_{\text{cấu trúc tuần hoàn}}$)



H14: Laser phân bố hồi tiếp có một mặt phân cách có cấu trúc tuần hoàn. Sóng quang học bị giam do mặt phân cách cấu trúc tuần hoàn.



H15: (a) Sự dao động của laser trong cấu trúc tuần hoàn phân bố hồi tiếp có một mặt phân cách có cấu trúc tuần hoàn; (b) Biên độ trường của sóng lan truyền sang trái F_- và sóng lan truyền sang phải F_+ theo khoảng cách z; (c) Cường độ laser phát tương ứng với bước sóng

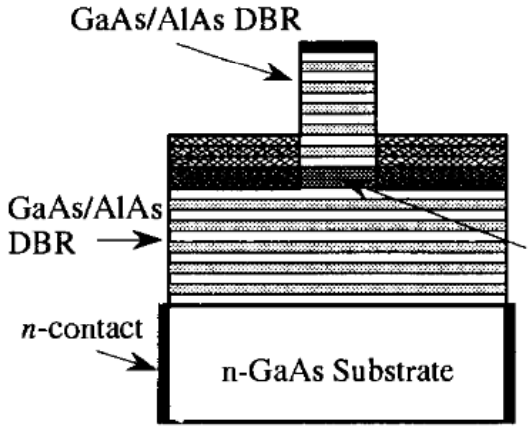
Laser phát xạ cạnh

Hạn chế:

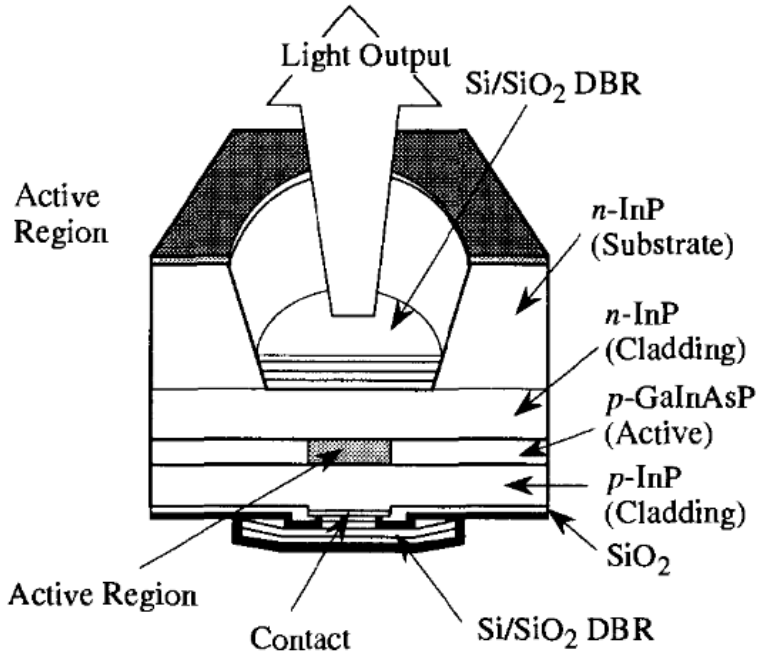
- Kích thước lớn
- Khó sản sinh ánh sáng laser có cường độ lớn

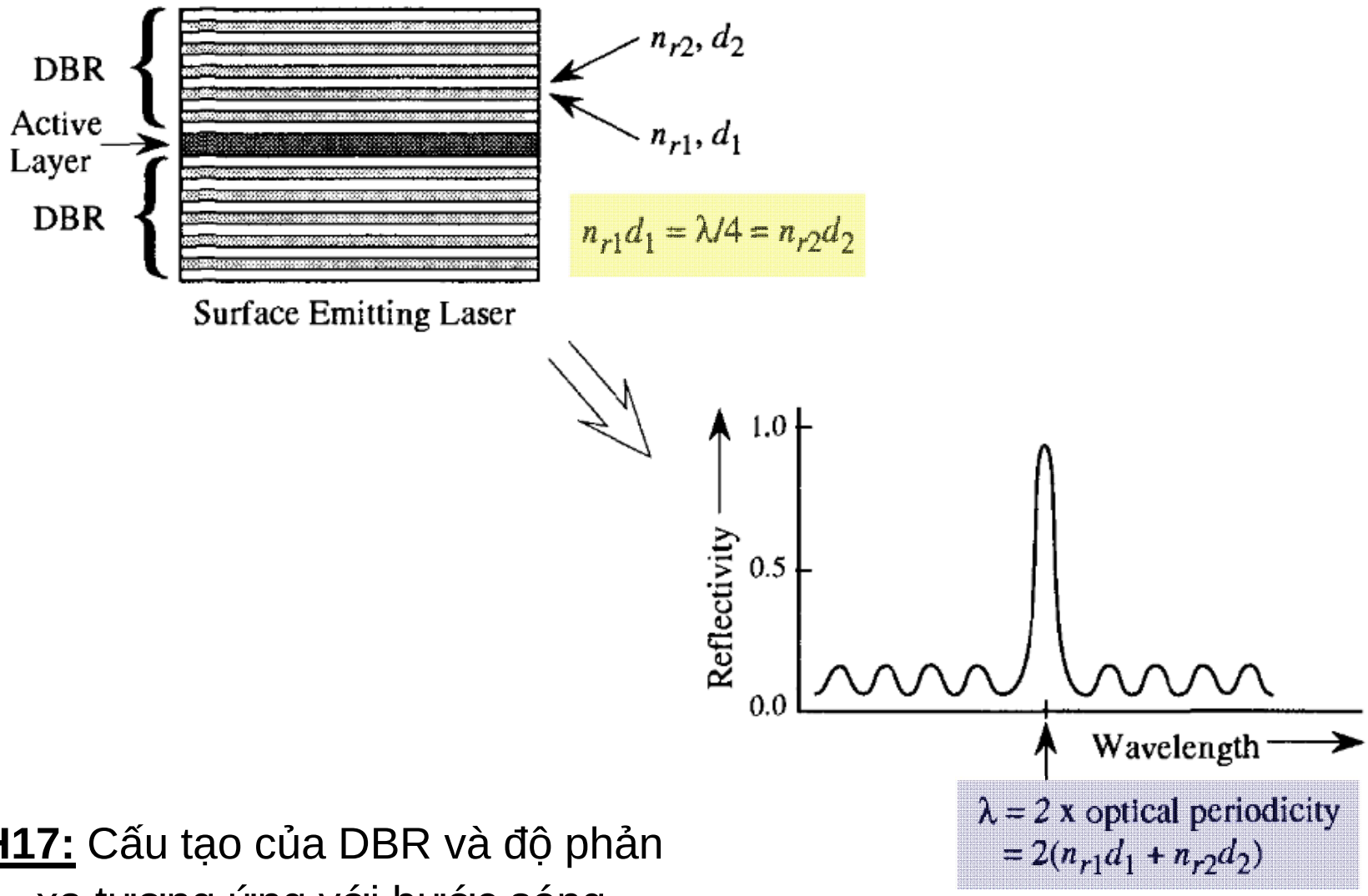
Laser phát xạ mặt
(The surface emitting laser)

DBR: Distributed Bragg Reflector (Bộ phản xạ phân bố Bragg)



H16: Cấu trúc của laser phát xạ mặt



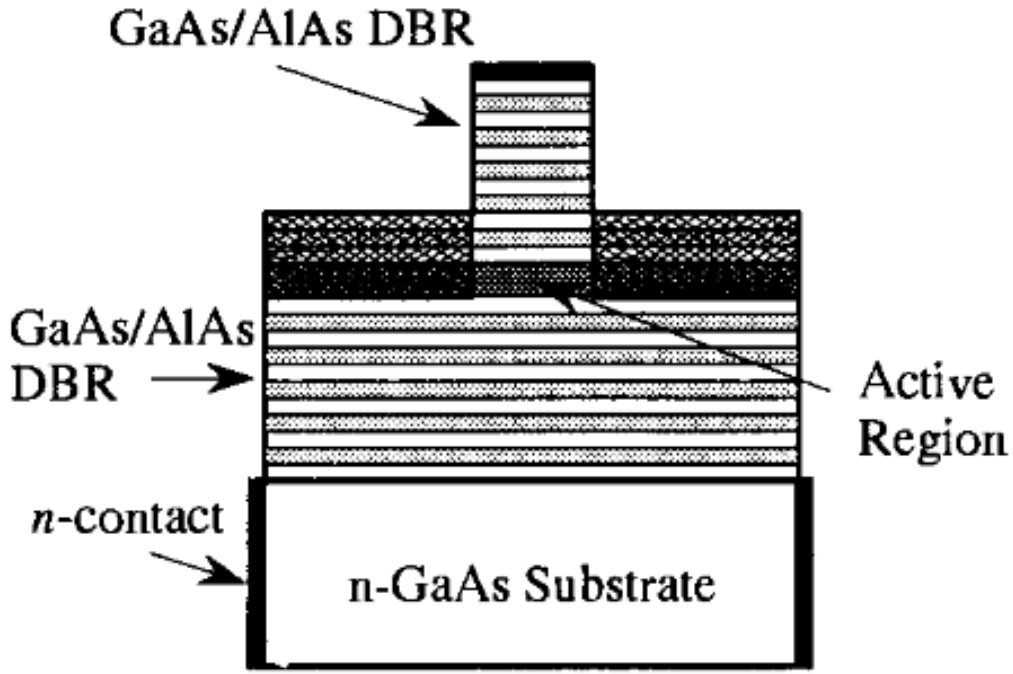


H17: Cấu tạo của DBR và độ phản xạ tương ứng với bước sóng

Laser phát xạ mặt

Hạn chế:

- Gây trở ngại cho sự phun dòng hạt tải
- Làm nóng cấu trúc ⇨ Giảm hiệu suất laser



Trong thực tế, tùy vào yêu cầu và mục đích sử dụng, dùng laser phát xạ cạnh hay laser phát xạ mặt.