

www.mientayvn.com

Khi đọc qua tài liệu này, nếu phát hiện sai sót hoặc nội dung kém chất lượng xin hãy thông báo để chúng tôi sửa chữa hoặc thay thế bằng một tài liệu cùng chủ đề của tác giả khác. Tài liệu này bao gồm nhiều tài liệu nhỏ có cùng chủ đề bên trong nó. Phần nội dung bạn cần có thể nằm ở giữa hoặc ở cuối tài liệu này, hãy sử dụng chức năng Search để tìm chúng.

Bạn có thể tham khảo nguồn tài liệu được dịch từ tiếng Anh tại đây:

http://mientayvn.com/Tai_lieu_da_dich.html

Thông tin liên hệ:

Yahoo mail: thanhlam1910_2006@yahoo.com

Gmail: frbwrthes@gmail.com

Theo yêu cầu của khách hàng, trong một năm qua, chúng tôi đã dịch qua 16 môn học, 34 cuốn sách, 43 bài báo, 5 sổ tay (chưa tính các tài liệu từ năm 2010 trở về trước) Xem ở đây

**DỊCH VỤ
DỊCH
TIẾNG
ANH
CHUYÊN
NGÀNH
NHANH
NHẤT VÀ
CHÍNH
XÁC
NHẤT**

Chỉ sau một lần liên lạc, việc dịch được tiến hành

Giá cả: có thể giảm đến 10 nghìn/1 trang

Chất lượng: Tạo dựng niềm tin cho khách hàng bằng công nghệ 1. Bạn thấy được toàn bộ bản dịch; 2. Bạn đánh giá chất lượng. 3. Bạn quyết định thanh toán.

Sơ lược

Hệ thống Thông tin Quang



- Sinh viên: Đỗ Quốc Khánh
- Lớp: Điện tử Viễn Thông 2A

Sơ lược Hệ thống thông tin Quang

Sự phát triển của thông tin Quang

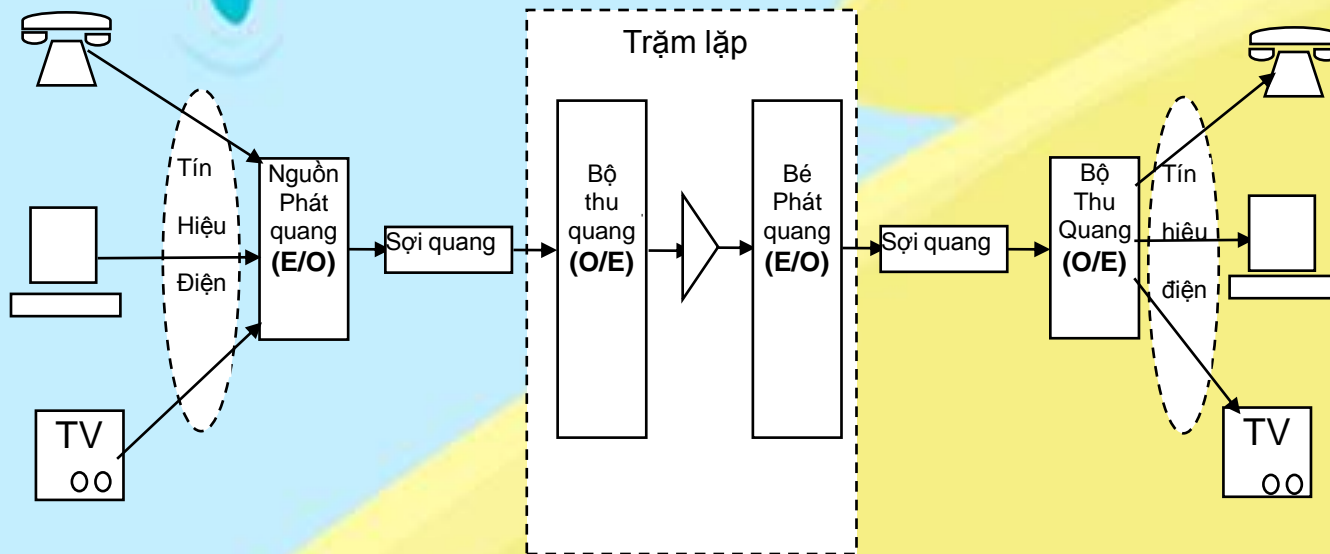
Sơ lược Hệ thống thông tin Quang

Từ khi ra đời đến nay hệ thống thông tin quang đã trải qua 5 thế hệ:

- **Thế hệ thứ nhất:** Được triển khai sử dụng từ năm 1978, làm việc ở bước sóng $\lambda \approx 850\text{nm}$, tốc độ truyền tin khoảng $(50 \div 100)\text{Mb/s}$, khoảng cách lặp đạt 10 Km.
- **Thế hệ thứ hai:** Được triển khai vào đầu những năm 1980, làm việc ở bước sóng $\lambda = 1300\text{nm}$, tốc độ truyền tin khoảng 100 Mb/s, khoảng cách lặp đạt 50 Km.
- **Thế hệ thứ ba:** Đầu năm 1990 hệ thống thông tin quang thế hệ thứ ba được đưa vào hoạt động hệ thống, làm việc ở bước sóng 1550nm, tốc độ truyền tin lên đến 2,5 Gbit/s, khoảng cách lặp có thể đạt từ $(50 \div 70)$ Km.
- **Thế hệ thứ tư:** Được ra đời liên quan đến việc tăng tốc độ truyền dẫn nhờ ghép kênh theo tần số và tăng khoảng lặp nhờ dùng các bộ khuếch đại quang. Hệ thống thông tin quang kết hợp ra đời và phát triển, hệ thống làm việc ở bước sóng 1550nm, tốc độ truyền tin 2,5 Gb/s, tỷ lệ lỗi bit cỡ 10^{-9} , cự ly khoảng lặp lên tới hàng trăm km
- **Thế hệ thứ năm:** Hiện nay thế hệ thứ năm (thế hệ truyền dẫn quang Soliton) đang được thử nghiệm trong phòng thí nghiệm tốc độ truyền tin có thể đạt 10Gb/s và cao hơn nữa, khoảng cách tuyến có thể lên tới hàng nghìn km.

Sơ lược Hệ thống thông tin Quang

- Khác với thông tin hữu tuyến và vô tuyến với môi trường truyền dẫn là dây dẫn và không gian. Với Thông tin Quang thì thông tin được chuyển thành ánh sáng và sau đó ánh sáng được truyền qua sợi quang và biến đổi thành tín hiệu ban đầu



Hệ thống truyền dẫn

Đặc tính của thông tin Quang

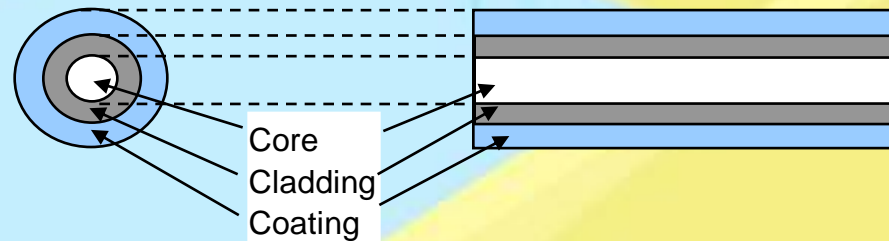
- Có băng thông lớn
- Suy hao truyền dẫn thấp
- Kích thước trọng lượng nhỏ nhẹ
- Xuyên âm nhỏ, cách điện tốt
- Không chịu ảnh hưởng bởi can nhiễu điện từ
- Tính bảo mật cao
- Nguyên liệu chế tạo sẵn có và rẻ (silic)

Sơ lược Hệ thống thông tin Quang

Cấu tạo của sợi Quang và cáp Quang

Sợi Quang

- Có thể xem đơn giản sợi quang bao gồm một sợi dây thủy tinh Silic bao bởi một lớp áo có chỉ số chiết suất thấp hơn của lõi.



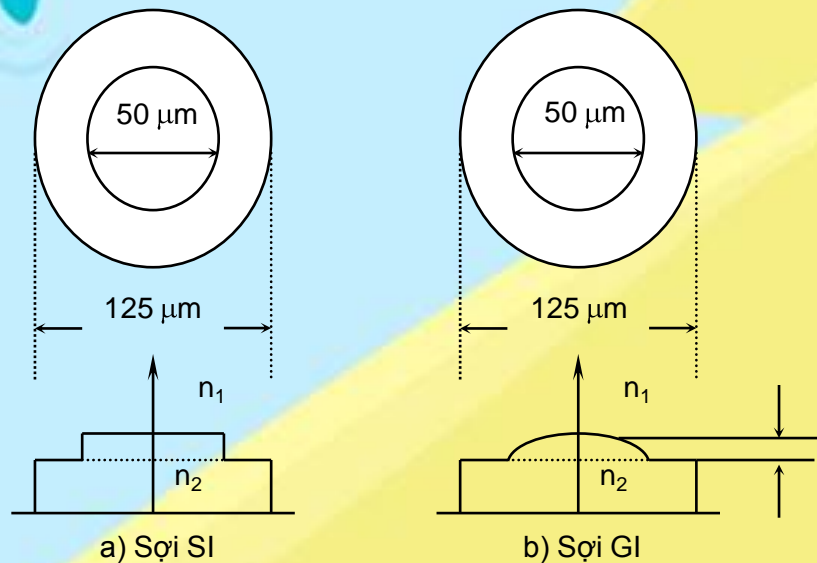
Cấu tạo sợi Quang

Sơ lược Hệ thống thông tin Quang

- Tùy theo sự thay đổi chiết suất tại mặt phân cách giữa lõi và áo của sợi quang, chia ra làm 2 loại sợi

+ Sợi chỉ số bậc SI-Step-Index

+ Sợi chỉ số biến thiên GI-Graded-Index



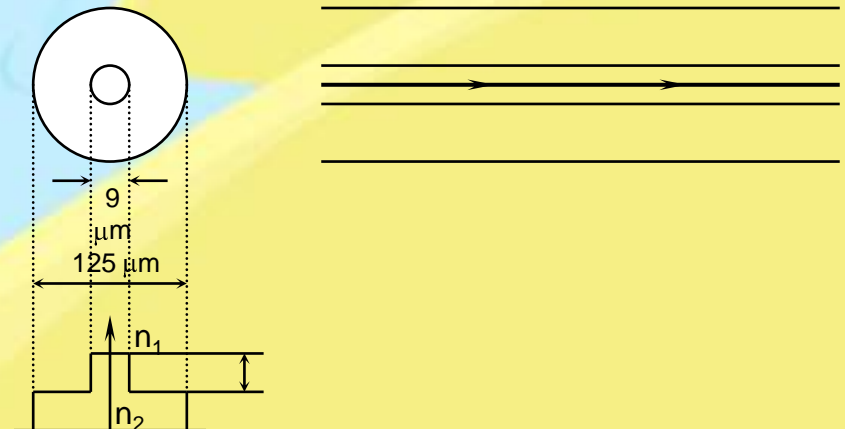
Phân loại sợi quang

Mode của sợi quang có thể hiểu là phương thức lan truyền sóng của sợi.

+Sợi đơn mode SM(Single Mode)

+Sợi đa mode MM(Multi Mode)

Trong thực tế các sợi đơn mode đều là SI

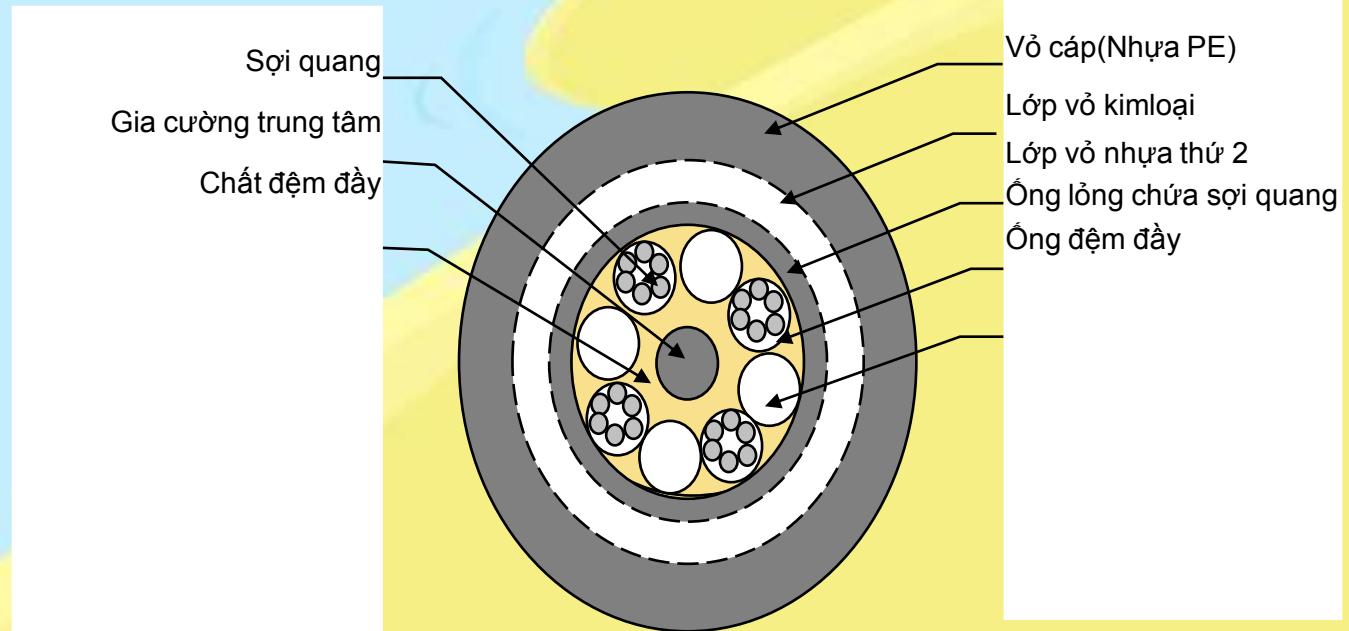


Phân bố chiết suất của sợi đơn mode

Cáp Quang

- Cáp quang có nhiều loại khái niệm khác nhau về cấu trúc nhưng nói chung cáp quang có các thành phần chủ yếu sau:

+Sợi gia cường
+Chất làm đầy
+Sợi quang
+Vỏ bọc



Yêu cầu đối với cáp quang

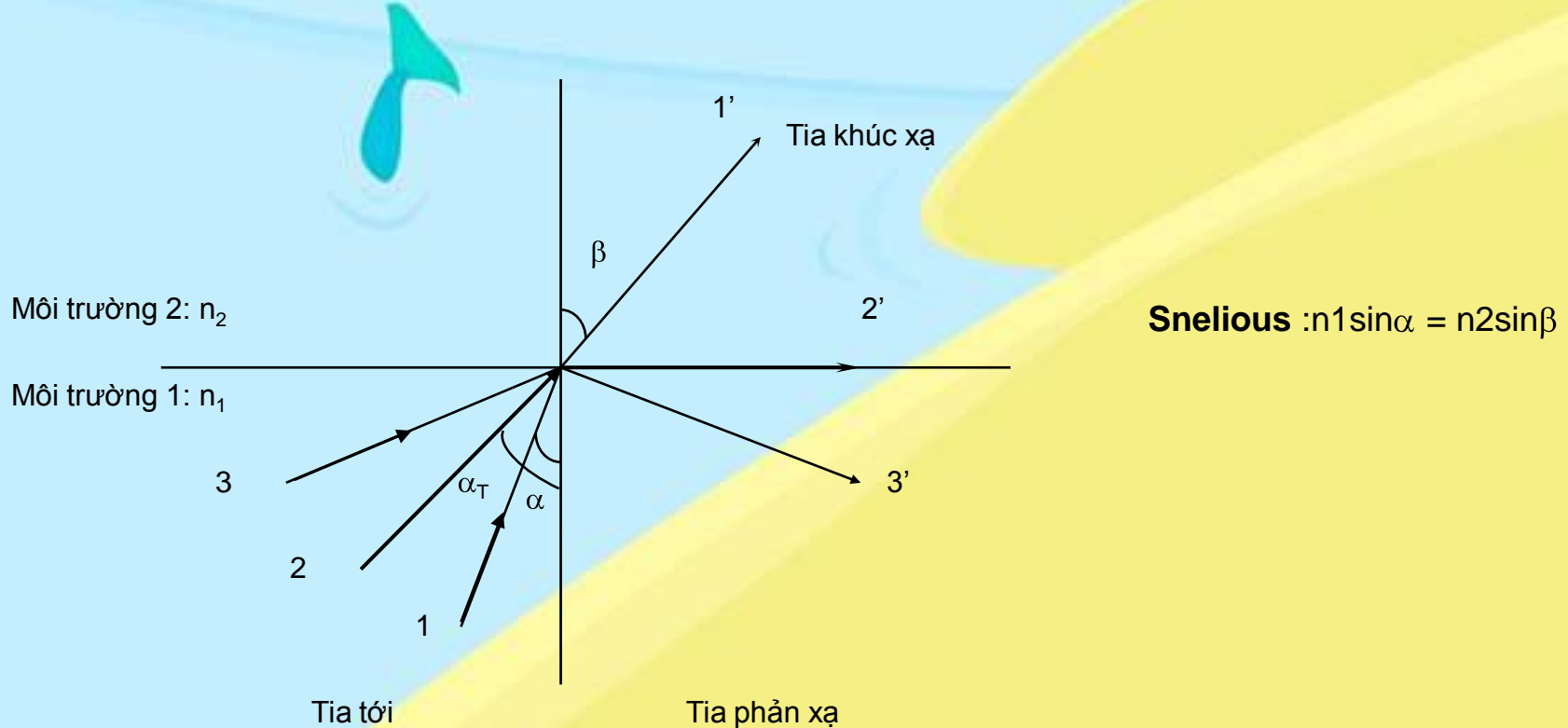
- + Chịu được lực kéo, uốn
- + Không bị ảnh hưởng của nhiễu điện từ
- + Không thấm nước
- + Làm việc ổn định với nhiệt độ, ít bị bão hòa
- + Trọng lượng kích thước nhỏ

Truyền dẫn tia sáng trong sợi quang

Sơ lược Hệ thống thông tin Quang

Nguyên lý truyền dẫn ánh sáng trong sợi Quang

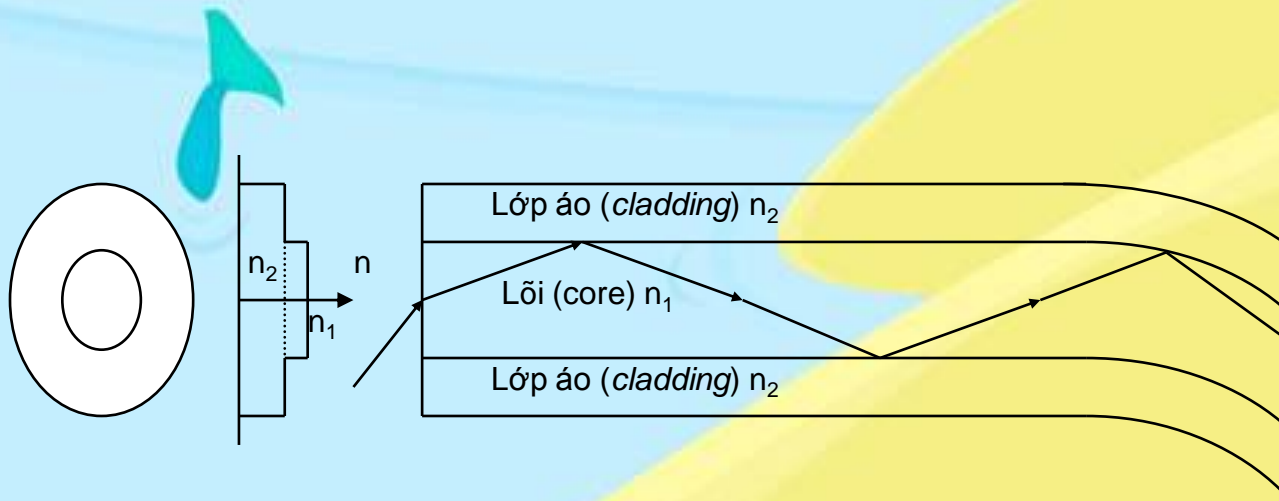
- Nguyên lý truyền dẫn ánh sáng dựa vào hiện tượng khúc xạ và phản xạ toàn phần của tia sáng giữa hai môi trường có chỉ số chiết suất khác nhau



Sơ lược Hệ thống thông tin Quang

Nguyên lý truyền dẫn ánh sáng trong sợi Quang

Sự truyền dẫn ánh sáng trong sợi quang



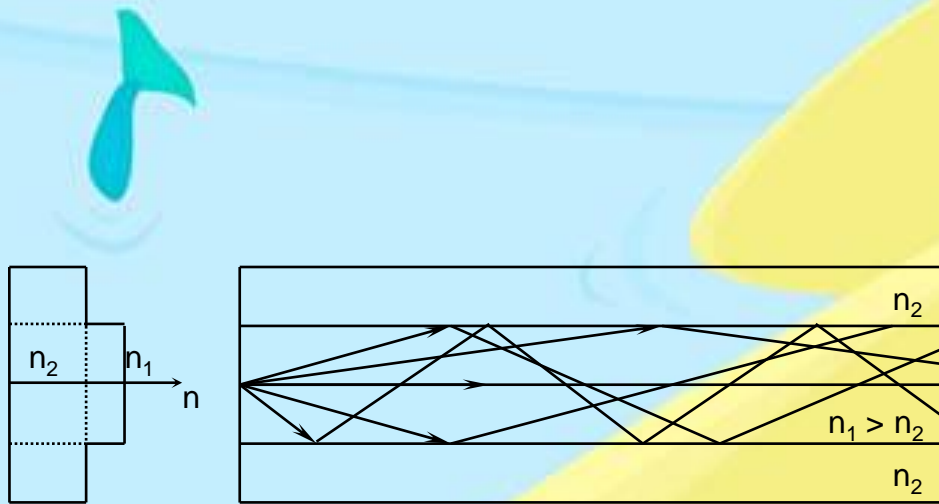
Hình 1.3. Nguyên lý truyền dẫn ánh sáng trong sợi quang

Sơ lược Hệ thống thông tin Quang

Nguyên lý truyền dẫn ánh sáng trong sợi Quang

Sự truyền dẫn ánh sáng trong sợi quang

- Với sợi SI (Step – index)



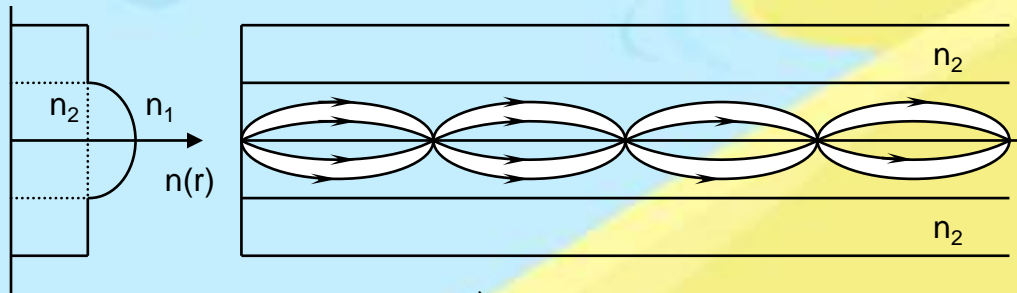
Hình 1.4. Sự truyền ánh sáng trong sợi quang có chiết suất nhảy bậc (SI)

Sơ lược Hệ thống thông tin Quang

Nguyên lý truyền dẫn ánh sáng trong sợi Quang

Sự truyền dẫn ánh sáng trong sợi quang

- Với sợi GI (Graded-index)



Hình 1.5. Sự truyền ánh sáng trong sợi GI

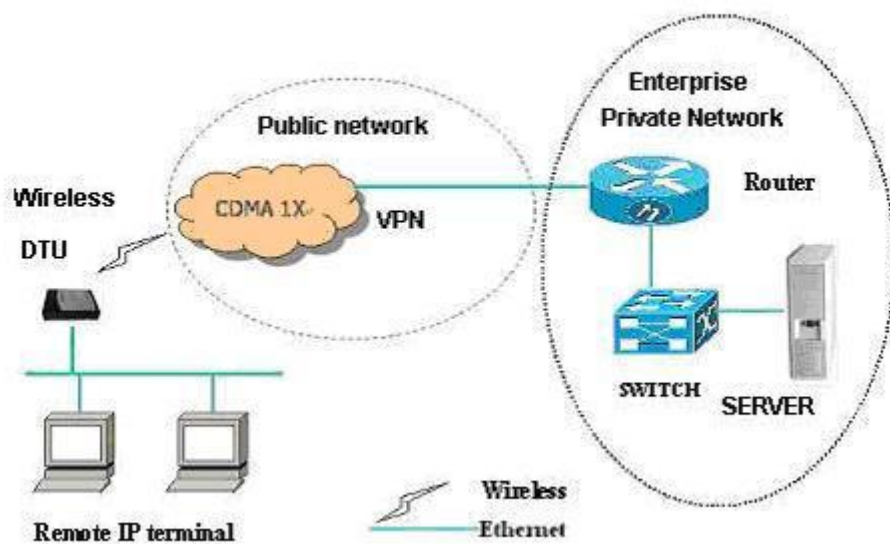
Nhược điểm của thông tin Quang

- Khó đấu nối (thẳng, lằng bằng)
- Lỗi khi chuyển đổi tín hiệu quang \Leftrightarrow điện
- Đắt đỏ (thiết bị thu, phát)
- Thiếu sự tiêu chuẩn hóa trong các ngành

Sơ lược Hệ thống thông tin Quang

Các nguồn thu và phát Quang

CƠ SỞ THÔNG TIN QUANG



MỤC LỤC

PHẦN I	5
CƠ SỞ THÔNG TIN QUANG	6
GIỚI THIỆU TỔNG QUAN :	6
1. Lịch sử phát triển	6
2. Cấu trúc một hệ thống thông tin quang đơn giản:.....	7
3. Ưu điểm của thông tin quang.....	7
SỢI QUANG	8
1. Những ứng dụng của sợi quang.	9
LÝ THUYẾT CHUNG VỀ SỢI DẪN QUANG	9
a. <i>Dạng giảm chiết suất lớp bọc:</i>	12
b. <i>Dạng dịch độ tán sắc:</i>	12
CHƯƠNG II	14
CÁC THÔNG SỐ CỦA SỢI QUANG	14
2.1 Suy hao của sợi quang:.....	14
2.2. Các nguyên nhân gây suy hao trên sợi quang:.....	15
2.3. Tán sắc:.....	17
Các nguyên nhân gây ra tán sắc:.....	17
Ở bước sóng 1550nm độ tán sắc do chất liệu khoảng 20ps/nm.Km.....	18
CHƯƠNG III	20
CẤU TRÚC SỢI QUANG	20
CHƯƠNG IV	23
LINH KIỆN BIẾN ĐỔI QUANG ĐIỆN	23
4.1. TỔNG QUÁT.	23
4.2. NGUỒN QUANG:.....	24
Đặc tính kỹ thuật:.....	29
<i>Thông số điện:</i>	29
Dòng điện hoạt động tiêu biểu: từ 50mA đến 300mA	29
<i>Công suất phát:</i>	29
<i>Góc phát quang:</i>	29
<i>Hiệu suất ghép quang:</i>	30
<i>Độ rộng phổ:</i>	30
<i>Thời gian chuyển lên (Rise time):</i>	30
<i>Cấu tạo và nguyên tắc hoạt động:</i>	31
Đặc tính kỹ thuật:.....	32
<i>Thông số điện:</i>	32
<i>Công suất phát:</i>	33
<i>Góc phát sáng:</i>	33
<i>Hiệu suất ghép:</i>	33
<i>Độ rộng phổ:</i>	33
<i>Thời gian chuyển lên:</i>	34
4.3. Tách sóng quang:.....	35
<i>Hiệu suất lượng tử:</i>	36
<i>Đáp ứng:</i>	36
<i>Độ nhạy:</i>	36
<i>Dải động:</i>	37
<i>Tạp âm:</i>	37
Trong đó I_D là dòng tối của diode phát quang.	38
$I_{ph} = R.M.P_{opt}$	39
CHƯƠNG V	42

HÀN NÓI SỢI QUANG.....	42
5.1 Tổng quát:	42
Số mỗi hàn: n = 100	43
CHƯƠNG VI	44
HỆ THỐNG THÔNG TIN QUANG	44
6.2. Cấu trúc hệ thống.....	44
Chức năng :	45
THỨ BẬC GHEP CỦA CÁC TIÊU CHUẨN TRÊN CÙNG KHÁC NHAU.	47
PHẦN II	50
CÔNG NGHỆ SDH	50
1. CÁC YÊU CẦU PHÁT TRIỂN CỦA MẠNGSDH.....	50
2. KHÁI NIỆM VỀ SDH : (Synchoronous Digital Hierachy).	50
HệNH 1.1: SỰ PHÁT TRIỂN CỦA SDH.....	50
SỐ LƯỢNG	50
3. CÁC ĐẶC TÍNH CỦA PDH & SDH:.....	52
4. PHÂN CẤP HỆ THỐNG SDH	54
CẶN ĐỒNG BỘ ĐỒNG BỘ (PDH).....	55
CẤU TRÚC GHEP KÊNH	55
1. Cấu trúc ghép kênh cơ bản:.....	55
155MB/S	55
155MB/S	55
155MB/S	55
2. Cấu trúc các khối:	58
2.1. Container C:	58
2.2. Container ảo VC (Virtual Container).	58
2.3. Đơn vị luồng TU (Tribuari Unit):	60
2.4. Nhóm đơn vị luồng TUG (Tribuatary Unit Group).	63
Sự hõnh thà nh TU-3 từ VC-3.....	63
Nhận xét:	65
AU-3:.....	67
AU-4:.....	68
STM-1 = AUG + SOH.	69
Sơ đồ bố trí 3 x AU-3 trong STM-1 phần pointer.....	70
Tạo khung STM-16 từ STM-1	71
Tạo khung STM-16 từ STM-4	71
Bảng2: Tốc độ bit và độ lớn của các loại Container	72
PHẦN III	74
NGHIÊN CỨU MỘT SỐ THIẾT BỊ CỦA HÃNG SIEMENS	74
CHƯƠNG I	74
THIẾT BỊ SMA	74
I. GIỚI THIỆU THIẾT BỊ :	74
II. ĐẶC ĐIỂM THIẾT BỊ:	76
III. ỨNG DỤNG CỦA THIẾT BỊ:	77
III.1Cấu hình bộ xen/ rẽ kênh ADM:	77
Cấu hình ADM được sử dụng theo hai kiểu:	79
Sơ đồ khối SMA khi cấu hình xen / rẽ kênh	79
III.2 Cấu hình bộ ghép kênh đầu cuối . (Terminal Multiplexer)	79
Sơ đồ khối:.....	80
Cấu hình bộ ghép kênh đầu cuối.	80
IV. KẾT NỐI CHÉO :	80

V. ĐỒNG BỘ:	81
V.1 Chế độ vận hành bình thường.	81
Chế độ này được thiết lập thông qua các thiết bị đầu cuối cục bộ (Local Terminal). Nó cho phép lựa chọn các luồng tín hiệu đồng hồ đầu vào khác nhau để vận hành vòng khoá phase PLL :.....	81
Lựa chọn nguồn đồng bộ.....	82
V.2. Chế độ lưu giữ.	83
V.3 Chế độ vận hành tự do.	83
VI. CÁC TÍNH NĂNG BẢO VỆ.	83
VI.1 bảo vệ (1+1) cho đường truyền đoạn ghép kênh.	84
VI.2. Bảo vệ đường (1+1) cho sự kết nối các mạng con có giám sát đường truyền . (Subnetwork Conection Protection With Path Monitoring)	84
VI.3 Bảo vệ đoạn ghép kênh trong cấu hình mạng vòng . (MS-Ring Protection):	87
VI.4 Bảo vệ CARD (Card Protection) :	87
VII.LIÊN LẠC TRONG MẠNG :	87
CHƯƠNG II	88
THIẾT BỊ SXC 4/1	88
I. GIỚI THIỆU THIẾT BỊ:	88
CÁC ĐẶC ĐIỂM CHÍNH CỦA THIẾT BỊ SXC	88
II. CẤU HÌNH THIẾT BỊ.	89
CẤU HÌNH SXC 4/1	89
<i>Sơ đồ khối chức năng của thiết bị SXC 4/1.</i>	89
SXC 4/1.....	89
<i>Nguyên lý hoạt động :</i>	90
III. ỨNG DỤNG CỦA THIẾT BỊ :	90
III.2. Ứng dụng SXC trong mạng truyền dẫn.	91
IV. CÁC LỰA CHỌN KẾT NỐI CHÉO	91
CHỨC NĂNG TẠO TUYẾN	92
V. ĐỒNG BỘ	93
V .1 . Các tính năng bảo vệ.	93
V. 2. Bảo vệ sự kết nối :	94
V.3. Bảo vệ card giao diện:	94
VI. QUÁ TRÌNH VẬN HÀNH :	94
VII. CÁC CHỈ TIÊU KỸ THUẬT CỦA THIẾT BỊ SXC 4/1.	95
1. Các phần mở rộng (expansion Stage)	95
2. Ma trận đầu nối (Connection Matrix)	95
Giao thức giao thức Q theo G. 733 ITU-T.....	96
Phần cứng (Hardware)	97
Giao diệnSCSI.....	97
Phần mềm : (Soft Ware).	97
7. OAMT Client	97
8. Multible OAMT.	98
9. Q3 Adapter.	98
Phần cứng:	98
Trạm làm việcSuper SPARC.....	98
Phần mềm	99
10. Nguồn cung cấp (power Supply).	99
Sơ đồ khối các giao diện chức năng của CCMC	99
32 STM 1.....	100
64 STM-1.....	100
Q3A Q3A Adapter and OAMT Server.....	100

NFR . Standard.....	100
256 STM-1.....	100
<i>Sắp xếp già con và giao dịch.</i>	100
CHƯƠNG III	101
THIẾT BỊ SL4	101
I. Đặc điểm kỹ thuật : (Technical Specification)	101
TỔNG QUAN THIẾT BỊ	104
II. Thiết bị SL4.	105
<i>1. Đặc điểm của thiết bị SL4.</i>	105
<i>2. Bố trí thiết bị trên đường truyền .</i>	105
<i>3. Cấu trúc đồng bộ.</i>	106
<i>4. Chuyển mạch bảo vệ.</i>	106
<i>5. Giám sát cảnh báo quản lý:</i>	106
<i>6. Truyền dẫn thông tin trong phần mào đầu:</i>	107
PHẦN IV	108
THIẾT KẾ TUYẾN THÔNG TIN QUANG	108
I. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ TUYẾN THÔNG TIN QUANG:	109

PHẦN I

CƠ SỞ THÔNG TIN QUANG

GIỚI THIỆU TỔNG QUAN :

1. Lịch sử phát triển

Trong tiến trình lịch sử phát triển của nhân loại việc trao đổi thông tin giữa con người với con người đã trở thành một nhu cầu quan trọng ,một yếu tố quyết định góp phần thúc đẩy sự lớn mạnh tiến bộ của mỗi quốc gia ,cũng như nền văn minh của nhân loại .

Cùng với sự phát triển của hệ thống thông tin hữu tuyến và vô tuyến sử dụng môi trường truyền dẫn là dây dẫn kim loại cổ điển (cáp đồng) và không gian.Thì việc sử dụng ánh sáng như một phương tiện trao đổi thông tin cũng được khai thác có hiệu quả . Cùng với thời gian thông tin quang đã phát triển và ngày càng hoàn thiện với những mốc lịch sử như sau:

-1790 : Clau de Chappe , kĩ sư người Pháp ,đã xây dựng một hệ thống điện báo gồm một chuỗi các tháp với các đèn báo hiệu trên đó . Tin tức vượt qua chặng đường 200km trong vòng 15 phút .

-1870 : John Tyndall nhà vật lý người Anh đã chứng tỏ ánh sáng có thể dẫn được theo vò nước uốn cong với nguyên lý phản xạ toàn phần . Điều vẫn được áp dụng trong thông tin quang hiện nay .

-1880 : Alexander Graham Bell , người Mỹ giới thiệu hệ thống thông tin Photophone . Tiếng nói được truyền đi bằng ánh sáng trong môi trường không khí . Nhưng chưa được áp dụng trong thực tế vì quá nhiều nguồn nhiễu.

- 1934: Norman R.French, người Mỹ , nhận bằng sáng chế hệ thống thông tin quang. Sử dụng các thanh thuỷ tinh để truyền dẫn.

- 1958: Arthur Schawlow và Charles H Townes, xây dựng và phát triển.

- 1960: Theodor H Maiman đưa laser vào hoạt động .

- 1962: Laser bán dẫn và Photodiode bán dẫn được thừa nhận .

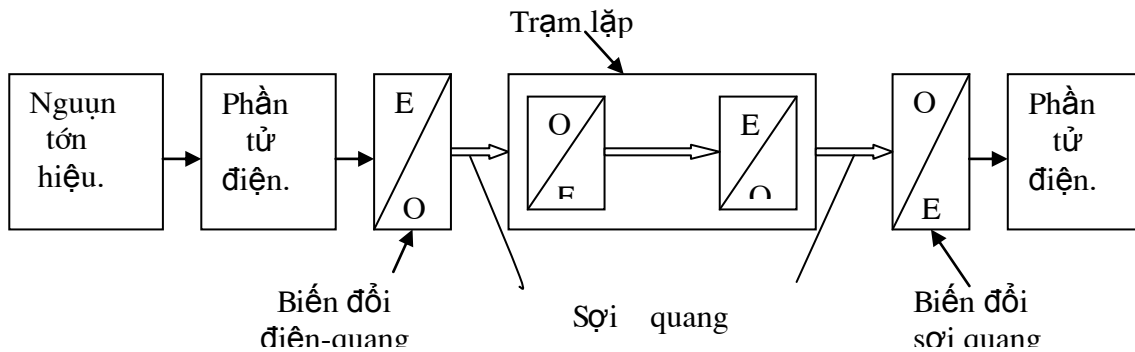
- 1966: Charles H Kao và George A Hoc kham, hai kĩ sư phòng thí nghiệm Stanrdard Telecommunications của Anh , đề xuất dùng sợi thuỷ tinh dẫn ánh sáng .

- 1970: Hãng Corning Glass Work chế ttoạ thành công sợi quang loại SI có suy hao nhỏ hơn 20 [dB/km] ở bước sóng 1310nm.

- 1972: Loại sợi GI được chế tạo với độ suy hao 4 [dB/km].
- 1983: Sợi đơn mode(SM) được xuất xưởng tại Mỹ.

Ngày nay loại sợi đơn mode được sử dụng rộng rãi với độ suy hao chỉ còn khoảng 0,2 [dB/km] ở bước sóng 1550nm.

2. Cấu trúc một hệ thống thông tin quang đơn giản:



- Theo sơ đồ hệ thống ta có:
- Nguồn tín hiệu là hình ảnh , tiếng nói , fax...
- Phần tử điện xử lý nguồn tin tạo ra tín hiệu đưa vào hệ thống truyền dẫn.
- Bộ biến đổi E/O có nhiệm vụ biến đổi tín hiệu từ tín hiệu điện thành tín hiệu quang với các mức tín hiệu điện được biến đổi thành cường độ quang , các tín hiệu điện '0' và '1' được biến đổi ra ánh sáng tương ứng dạng 'không' và 'có'.

Sau đó tín hiệu quang được đưa vào sợi quang truyền đi. Bộ biến đổi điện quang thực chất là các linh kiện phát quang như LED, Laser diode...

- Trạm lặp : Khi truyền dẫn trên tuyến truyền dẫn, công suất bị giảm đi, dạng sóng (độ rộng xung) bị giãn ra do nhiều nguyên nhân khác nhau. Vì vậy, để truyền được đi xa cần có trạm lặp. Trạm lặp này có nhiệm vụ khôi phục lại nguyên dạng tín hiệu của nguồn phát và khuếch đại tín hiệu. Sau đó đưa vào tuyến truyền dẫn tiếp theo. Trạm lặp là cần thiết khi khoảng cách truyền dẫn lớn.

3. Ưu điểm của thông tin quang.

So với hệ thống thông tin điện tử thì hệ thống thông tin quang có những ưu điểm hơn hẳn đó là những ưu điểm cơ bản như sau:

+ Suy hao truyền dẫn thấp dẫn tới giảm được trạm lặp , kéo dài được cự ly truyền dẫn .

+ Băng tần truyền dẫn lớn , đáp ứng được thuê bao dịch vụ dải rộng .

+ Sợi quang được chế tạo từ những nguyên liệu chính là thạch anh hay nhựa tổng hợp nên nguồn nguyên liệu rất dồi dào rẻ tiền. Sợi có đường kính nhỏ, trọng lượng nhỏ, không có xuyên âm rất dễ lắp đặt và uốn cong .

+ Dùng cáp sợi quang rất kinh tế trong cả việc sản xuất cũng như lắp đặt và bảo dưỡng. Không bị ảnh hưởng của nhiễu điện từ, không dẫn điện, không gây chập, cháy. Không chịu ảnh hưởng của nhiễu từ trường bên ngoài (như sóng vô tuyến điện, truyền hình, ảnh hưởng của cáp điện cao thế ...) dẫn đến tính bảo mật thông tin cao, không bị nghe trộm.

+ Một cáp sợi quang có cùng kích cỡ với cáp kim loại thì có thể chứa được một số lượng lớn lõi sợi quang lớn hơn số lượng kim loại .

Chính vì có những ưu điểm trên mà các hệ thống thông tin quang được sử dụng rộng rãi trên mạng lưới viễn thông của nhiều quốc gia. Chúng được xây dựng làm các tuyến đường trục, trung kế, liên tỉnh. Tại Việt Nam cáp quang đã và đang lắp đặt với tuyến truyền dẫn đường dài liên tỉnh dùng cáp ngầm .tốc độ Các hệ thống thông tin quang sẽ là mũi đột phá về , cự ly truyền dẫn và cấu hình linh hoạt cho các dịch vụ viễn thông cấp cao trong mạng lưới viễn thông.

SỢI QUANG

ỨNG DỤNG VÀ ƯU ĐIỂM CỦA SỢI QUANG

1. Những ứng dụng của sợi quang.

- * Sợi quang được ứng dụng trong thông tin và một số mục đích khác.
- * Vị trí của sợi quang trong mạng thông tin giai đoạn hiện nay:
 - Mạng đường trục xuyên quốc gia
 - Đường trung kế
 - Đường cáp thả biển liên quốc gia
 - Đường truyền số liệu
 - Mạng truyền hình

2. Ưu điểm của thông tin sợi quang.

So với dây kim loại sợi quang có nhiều ưu điểm đáng chú ý là:

- Suy hao thấp: cho phép kéo dài khoảng cách tiếp vận do đó giảm được số trạm tiếp vận
- Dải thông rất rộng: có thể thiết lập hệ thống truyền dẫn số tốc độ cao
- Trọng lượng nhẹ, kích thước nhỏ
- Hoàn toàn cách điện không chịu ảnh hưởng của sấm sét
- Không bị can nhiễu bởi trường điện từ
- Xuyên âm giữ các sợi dây không đáng kể
- Vật liệu chế tạo có rất nhiều trong thiên nhiên
- Dùng hệ thống thông tin sợi quang kinh tế hơn so với sợi kim loại cùng dung lượng và cự ly.

LÝ THUYẾT CHUNG VỀ SỢI DẪN QUANG

1.1. Cơ sở quang học:

Ánh sáng dùng trong thông tin quang nằm ở vùng cận hồng ngoại với bước sóng từ 800 nm đến 1600 nm. Đặc biệt có 3 bước sóng thông dụng là 850 nm, 1300 nm, 1550 nm.

- **Chiết suất của môi trường:**

$$n = \frac{C}{V}$$

Trong đó :

n: chiết suất của môi trường.

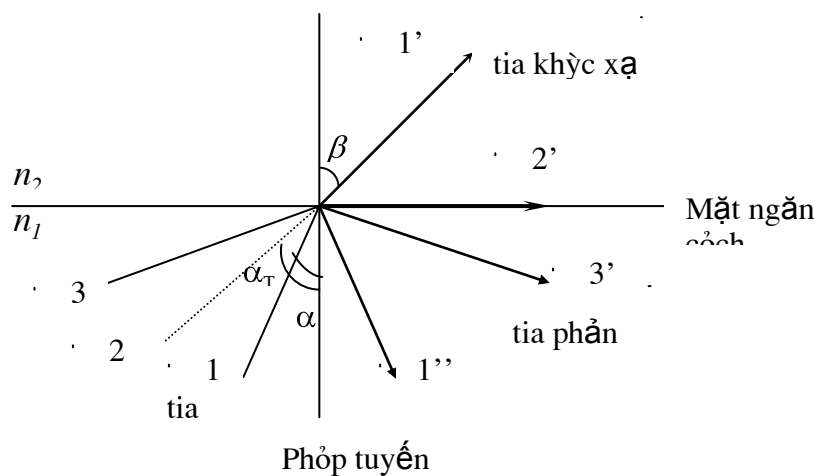
C: vận tốc ánh sáng trong chân không ($C = 3 \cdot 10^8$ m/s)

V: vận tốc ánh sáng trong môi trường

Vì $V \leq C$ nên $n \geq 1$

- **Sự phản xạ toàn phần:**

Định luật Snell : $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$



$n_1 > n_2$ thì $\alpha < \beta$ nếu tăng α thì β cũng tăng theo và β luôn luôn lớn hơn α .

Khi $\beta = 90^\circ$ tức là song song với mặt tiếp giáp, thì α được gọi là góc tới hạn α_T nếu tiếp tục tăng sao cho $\alpha > \alpha_T$ thì không còn tia khúc xạ mà chỉ còn tia phản xạ hiện tượng này gọi là sự phản xạ toàn phần.

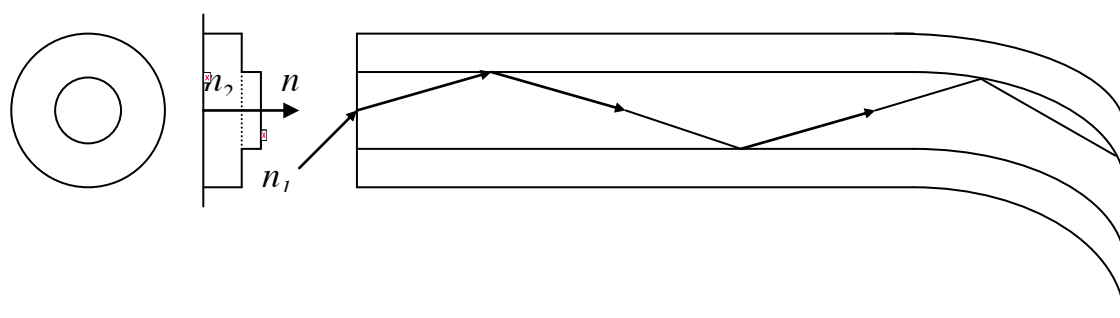
+ Dựa vào công thức Snell có thể tính được góc tới hạn α_T :

$$\sin \alpha_T = \frac{n_2}{n_1}$$

1.2. Sự truyền dẫn ánh sáng trong sợi quang:

- Nguyên lý truyền dẫn chung:

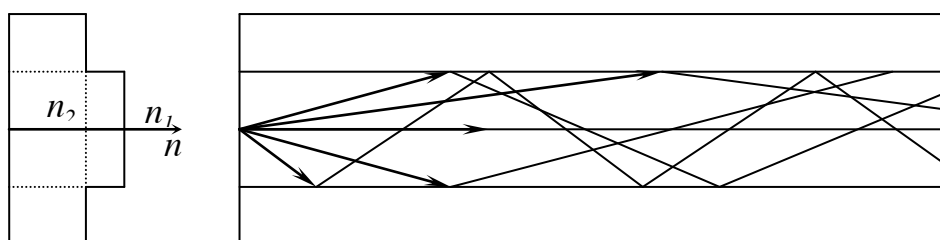
Ứng dụng hiện tượng phản xạ toàn phần, sợi quang được chế tạo gồm một lõi (core) bằng thủy tinh có chiết suất n_1 và một lớp bọc (cladding) bằng thủy tinh có chiết suất n_2 với $n_1 > n_2$ ánh sáng truyền trong lõi sợi quang sẽ phản xạ nhiều lần (phản xạ toàn phần) trên mặt tiếp giáp giữa lõi và lớp vỏ bọc. Do đó ánh sáng có thể truyền được trong sợi có cự ly dài ngay cả khi sợi bị uốn cong với một độ cong có giới hạn.



1.3. Các dạng phân bố chiết suất trong sợi quang:

- Sợi quang có chiết suất nhảy bậc (sợi SI: Step- Index):

Đây là loại sợi có cấu tạo đơn giản nhất với chiết suất của lõi và lớp vỏ bọc khác nhau một cách rõ rệt như hình bậc thang. Các tia sáng từ nguồn quang phóng vào đầu sợi với góc tới khác nhau sẽ truyền theo các đường khác nhau



Các tia sáng truyền trong lõi với cùng vận tốc:

$$V = \frac{C}{n_1}$$

Ở đây n_1 không đổi mà chiều dài đường truyền khác nhau nên thời gian truyền sẽ khác nhau trên cùng một chiều dài sợi. Điều này dẫn tới một hiện tượng khi đưa một xung ánh sáng hẹp vào đầu sợi lại nhận được một xung ánh sáng rộng hơn ở cuối sợi.

Đây là hiện tượng tán sắc, do độ tán sắc lớn nên sợi SI không thể truyền tín hiệu số tốc độ cao qua cự ly dài được. Nhược điểm này có thể khắc phục được trong loại sợi có chiết suất giảm dần

- **Sợi quang có chiết suất giảm dần (sợi GI: Graded- Index):**

Sợi GI có dạng phân bố chiết suất lõi hình parabol, vì chiết suất lõi thay đổi một cách liên tục nên tia sáng truyền trong lõi bị uốn cong dần.

Đường truyền của các tia sáng trong sợi GI cũng không bằng nhau nhưng vận tốc truyền cũng thay đổi theo. Các tia truyền xa trục có đường truyền dài hơn nhưng lại có vận tốc truyền lớn hơn và ngược lại, các tia truyền gần trục có đường truyền ngắn hơn nhưng lại có vận tốc truyền nhỏ hơn. Tia truyền dọc theo trục có đường truyền ngắn nhất vì chiết suất ở trục là lớn nhất. Nếu chế tạo chính xác sự phân bố chiết suất theo đường parabol thì đường đi của các tia sáng có dạng hình sin và thời gian truyền của các tia này bằng nhau. Độ tán sắc của sợi GI nhỏ hơn nhiều so với sợi SI.

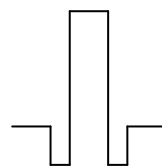
- **Các dạng chiết suất khác:**

Hai dạng chiết suất SI và GI được dùng phổ biến, ngoài ra còn có một số dạng chiết suất khác nhằm đáp ứng các yêu cầu đặc biệt:

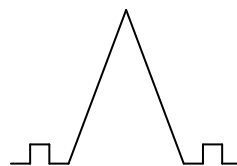
- a. Dạng giảm chiết suất lớp bọc:*

Trong kỹ thuật chế tạo sợi quang, muốn thủy tinh có chiết suất lớn phải thêm nhiều tạp chất vào, điều này làm tăng suy hao. Dạng giảm chiết suất lớp bọc nhằm đảm bảo độ chênh lệch chiết suất Δ nhưng có chiết suất lõi n_1 không cao.

- b. Dạng dịch độ tán sắc:*

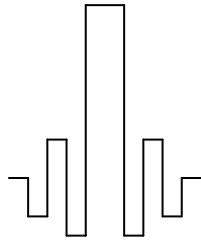


Độ tán sắc tổng cộng của sợi quang triệt tiêu ở bước sóng gần 1300nm. Người ta có thể dịch điểm độ tán sắc triệt tiêu đến bước sóng 1550nm bằng cách dùng sợi quang có dạng chiết suất như hình vẽ:



- c) Dạng san bằng tán sắc:*

Với mục đích giảm độ tán sắc của sợi quang trong một khoảng bước sóng. Chẳng hạn đáp ứng cho kỹ thuật ghép kênh theo bước sóng người ta dùng sợi quang có dạng chiết suất như hình vẽ:



Dạng chiết suất này quá phức tạp nên mới chỉ được nghiên cứu trong phòng thí nghiệm chứ chưa đưa ra thực tế.

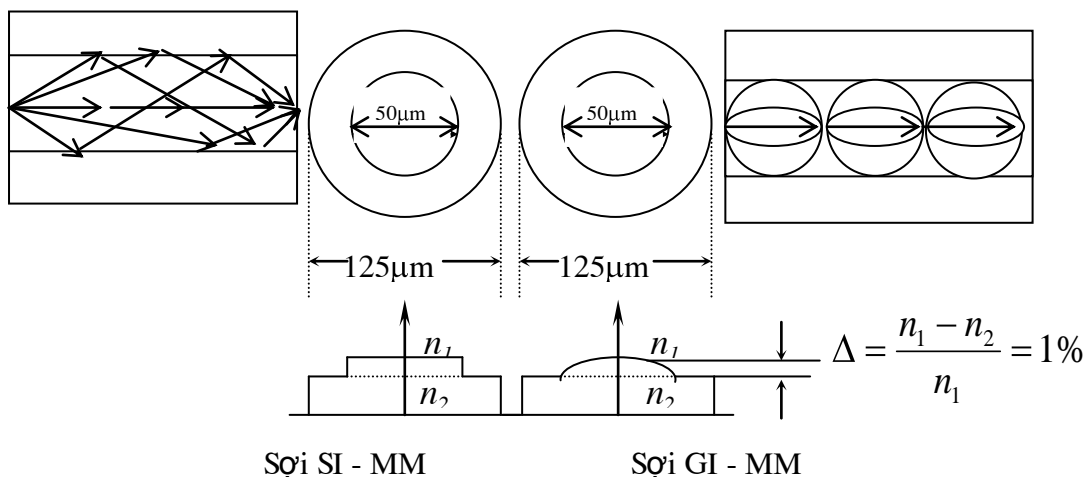
1.4. Sợi đa mode và đơn mode:

- **Sợi đa mode (MM: Multi Mode):**

Các thông số của sợi đa mode thông dụng (50/125 μm) là:

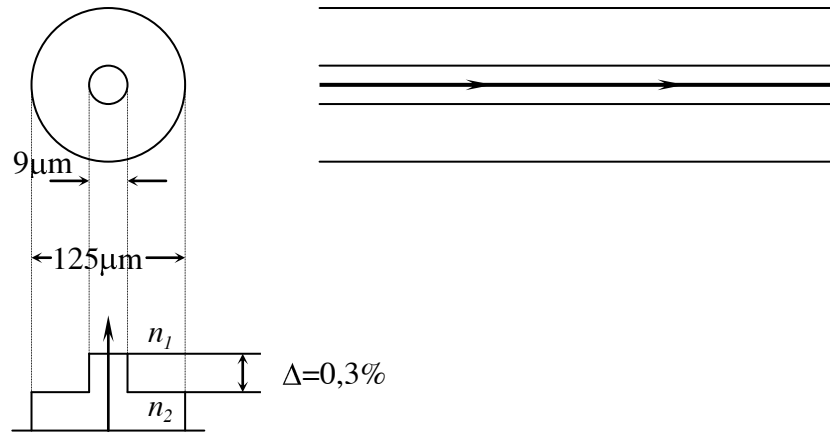
- Đường kính lõi: $d = 2a = 50\mu\text{m}$
- Đường kính lớp bọc: $D = 2b = 125\mu\text{m}$
- Độ chênh lệch chiết suất: $\Delta = 0,01 = 1\%$
- Chiết suất lớn nhất của lõi: $n_1 = 1,46$

Sợi đa mode có thể có chiết suất nhảy bậc hoặc chiết suất giảm dần.



- **Sợi đơn mode (SM: SingleMode):**

Khi giảm kích thước lõi sợi để chỉ có một mode sóng cơ bản truyền được trong sợi thì sợi được gọi là đơn mode. Trong sợi chỉ truyền một mode sóng nên độ tán sắc do nhiều đường truyền bằng không và sợi đơn mode có dạng phân bố chiết suất nhảy bậc.



Các thông số của sợi đơn mode thông dụng là:

Đường kính lõi: $d = 2a = 9\mu\text{m} \div 10\mu\text{m}$

Đường kính lớp bọc: $D = 2b = 125\mu\text{m}$

Độ lệch chiết suất: $\Delta = 0,003 = 0,3\%$

Chiết suất lõi: $n_1 = 1,46$

Độ tán sắc của sợi đơn mode rất nhỏ, đặc biệt ở bước sóng $\lambda = 1300 \text{ nm}$ độ tán sắc của sợi đơn mode rất thấp (~ 0). Do đó dải thông của sợi đơn mode rất rộng. Song vì kích thước lõi sợi đơn mode quá nhỏ nên đòi hỏi kích thước của các linh kiện quang cũng phải tương đương và các thiết bị hàn nối sợi đơn mode phải có độ chính xác rất cao. Các yêu cầu này ngày nay đều có thể đáp ứng được do đó sợi đơn mode đang được sử dụng rất phổ biến.

CHƯƠNG II

CÁC THÔNG SỐ CỦA SỢI QUANG

2.1 Suy hao của sợi quang:

Công suất trên sợi quang giảm dần theo hàm số mũ tương tự như tín hiệu điện.
Biểu thức tổng quát của hàm số truyền công suất có dạng:

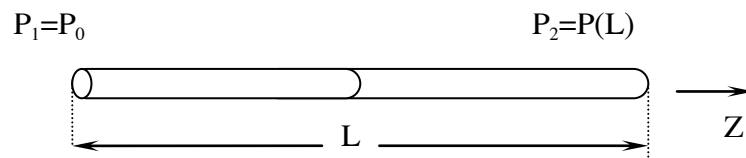
$$P(z) = P_0 \times 10^{-\frac{\alpha}{10}z}$$

Trong đó:

P_0 : công suất ở đầu sợi ($z = 0$)

$P(z)$: công suất ở cự ly z tính từ đầu sợi

α : hệ số suy hao



Độ suy hao được tính bởi:

$$A(dB) = 10 \lg \frac{P_1}{P_2}$$

Trong đó :

$P_1 = P_0$: công suất đưa vào đầu sợi

$P_2 = P(L)$: công suất ở cuối sợi

Hệ số suy hao trung bình:

$$\alpha(dB / Km) = \frac{A(dB)}{L(Km)}$$

Trong đó:

A: suy hao của sợi

L: chiều dài sợi

2.2. Các nguyên nhân gây suy hao trên sợi quang:

Công suất truyền trong sợi bị thất thoát do sự hấp thụ của vật liệu, sự tán xạ ánh sáng và sự khúc xạ qua chỗ sợi bị uốn cong.

- **Suy hao do hấp thụ:**

- Sự hấp thụ của các chất kim loại: Các tạp chất trong thủy tinh là một trong những nguồn hấp thụ ánh sáng. Các tạp chất thường gặp là Sắt (Fe), Đồng (Cu), Mangan (Mn), Chromium (Cr), Cobal (Co), Nikel (Ni).v.v.. Mức độ hấp thụ của tạp chất phụ thuộc vào nồng độ tạp chất và bước sóng ánh sáng truyền qua nó. Để có sợi quang có độ suy hao dưới 1dB/Km cần phải có thủy tinh thật tinh khiết với nồng độ tạp chất không quá một phần tỷ (10^{-9})

- Sự hấp thụ của OH: Sự có mặt của các ion OH trong sợi quang cũng tạo ra một độ suy hao hấp thụ đáng kể. Đặc biệt độ hấp thụ tăng vọt ở các bước sóng gần 950nm, 1240nm, 1400nm. Như vậy độ ẩm cũng là một trong những nguyên nhân gây suy hao của sợi quang. Trong quá trình chế tạo nồng độ của các ion OH trong lõi sợi được giữ ở mức dưới một phần tỷ (10^{-9}) để giảm độ hấp thụ của nó.

- Sự hấp thụ bằng cực tím và hồng ngoại: Ngay cả khi sợi quang được từ thủy tinh có độ tinh khiết cao sự hấp thụ vẫn xảy ra. Bản thân của thủy tinh tinh khiết cũng hấp thụ ánh sáng trong vùng cực tím và vùng hồng ngoại. độ hấp thụ thay đổi theo bước sóng

- **Suy hao do tán xạ:**

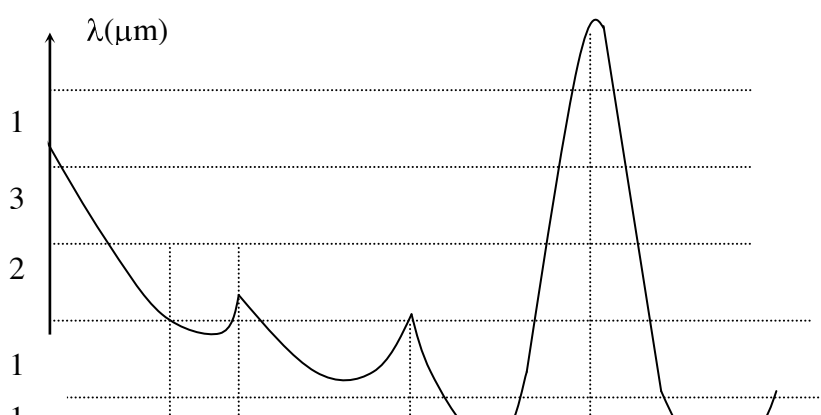
- Tán xạ Rayleigh:

Nói chung khi sóng điện từ truyền trong môi trường điện môi gặp những chỗ không đồng nhất sẽ xảy ra hiện tượng tán xạ. Các tia sáng truyền qua chỗ không đồng nhất này sẽ toả đi nhiều hướng, chỉ một phần năng lượng ánh sáng tiếp tục truyền theo hướng cũ phần còn lại truyền theo các hướng khác thậm chí truyền ngược về phía nguồn quang.

- Tán xạ do mặt phân cách giữa lõi và lớp vỏ bọc không hoàn hảo:

Khi tia sáng truyền đến những chỗ không hoàn hảo giữa lõi và lớp vỏ bọc tia sáng sẽ bị tán xạ. Lúc đó một tia tới sẽ có nhiều tia phản xạ với các góc phản xạ khác nhau, những tia có góc phản xạ nhỏ hơn góc tới hạn sẽ khúc xạ ra lớp vỏ bọc và bị suy hao dần.

- **Đặc tuyến suy hao:**



Trên đặc tuyến suy hao của sợi quang có 3 vùng bước sóng có suy hao thấp, còn gọi là 3 cửa sổ suy hao:

- Cửa sổ thứ nhất ở bước sóng 850nm: được xem là bước sóng có suy hao thấp nhất đối với những sợi quang được chế tạo giai đoạn đầu. Suy hao trung bình ở bước sóng này từ $2 \div 3$ dB/km. Ngày nay bước sóng này ít được dùng vì suy hao đó chưa phải là thấp nhất.

- Cửa sổ thứ hai ở bước sóng 1300nm: suy hao ở bước sóng này tương đối thấp, khoảng từ $0,4 \div 0,5$ dB/Km. Đặc biệt ở bước sóng này độ tán sắc rất thấp nên được sử dụng rộng rãi hiện nay.

- Cửa sổ thứ ba ở bước sóng 1550nm: cho đến nay suy hao ở bước sóng này là thấp nhất, có thể dưới $0,2$ dB/Km.

2.3. Tán sắc:

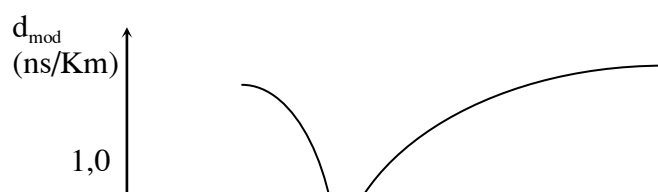
Tương tự như tín hiệu điện tín hiệu quang truyền qua sợi quang cũng bị biến dạng hiện tượng này gọi là sự tán sắc. Sự tán sắc làm méo dạng tín hiệu analog và làm xung bị chông lúp trong tín hiệu digital. Sự tán sắc làm hạn chế dải thông và cự ly của đường truyền dẫn quang.

Các nguyên nhân gây ra tán sắc:

- **Tán sắc mode (modal dispersion):**

Do năng lượng ánh sáng phân tán thành nhiều mode. Mỗi mode lại truyền với vận tốc nhóm khác nhau nên thời gian truyền khác nhau.

Tán sắc thể mode (d_{mod}) thay đổi theo dạng chiết suất:



- **Tán sắc sắc thể (chromatic dispersion):**

Do tín hiệu quang truyền trên sợi không phải là đơn sắc mà gồm một khoảng bước sóng nhất định. Mỗi bước sóng lại có vận tốc truyền khác nhau nên thời gian truyền cũng khác nhau

- **Tán sắc chất liệu:**

Chiết suất của thủy tinh thay đổi theo bước sóng nên vận tốc truyền của ánh sáng có bước sóng khác nhau cũng khác nhau. Đó là nguyên nhân gây nên tán sắc chất liệu. Về mặt vật lý, tán sắc chất liệu cho biết mức độ nở rộng xung của mỗi nm bề rộng phổ nguồn quang qua mỗi km sợi quang, đơn vị của độ tán sắc do chất liệu M là ps/nm.Km.

Ở bước sóng 850nm độ tán sắc do chất liệu khoảng $90 \div 120$ ps/nm.Km. Nếu sử dụng nguồn quang là LED có bề rộng phổ $\Delta\lambda = 50$ nm thì độ nở rộng xung khi truyền qua mỗi Km là:

$$D_{\text{mat}} = M \times \Delta\lambda$$

$$D_{\text{mat}} = 100\text{ps/nm.Km} \times 50\text{nm} = 5\text{ns/Km}$$

Còn nếu nguồn quang là Laser Diode có $\Delta\lambda = 3$ nm thì độ nở rộng xung chỉ khoảng 0,3 ns/Km.

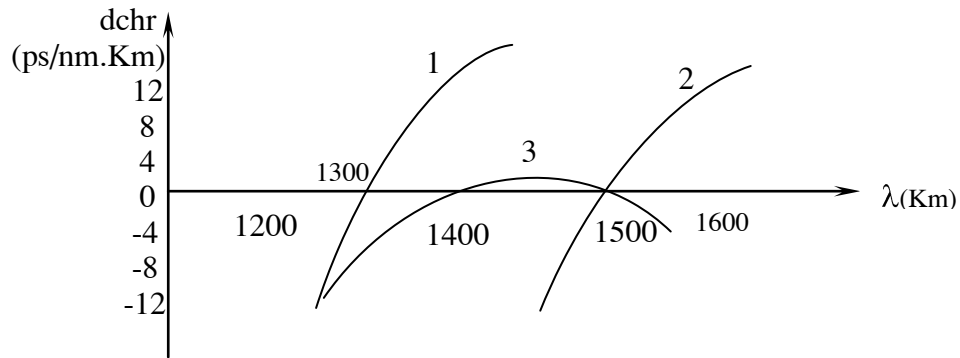
Ở bước sóng 1300nm tán sắc do chất liệu bằng tán sắc ống dẫn sóng nhưng ngược dấu nên tán sắc thể bằng không. Do đó bước sóng 1300nm thường được chọn cho các đường truyền tốc độ cao.

Ở bước sóng 1550nm độ tán sắc do chất liệu khoảng 20ps/nm.Km

- **Tán sắc do tác dụng của ống dẫn sóng:**

Sự phân bố năng lượng ánh sáng trong sợi quang phụ thuộc vào bước sóng, sự phân bố này gây nên hiện tượng tán sắc ống dẫn sóng. Tán sắc ống dẫn sóng rất nhỏ chỉ đáng chú ý với sợi đơn mode.

- **Tán sắc sắc thể của các loại sợi:**



- 1: Sợi bình thường (G652)
- 2: Sợi dịch tán sắc (G653)
- 3: Sợi san bằng tán sắc.

CHƯƠNG III

CẤU TRÚC SỢI QUANG

Thành phần chính của sợi quang gồm lõi (core) và lớp bọc (cladding). Trong viễn thông dùng loại sợi có cả hai lớp trên bằng thủy tinh. Lõi để dẫn ánh sáng và lớp bọc để giữ ánh sáng tập trung trong lõi nhờ sự phản xạ toàn phần giữa lõi và lớp bọc.

Để bảo vệ sợi quang, tránh nhiều tác dụng do điều kiện bên ngoài sợi quang còn được bọc thêm một vài lớp nữa:

- Lớp phủ hay lớp vỏ thứ nhất (primary coating)
- Lớp vỏ thứ hai (Secondary coating)

1. Lớp phủ.

Lớp phủ có tác dụng bảo vệ sợi quang:

- Chống lại sự xâm nhập của hơi nước.
- Tránh sự trầy xước gây nên những vết nứt
- Giảm ảnh hưởng vì uốn cong

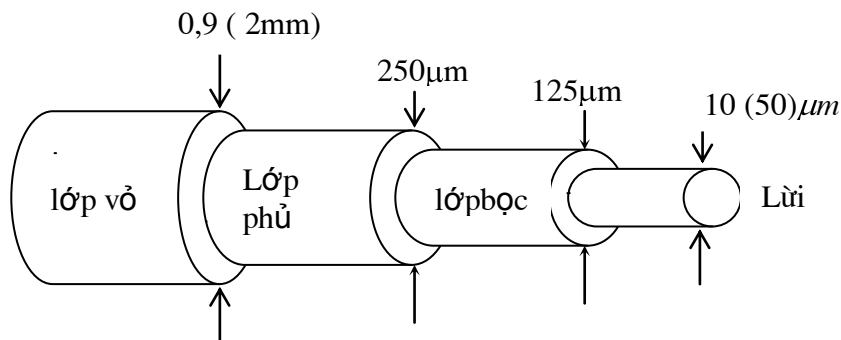
Lớp phủ được bọc ngay trong quá trình kéo sợi. Chiết suất của lớp phủ lớn hơn chiết suất của lớp bọc để loại bỏ các tia sáng truyền trong lớp bọc vì khi đó sự phản xạ toàn phần không thể xảy ra phân cách giữa lớp bọc và lớp phủ. Lớp phủ có thể được nhuộm màu hoặc có thêm vòng đánh dấu, khi hàn nối sợi hoặc ghép ánh sáng vào sợi nhất thiết phải tẩy sạch lớp phủ. Độ đồng nhất, bề dày và độ đồng tâm của lớp phủ có ảnh hưởng đến chất lượng của sợi quang.

2. Lớp vỏ.

Lớp vỏ có tác dụng tăng cường sức chịu đựng của sợi quang trước các tác dụng cơ học và sự thay đổi nhiệt độ, cho đến nay lớp vỏ có các dạng chính sau:

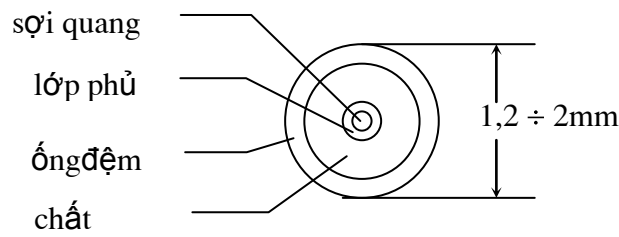
- Dạng ống đệm lỏng (Loose buffer)
- Dạng đệm khít (tight buffer)
- Dạng băng dẹt (Ribbon)

Mỗi dạng có những ưu nhược điểm khác nhau do đó được sử dụng trong từng điều kiện khác nhau.



a) Dạng ống đệm lỏng:

Sợi quang (đã bọc lớp phủ) được đặt trong một ống đệm có đường kính lớn hơn đường kính thước sợi quang.



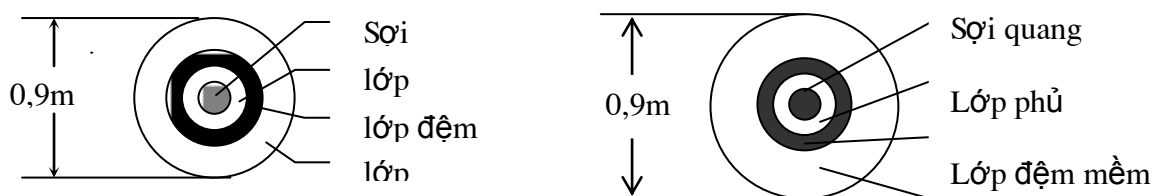
- Ống đệm lỏng thường gồm hai lớp, lớp trong có hệ số ma sát nhỏ để sợi quang di chuyển tự do khi cáp bị kéo căng hoặc co lại, lớp ngoài bảo vệ sợi quang trước ảnh hưởng của lực cơ học. Đối với cáp trong nhà thì bên trong ống đệm lỏng không cần chất nhồi nhưng với cáp ngoài trời thì phải bơm thêm chất nhồi có các tính chất sau:

- Có tác dụng ngăn ẩm
- Có tính nhớt không tác dụng hoá học với các thành phần khác của cáp
- Dễ tẩy sạch khi cần hàn nối
- Khó cháy.

Cấu trúc ống đệm lỏng có nhiều ưu điểm nên được dùng trong các đường truyền dẫn cần chất lượng cao, trong điều kiện môi trường thay đổi nhiều.

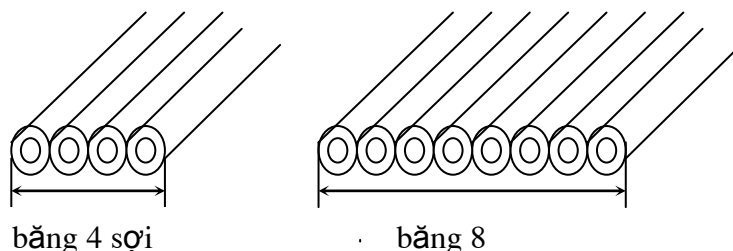
b) Dạng đệm khí:

Một cách đơn giản để bảo vệ sợi quang dưới tác dụng của nhiều điều kiện bên ngoài là bọc một lớp vỏ ô-mét lớp phủ. Phương pháp này làm giảm đường kính của lớp vỏ do đó giảm kích thước và trọng lượng của cáp, song sợi quang lại chịu ảnh hưởng trực tiếp khi cáp bị kéo căng để giảm ảnh hưởng này người ta chèn thêm một lớp đệm mềm ở giữa lớp phủ và lớp vỏ. Hình thức này được gọi là cấu trúc đệm tổng hợp. Sợi quang có vỏ đệm khí và đệm tổng hợp thường được dùng làm cáp đặt trong nhà, làm dây nhảy để đấu nối các trạm đầu cuối...



c) Dạng băng dẹt:

Cấu trúc băng dẹt cũng là một dạng vỏ đệm khí nhưng bọc nhiều sợi quang thay vì một sợi. Số sợi trong băng có thể lên đến 12, bề rộng của mỗi băng tùy thuộc vào số sợi trong băng. Nhược điểm của cấu trúc này giống như cấu trúc đệm khí, tức là sợi quang chịu ảnh hưởng trực tiếp khi cáp bị kéo căng.



CHƯƠNG IV

LINH KIỆN BIẾN ĐỔI QUANG ĐIỆN

4.1. TỔNG QUÁT.

Linh kiện biến đổi quang điện được đặt ở hai đầu sợi quang. Có hai linh kiện quang điện:

- Linh kiện biến đổi từ tín hiệu điện sang tín hiệu quang, được gọi là nguồn quang. Linh kiện này có nhiệm vụ phát ra ánh sáng có công suất tỷ lệ với dòng điện chạy qua nó.

- Linh kiện biến đổi tín hiệu quang sang tín hiệu điện, còn gọi là linh kiện tách sóng quang (hay linh kiện thu quang). Linh kiện này có nhiệm vụ ngược lại so với nguồn quang, tức là tạo ra dòng điện tỷ lệ với công suất quang chiếu vào nó.

Chất lượng của linh kiện biến đổi quang điện và chất lượng sợi quang quyết định cự ly, dung lượng và chất lượng của tuyến truyền dẫn quang.

- **Yêu cầu kỹ thuật của linh kiện quang điện:**

- a) Đối với nguồn quang:*

- Bước sóng của ánh sáng phát ra:*

Mức độ suy hao của ánh sáng truyền trên sợi quang phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng. Có ba bước sóng thông dụng là 850nm, 1300nm, 1550nm. Do đó ánh sáng do nguồn quang phát ra cũng phải có bước sóng phù hợp.

- Công suất phát:*

Cự ly thông tin phụ thuộc vào nhiều yếu tố trong đó công suất phát của nguồn quang là một trong những yếu tố chính. Công suất phát càng lớn thì cự ly thông tin càng xa.

- Độ rộng phổ:*

Ánh sáng mà nguồn quang thực tế phát ra không phải là chỉ có một bước sóng duy nhất mà gồm một khoảng bước sóng. Khoảng sóng này càng rộng thì độ tán sắc chất liệu càng lớn do đó làm hạn chế dải thông của tuyến truyền dẫn quang. Như vậy độ rộng phổ của nguồn quang càng hẹp càng tốt.

- Góc phóng ánh sáng:*

Như ta đã biết đường kính lõi của sợi quang rất nhỏ nếu kích thước của nguồn quang lớn và góc phong ánh sáng rộng và công suất phát quang vào được lõi sẽ rất thấp. Do đó nguồn quang có vùng phát sáng và góc phát sáng càng hẹp càng tốt.

- *Thời gian chuyển:*

Để có thể truyền được tín hiệu số có tốc độ bit càng cao thì thời gian chuyển trạng thái của nguồn quang phải càng nhanh.

- *Độ ổn định:*

Công suất quang mà các nguồn quang thực tế phát ra ít nhiều phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường, thời gian sử dụng và đôi khi còn phụ thuộc vào cường độ sáng xung quanh. Vì vậy công suất do nguồn quang phát ra càng ổn định càng tốt.

- Thời gian sử dụng lâu, giá thành hạ.

b) Đối với linh kiện tách sóng quang:

- *Bước sóng:*

Nhạy đối với bước sóng hoạt động của hệ thống

- *Độ nhạy:*

Có độ nhạy càng cao càng tốt. Tức là khả năng tách được các tín hiệu quang thật nhỏ với số lỗi (BER) trong phạm vi cho phép. Linh kiện tách sóng quang càng nhạy thì càng có khả năng nối rộng cự ly thông tin.

- *Đáp ứng nhanh:*

Để có thể làm việc trong hệ thống có tốc độ bit cao.

- *Dòng tối nhỏ:*

Khi chưa có ánh sáng chiếu vào nhưng linh kiện tách sóng quang vẫn có dòng điện tách sóng nhiễu chạy qua. Dòng điện này càng nhỏ càng tốt.

- *Tạp âm:*

Có tạp âm càng thấp càng tốt để đảm bảo tỷ số tín hiệu trên tạp âm (S/N).

- *Độ tin cậy cao, giá thành hạ.*

4.2. NGUỒN QUANG:

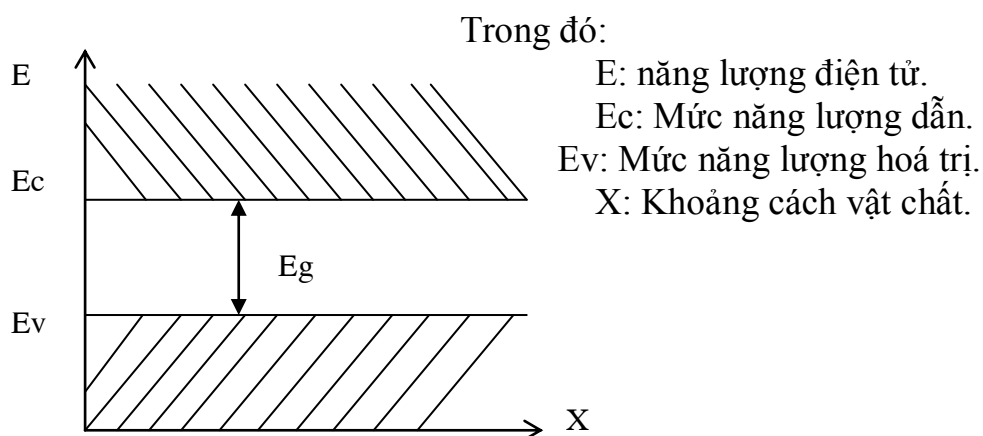
4.2.1 Nguyên lý chung:

Các linh kiện biến đổi quang điện - điện quang dùng trong thông tin quang hiện nay là các linh kiện bán dẫn. Theo lý thuyết vật chất, bán dẫn có hai mức năng lượng:

- Mức hoá trị.
- Mức dẫn điện.

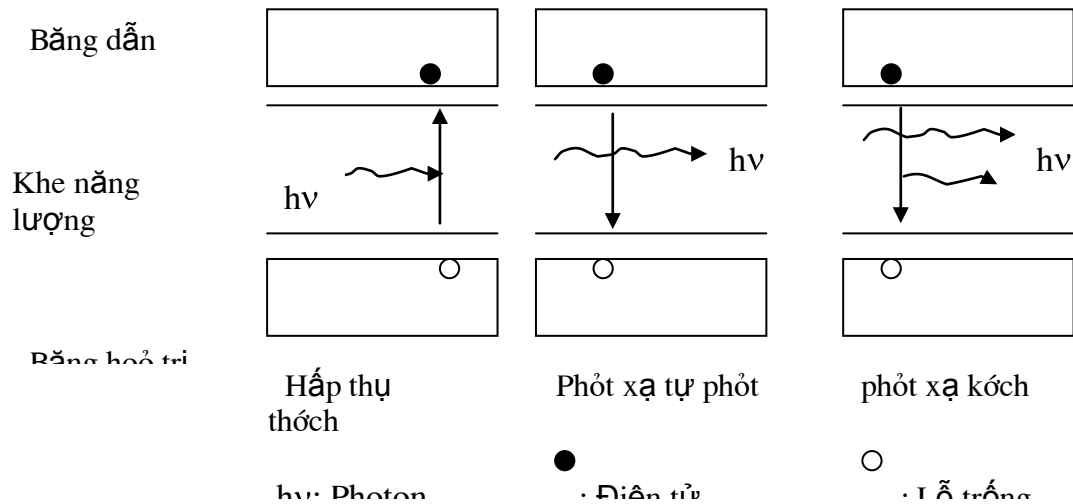
Do đó năng lượng của điện tử chia thành 3 vùng:

- Vùng dẫn điện(Conduction band).
- Vùng cấm.(Energy gap).
- Vùng hoá trị.(Valence band).



- Photon bức xạ vào chất bán dẫn, cung cấp năng lượng ($E = h\nu$) cho một điện tử đang ở vùng hoá trị thì điện tử sẽ chuyển lên vùng dẫn, photon biến mất điện tử sẽ để lại một lỗ trống trong vùng hoá trị. Như vậy một photon có năng lượng thích hợp chiếu vào chất bán dẫn sẽ tạo ra cặp điện tử - lỗ trống còn photon thì biến mất. Đó gọi là hiện tượng hấp thụ, được ứng dụng trong photon diode làm linh kiện thu quang.
- Nếu trong vùng dẫn có số điện tử nhiều hơn mức cân bằng thì điện tử thừa sẽ rơi xuống vùng hoá trị một cách tự phát để kết hợp với lỗ trống. Trong khi dịch chuyển từ mức năng lượng cao xuống mức năng lượng thấp, năng lượng chênh lệch được bức xạ dưới dạng photon. Như vậy khi một điện tử kết hợp với một lỗ trống có thể làm bức xạ ra một photon, đó là hiện tượng phát xạ tự phát được ứng dụng trong diode phát quang (LED) dùng làm nguồn quang.
- Hiện tượng thứ ba gọi là sự phát xạ kích thích được ứng dụng trong các Laser Diode dùng làm nguồn quang. Hiện tượng này xảy ra khi các photon phát xạ ra do quá trình

tái hợp của điện tử và lỗ trống lại kích thích các điện tử đang có mức năng lượng cao xuống mức năng lượng thấp và phát ra những photon quá trình cứ tiếp diễn và số lượng photon phát ra rất lớn. Ánh sáng phát ra ở quá trình này có cùng pha cùng bước sóng.



Có hai loại linh kiện được dùng làm nguồn quang hiện nay là:

- Diode phát quang hay LED (Light Emitting Diode)
- Diode Laser hay LD (Laser Diode)

Cả hai linh kiện trên đều phát triển từ diode bán dẫn, Tức là từ tiếp giáp của bán dẫn loại P và loại N. Các đặc tính kỹ thuật của nguồn quang phần lớn phụ thuộc vào cấu tạo của chúng, riêng bước sóng do nguồn quang phát ra phụ thuộc vào vật liệu chế tạo nguồn quang. Mỗi chất bán dẫn có bề rộng khe năng lượng E_g khác nhau. Mà E_g quyết định tần số và do đó quyết định bước sóng của năng lượng ánh sáng phát ra theo công thức sau:

$$E_g = h\nu = h \frac{C}{\lambda}$$

Hay:

$$\lambda = \frac{hC}{E_g} = \frac{1,24}{E_g (eV)}$$

Trong đó:

$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ j.s}$: Hằng số Planck

$C = 300.000 \text{ Km/s}$: Vận tốc ánh sáng trong chân không

E_g : bề rộng khe năng lượng, đơn vị (eV)

ν : tần số ánh sáng phát ra, đơn vị Hz

Từ công thức trên ta thấy bước sóng của ánh sáng phát ra tỷ lệ nghịch với bề rộng khe năng lượng của chất bán dẫn chế tạo nguồn quang. Do đó muốn nguồn quang phát ra ánh sáng có bước sóng dài thì phải dùng chất bán dẫn có bề rộng khe năng lượng hẹp.

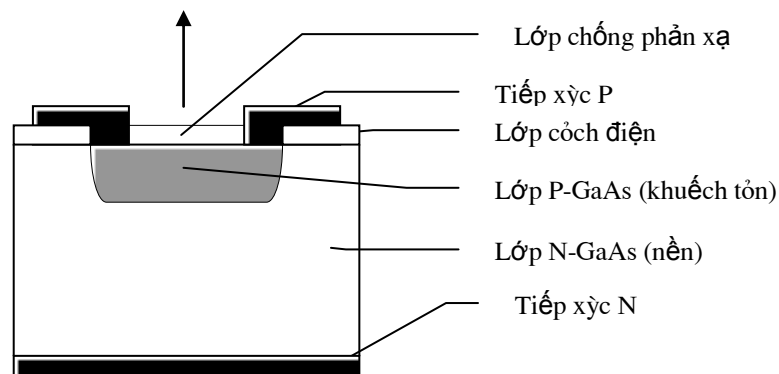
4.2.2 LED:

a) Cấu tạo và phân loại:

Mặc dù nguyên lý phát quang trong mỗi nối P N khá đơn giản song cấu trúc của các đèn LED phức tạp hơn một diode bán dẫn bình thường vì phải đáp ứng đồng thời các yêu cầu kỹ thuật của một nguồn quang.

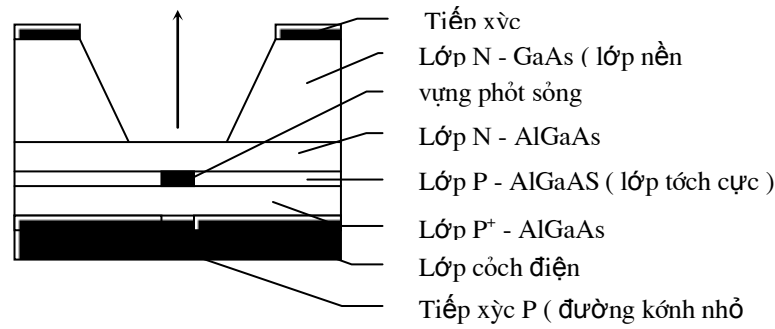
- **LED tiếp xúc mặt GaAs:**

Đây là loại có cấu trúc đơn giản nhất, dùng bán dẫn GaAs với nồng độ khác nhau để làm lớp nền loại N và lớp phát quang loại P. Lớp P dày khoảng $200\mu\text{m}$, ở mặt ngoài của lớp P có phủ một lớp chống phản xạ để ghép ánh sáng vào sợi quang. Bước sóng phát của LED GaAs trong khoảng từ 880 đến 950nm.



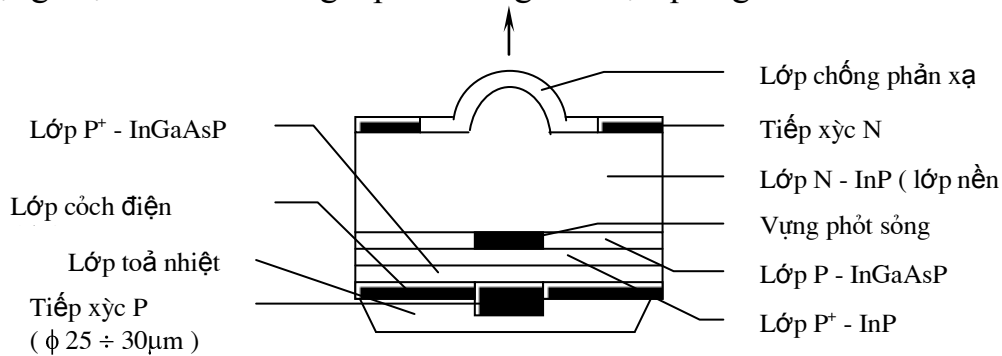
- **LED Burrus:**

LED Burrus được chế tạo theo cấu trúc nhiều lớp (Heterostructure) bao gồm các lớp bán dẫn loại N và P với bề dày và nồng độ khác nhau. Với cấu trúc nhiều lớp và vạch tiếp xúc P có kích thước nhỏ, vùng phát sáng của LED Burrus tương đối hẹp. Ngoài ra trên bề mặt của LED có khoét một lỗ để đưa sợi quang vào gần vùng phát sáng. Bước sóng của LED Burrus dùng bán dẫn AlGaAs / GaAs trong khoảng từ 800 đến 850nm. Nếu dùng bán dẫn InGaAsP / InP thì bước sóng phát ra dài hơn



4.2.3 LED phát xạ rìa:

Một loại LED phát bước sóng dài (1300nm và 1550nm) dùng bán dẫn InGaAsP / InP. Tương tự như LED Burrus, loại này cũng có cấu trúc nhiều lớp và có đường kính vạch tiếp xúc P nhỏ (25 đến 30 μm) nên có vùng phát sáng hẹp. Điểm khác biệt so với LED Burrus là thay vì khoét lỗ để ghép ánh sáng vào sợi quang, ở đây dùng lớp nền InP có dạng một thấu kính để ghép ánh sáng vào sợi quang.



- **LED phát xạ rìa: (ELED: Edge Light Emitting Diode)**

LED phát xạ rìa có cấu tạo khác với LED thông thường, các điện cực tiếp xúc (bằng kim loại) phủ kín mặt trên và đáy của ELED. Do đó ánh sáng không thể phát ra phía hai mặt được mà bị giữ trong vùng tích cực có dạng vạch hẹp. Lớp tích cực rất mỏng, bằng vật liệu có chiết suất lớn kẹp giữa hai lớp P và N có chiết suất nhỏ hơn. Cấu trúc như vậy tương tự cấu trúc sợi quang. Hay nói cách khác, tương đương với một ống dẫn sóng. Ánh sáng phát ra ở cả hai đầu ống dẫn sóng này, một trong hai được nối với sợi quang.

Cấu trúc này có ưu điểm là vùng phát sáng hẹp và góc phát sáng nhỏ nên hiệu suất ghép ánh sáng vào sợi quang cao. Tuy nhiên nó cũng có một hạn chế là khi hoạt động nhiệt độ của ELED tăng khá cao nên đòi hỏi phải được giải nhiệt.



Cuối cùng phải ghi nhận rằng cấu trúc của LED càng phức tạp thì công suất phát càng cao, góc phát sáng càng hẹp, thời gian chuyển càng nhanh. Tất nhiên, cũng như mọi linh kiện khác, cấu trúc càng phức tạp thì giá thành sẽ càng cao.

Đặc tính kỹ thuật:

Các đặc tính kỹ thuật của LED phụ thuộc rất nhiều vào cấu tạo của chúng. Ngoài ra theo đà phát triển của công nghệ bán dẫn, chất lượng của LED ngày càng nâng cao hơn.

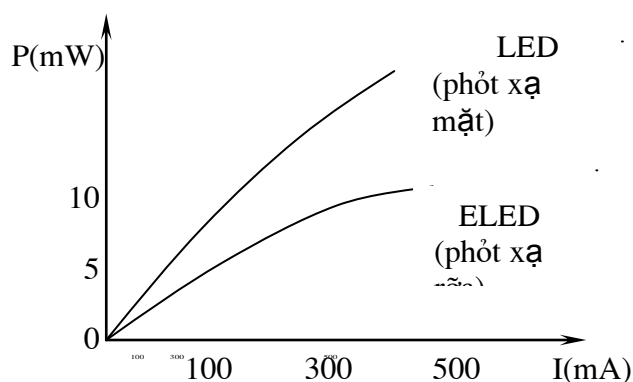
Thông số điện:

Dòng điện hoạt động tiêu biểu: từ 50mA đến 300mA

Điện áp sụt trên LED: từ 1,5V ÷ 2,5V

Công suất phát:

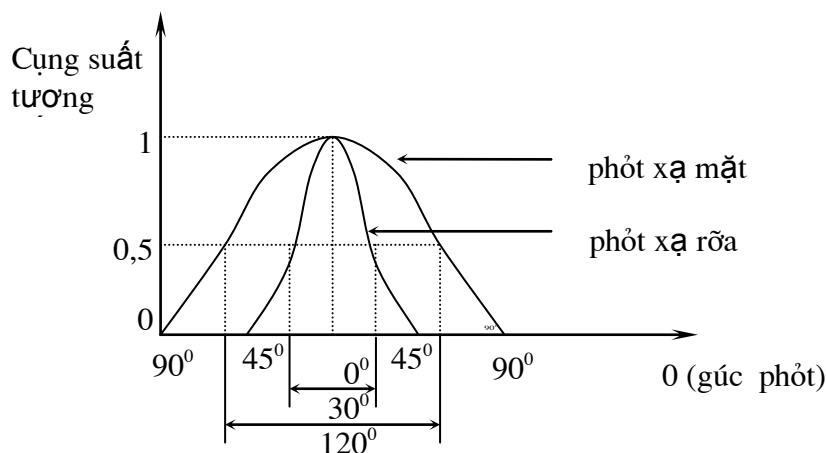
Là công suất tổng công do nguồn quang phát ra. Công suất phát của LED từ 1 ÷ 3mW. Đối với loại phát sáng cao (High - Radinnce) công suất phát có thể lên đến 10mW. Các LED phát xạ mặt công suất phát cao hơn LED phát xạ rìa với cùng dòng điện kích thích. Nhưng điều đó không có nghĩa là sợi quang nhận được công suất quang từ LED phát xạ mặt cao hơn LED phát xạ rìa.



Góc phát quang:

Công suất ánh sáng do nguồn quang phát ra cực đại ở trục phát quang và giảm dần theo góc hợp với trục. Góc phát quang được xác định ở mức công suất phát quang

giảm một nửa (3dB) so với mức cực đại. LED phát xạ mặt có góc phát quang lớn hơn so với LED phát xạ rìa.

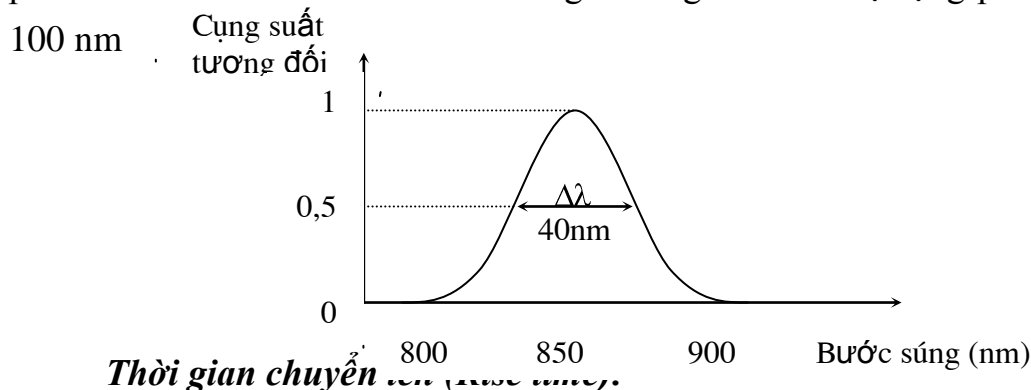


Hiệu suất ghép quang:

Hiệu số ghép quang được tính bởi tỷ số công suất quang ghép vào sợi quang với công suất phát quang tổng cộng của nguồn quang. Hiệu số ghép quang phụ thuộc vào kích thước vùng phát quang, góc phát quang của nguồn, góc thu nhận (NA) của sợi quang và vị trí đặt nguồn quang và sợi quang. Hiệu suất ghép của LED phát xạ mặt khoảng 1 ÷ 5% và LED phát xạ rìa trong khoảng 5 ÷ 15%. Từ đó, tuy công suất phát của LED phát xạ mặt lớn hơn nhưng công suất đưa vào sợi quang của LED phát xạ rìa lại lớn hơn (thường lớn hơn khoảng hai lần).

Độ rộng phổ:

Nguồn quang phát ra công suất cực đại ở bước sóng trung tâm và giảm dần về hai phía. Độ rộng phổ là khoảng bước sóng mà trong đó công suất quang không nhỏ hơn phân nửa mức công suất đỉnh. Thông thường LED có độ rộng phổ trong khoảng 35 ÷ 100 nm



Là khoảng thời gian để công suất ra tăng từ 10% đến 90% mức công suất ổn định khi có xung dòng điện kích thích nguồn quang. Thời gian chuyển của nguồn quang có ảnh hưởng đến tốc độ bit của tín hiệu điều chế, muốn điều chế ở tốc độ càng cao thì nguồn quang phải có thời gian chuyển càng nhanh. Giải thông tối đa của tín hiệu điều chế phụ thuộc vào thời gian chuyển.

Ảnh hưởng của nhiệt độ:

Khi nhiệt độ môi trường tăng thì công suất phát giảm, tuy nhiên mức độ ảnh hưởng bởi nhiệt độ của LED không cao:

Ở bước sóng 850nm: độ ảnh hưởng là $-1\% / ^\circ\text{C}$

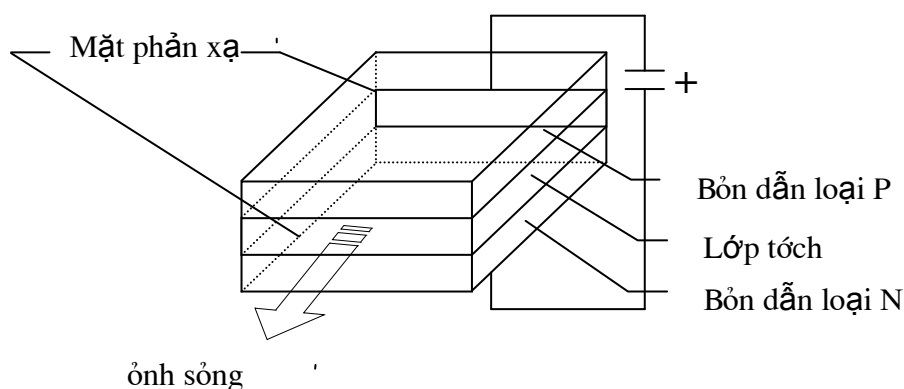
Ở bước sóng 1300nm và 1550nm: độ ảnh hưởng từ -2% đến $-4\% / ^\circ\text{C}$.

4.2.4. LASER:

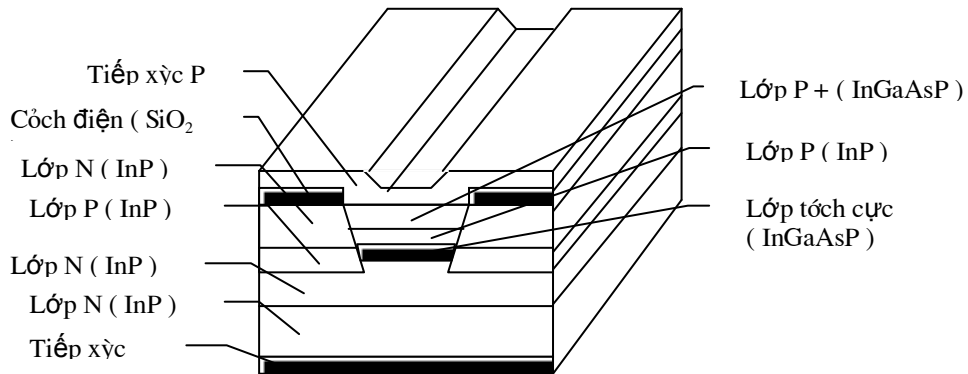
Cấu tạo và nguyên tắc hoạt động:

Laser bán dẫn hoạt động theo nguyên lý phát xạ kích thích. Cấu tạo của nó gần gũi với cấu tạo của LED phát xạ rìa (ELED). Điểm khác biệt cơ bản là trong Laser có hai mặt phản xạ ở hai đầu lớp tích cực tạo nên một hốc cộng hưởng quang. Phần ánh sáng phát ra theo chiều dọc của hốc cộng hưởng sẽ bị 10 phản xạ qua lại giữa hai mặt phản xạ. Trong quá trình di chuyển theo chiều dọc của hốc ánh sáng kích thích các điện tử kết hợp với các lỗ trống để phóng ra các photon mới. Phần ánh sáng thoát ra theo các phương khác bị thất thoát dần, như vậy chỉ có phần ánh sáng phát ra theo chiều dọc mới được khuếch đại.

Mặt sau của Laser được phủ một lớp phản xạ còn mặt trước được cắt nhẵn để một phần ánh sáng phản xạ còn một phần chiếu ra ngoài.



Nhằm tăng hiệu quả phát xạ, các Laser thực tế có cấu trúc phức tạp hơn chẳng hạn loại Laser có cấu trúc nhiều lớp chôn còn gọi là Laser BH (Buried Heterostructure) có vùng phát sáng rất hẹp ($2\mu\text{m} \times 0,2\mu\text{m}$) nên hiệu suất ghép ánh sáng vào lõi sợi quang rất cao.

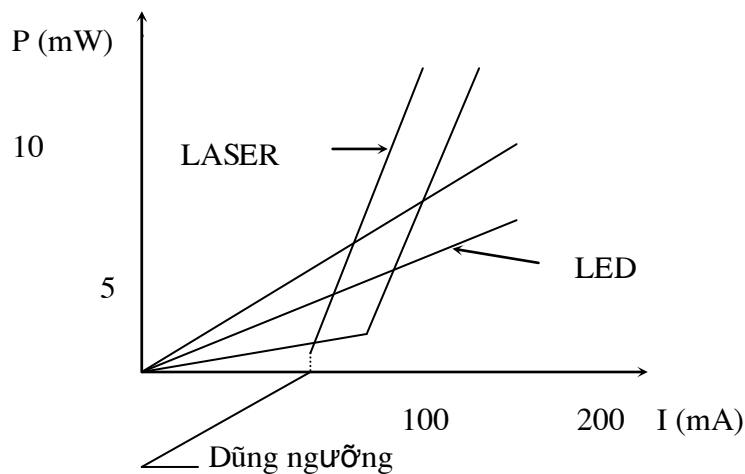


Đặc tính kỹ thuật:

Thông số điện:

Dòng điện ngưỡng:

Khi dòng điện kích thích cho Laser có trị số nhỏ, Laser hoạt động ở chế độ phát xạ tự phát nên công suất phát rất thấp. Khi được kích thích với dòng điện lớn, Laser hoạt động ở chế độ kích thích công suất quang tăng nhanh theo dòng kích thích.



Dòng ngưỡng của Laser thay đổi theo nhiệt độ. Đối với những Laser đời cũ, dòng ngưỡng có giá trị từ $50\text{mA} \div 100\text{mA}$. Những Laser đời mới dòng ngưỡng chỉ trong khoảng $10\text{mA} \div 20\text{mA}$.

Dòng điện kích thích: từ vài chục đến vài trăm mA tùy theo loại.

Điện áp sục trên Laser: từ 1,5V ÷ 2,5V

Công suất phát:

Công suất phát của Laser từ 1 ÷ 10mW, đối với những Laser đời mới có thể lên đến 50mW hay hơn nữa.

Góc phát sáng:

Góc phát sáng của Laser theo phương ngang của lớp tích cực chỉ trong khoảng $5 \div 10^\circ$, còn theo phương vuông góc với lớp tích cực góc phát có thể lên đến 40° . Như vậy mặt bao của góc phát không phải là mặt nón tròn xoay mà là mặt nón hình elip

Hiệu suất ghép:

Laser có vùng phát sáng nhỏ, góc phát sáng hẹp nên có hiệu suất ghép ánh sáng vào sợi quang cao.

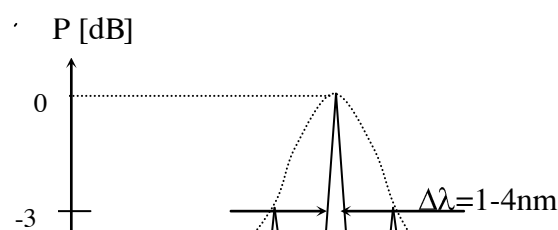
Trung bình hiệu suất ghép của Laser trong khoảng: 30% ÷ 50%: đối với sợi đơn mode (SM) 60% ÷ 90%: đối với sợi đa mode (MM).

Để tăng hiệu suất ghép, người ta có thể tạo thêm các chi tiết phụ giữa nguồn quang và sợi quang như đặt thêm thấu kính giữa nguồn quang và sợi quang, tạo đầu sợi quang có dạng mặt cầu,...

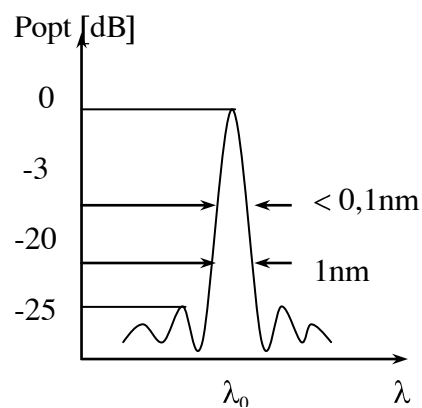
Độ rộng phổ:

Dạng phổ phát xạ của Laser là tổng hợp đặc tuyến khuếch đại (do bề rộng khe năng lượng thay đổi) và đặc tuyến chọn lọc của hốc cộng hưởng quang (phụ thuộc vào chiều dài hốc). So với LED thì phổ phát xạ của Laser rất hẹp, trong khoảng từ 1 đến 4nm. Dạng phổ gồm nhiều vạch rời rạc nên được gọi là phổ của Laser đa mode. Người ta có khuynh hướng chế tạo Laser có phổ ngày càng hẹp để giảm tán sắc chất liệu khi sử dụng bước sóng 1550nm. Và trong tương lai có thể sử dụng rộng rãi kỹ thuật ghép kênh theo bước sóng.

hỗ phát xạ của Laser dạng thực tế:



Laser hồi tiếp phân bố DFB: thay thế cho các mặt phản xạ ở hai đầu là một chuỗi gợn sóng trên lớp bán dẫn làm nền chỉ phản xạ những bước sóng nhất định do đó gần như chỉ có một bước sóng được cộng hưởng và khuếch đại. Phổ của Laser DFB rất hẹp chỉ vào khoảng 0,1nm đến 0,2nm. Phổ của Laser DFB có dạng:



Laser hốc ghép C_cubed: hai chip Laser rời được ghép quang với nhau nhưng cách ly về điện để đạt được sự giới hạn bước sóng phát Laser hốc ngoài (external Cavity): là loại Laser có mặt phản xạ bên ngoài thay vì tráng mặt phản xạ trong Laser thông thường.

Thời gian chuyển lên:

Thời gian để công suất quang tăng từ 10% ÷ 90% mức công suất xác lập của Laser rất nhanh, thông thường không quá 1ns.

Ảnh hưởng nhiệt độ:

Khi nhiệt độ thay đổi dòng ngưỡng của Laser thay đổi do đó công suất phát ra cũng thay đổi nếu giữ nguyên dòng điện kích thích. Khi nhiệt độ tăng thì dòng ngưỡng cũng tăng theo dạng hàm mũ của sự gia tăng nhiệt độ. Trung bình, độ gia tăng dòng ngưỡng vào khoảng $+1\%/^{\circ}\text{C}$. Ngoài ra khi nhiệt độ thay đổi thì công suất phát ra cũng thay đổi, nhưng mức độ ảnh hưởng rất thấp.

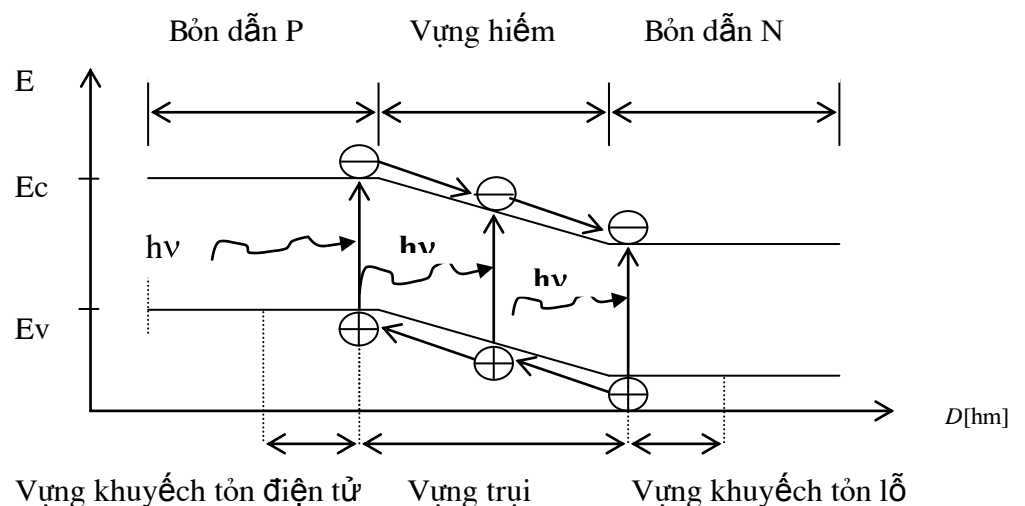
4.3. Tách sóng quang:

4.3.1. Nguyên lý chung:

Các linh kiện tách sóng quang hiện nay cũng là loại linh kiện bán dẫn. Cấu tạo của chúng cũng phát triển từ tiếp giáp PN. Có hai loại linh kiện tách sóng quang được sử dụng hiện nay là: PIN: loại diode thu quang gồm ba lớp bán dẫn P, I và N. Trong đó P và N là hai lớp bán dẫn có pha tạp chất còn I (intrinsic) không pha tạp chất hoặc pha với nồng độ rất thấp.

APD (Avalanche Photo Diode): Diode thu quang có độ nhạy và tốc độ cao.

Ngoài ra còn có transistor quang (Phototransistor) có khả năng biến đổi tín hiệu quang sang tín hiệu điện nhưng có thời gian đáp ứng chậm nên ít được sử dụng. Nếu có cũng chỉ xuất hiện trong các hệ thống có cự ly ngắn và tốc độ chậm.



Các linh kiện tách sóng quang hoạt động theo nguyên tắc của một tiếp giáp PN phân cực ngược.

4.3.2 Những thông số cơ bản:

Hiệu suất lượng tử:

Hiệu suất lượng tử được tính bởi tỷ số lượng điện tử tách ra và số photon được hấp thụ.

$$\eta = \frac{n_e}{n_{ph}}$$

Trong đó: η : Hiệu suất lượng tử

n_{ph} : Số lượng photon hấp thụ

n_e : Số lượng điện tử tách ra

Giá trị lớn nhất của η là 1, tức là một photon được hấp thụ sẽ làm bức xạ nhiều nhất một cặp điện tử và lỗ trống. Thông thường η nhỏ hơn 1 và được tính theo phần trăm (%). Trong những trường hợp đặc biệt (có hiệu ứng nhân) một photon được hấp thụ có thể làm phát sinh nhiều điện tử.

Đáp ứng:

Đáp ứng của linh kiện tách sóng quang là tỷ số của dòng điện sinh ra và công suất quang đưa vào.

$$R = \frac{I_e}{P_{opt}}$$

Trong đó:

R : Đáp ứng

I_e : Dòng quang điện

P_{opt} : công suất quang

Độ nhạy:

Độ nhạy của linh kiện thu quang là mức công suất quang thấp nhất mà linh kiện có thể thu được với một tỷ số lỗi (BER) nhất định. Theo tiêu chuẩn G956 của CCITT, $BER = 10^{-10}$. Độ nhạy của linh kiện thu quang phụ thuộc loại linh kiện tách sóng quang và mức nhiễu của bộ khuếch đại điện. Ngoài ra tốc độ bit truyền dẫn càng cao thì độ nhạy của thiết bị thu càng kém.

Dải động:

Dải động của linh kiện thu quang là khoảng chênh lệch giữa mức công suất cao nhất và mức công suất thấp nhất (tức độ nhạy) mà linh kiện có thể thu được trong một giới hạn tỷ số lỗi (BER) nhất định.

Tạp âm:

Tạp âm trong các linh kiện thu quang được thể hiện dưới dạng dòng điện tạp âm. Các nguồn tạp âm đáng kể của linh kiện thu quang là:

Tạp âm nhiệt:

Là tạp âm gây ra do điện trở tải của diode thu quang cũng như trở kháng vào của bộ khuếch đại đầu. Tạp âm nhiệt I_t phụ thuộc nhiệt độ, băng tạp âm, điện trở tải theo công thức:

$$I_t^2 = \frac{4KT}{R} \cdot B$$

Trong đó:

- K : hằng số Boltzman; $1,38 \times 10^{-38} \text{ J}^0\text{K}$
- T : nhiệt độ tuyệt đối, độ K
- B : bề rộng băng, đơn vị Hz
- R : điện trở tải, đơn vị Ohm

Tạp âm nhiệt của máy thu quang còn phụ thuộc hệ số tạp âm của bộ khuếch đại. Tạp âm lượng tử:

Do biến động ngẫu nhiên năng lượng của các photon đập vào diode thu quang. Dòng tạp âm lượng tử I_q được tính bởi:

$$I_q^2 = 2e.R.P_{opt}B = 2e.I_{ph}.B$$

Tạp âm dòng tối:

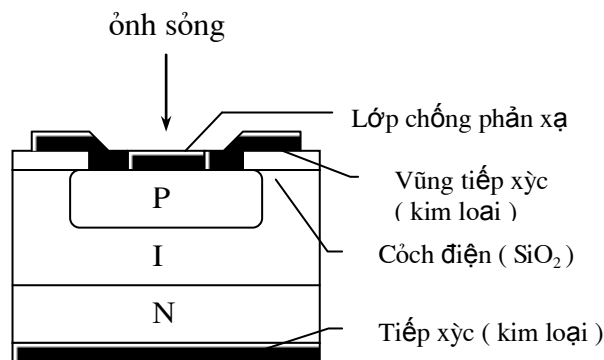
Dòng điện nhiễu do các diode thu quang phát ra khi không có ánh sáng chiếu vào cũng gây nên tạp âm thặng giáng. Tạp âm do dòng tối được tính bởi công thức:

$$I_{.D}^2 = 2e.i_D.B$$

Trong đó i_D là dòng tối của diode phát quang.

4.3.4 Diode thu quang PIN:

Cấu tạo của diode thu quang PIN gồm ba lớp bán dẫn P-I-N, trong đó lớp I (intrinsic) là lớp bán dẫn không pha tạp chất hoặc pha với nồng độ rất thấp. Quá trình hấp thụ photon để tách ra các điện tử và lỗ trống xảy ra trong lớp I. Do đó lớp I càng dày thì hiệu suất lượng tử càng cao nhưng đồng thời thời gian trôi của điện tử sẽ càng chậm. Điều này làm giảm khả năng hoạt động với tốc độ cao của PIN. Bề dày lớp P phụ thuộc khả năng thâm nhập của ánh sáng vào bán dẫn. ánh sáng có bước sóng càng dài thì khả năng thâm nhập vào bán dẫn càng lớn.



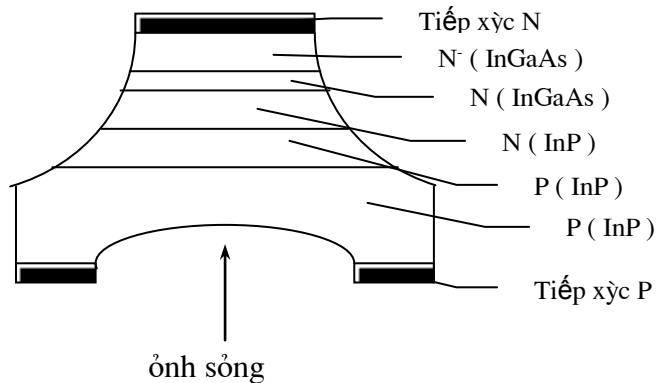
4.3.5 Diode thu quang APD:

Ứng dụng hiệu ứng nhân điện tử trong bán dẫn, người ta chế tạo APD, trong đó P⁺ và N⁻ là hai lớp bán dẫn có nồng độ tạp chất cao còn P⁻ là lớp có nồng độ tạp chất rất thấp (thay thế vị trí lớp I trong PIN).

Dưới tác dụng của nguồn phân cực ngược, sự phân bố cường độ điện trường trong các lớp bán dẫn không đều nhau, điện trường trong vùng tiếp giáp PN⁻ cao nhất, quá trình nhân điện tử xảy ra trong vùng này. Vùng này còn được gọi là vùng " thác lũ".

Khi có ánh sáng chiếu vào, các photon bị hấp thụ trong lớp P⁻ và tạo ra các cặp điện tử - lỗ trống. Lỗ trống di chuyển về phía lớp P⁺ nối với cực âm của nguồn; còn điện tử di chuyển về phía tiếp giáp PN⁻, điện trường cao trong vùng này sẽ tăng tốc cho điện tử. Điện tử va chạm vào các nguyên tử của tinh thể bán dẫn tạo ra các cặp điện tử - lỗ trống mới (gọi là sự ion hoá do va chạm). Các điện tử thứ cấp mới được tạo ra lại có khả

năng gây ra sự ion hoá do va chạm. Quá trình tiếp diễn và số lượng các hạt tải điện tăng lên rất lớn.



Như vậy trong APD dòng quang điện đã được nhân lên M lần với M là số điện tử thứ cấp phát sinh ứng với một điện tử sơ cấp.

Dòng quang điện do APD tạo ra sẽ là:

$$I_{ph} = R.M.P_{opt}$$

R : đáp ứng (A/W)

M : hệ số nhân

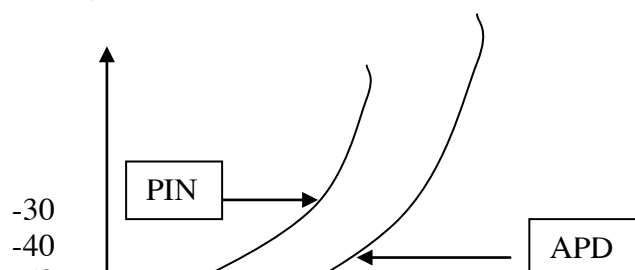
P_{opt} : công suất quang(W)

Hệ số nhân M thay đổi theo điện áp phân cực ngược và cũng phụ thuộc nhiệt độ nên việc giữ cho hệ số nhân M ổn định rất khó khăn.

Ngoài ra, nếu vùng thác lũ càng rộng thì hệ số M cũng càng lớn. Nhưng lúc đó thời gian trôi của điện tử càng chậm nên tốc độ hoạt động của APD giảm.

Giá trị của hệ số nhân M từ 10 ÷ 1000 lần. trên thực tế chỉ chọn điểm phân cực cho APD sao cho M = 50 ÷ 200 lần vì M càng lớn thì dòng nhiễu của APD cũng càng cao.

4.3.6 Đặc tính kỹ thuật của PIN và APD:



* **Độ nhạy**(dBm): APD nhạy hơn PIN. Độ nhạy của APD lớn hơn PIN từ 5 đến 15 dB, tuy nhiên nếu dùng PIN kết hợp với FET thì độ nhạy của PIN-FET gần bằng độ nhạy của APD.

* **Dải động**: Dải động của APD rộng hơn PIN vì có thể điều chỉnh được bằng các thay đổi điện áp phân cực để thay đổi hệ số nhân M.

* **Dòng tối**: Dòng tối của APD lớn hơn so với PIN.

* **Độ ổn định**: Độ ổn định của PIN tốt hơn so với APD vì hệ số nhân M của APD vừa phụ thuộc điện áp phân cực vừa thay đổi theo nhiệt độ.

* **Điện áp phân cực**: APD cần điện áp phân cực ngược cao hơn PIN. Điện áp phân cực của APD có thể lên đến hàng trăm volt trong khi điện áp phân cực cho PIN thường dưới 20 volt.

4.3.7 PIN-FET

Ưu nhược điểm của hai loại tách sóng quang PIN và APD trái ngược nhau không giống như hai loại nguồn quang LED và LASER.

Đặc tính kỹ thuật của LASER tốt hơn LED về nhiều mặt trong khi APD chỉ hơn PIN về độ nhạy và tốc độ làm việc. Các mặt hạn chế của APD là:

Chế độ làm việc kém ổn định nên cần mạch điện phức tạp.

Dòng nhiễu lớn

Điện áp phân cực cao và yêu cầu độ ổn định cao

Giá thành cao

Do những đặc tính kỹ thuật trên mà cả APD và PIN đều tồn tại song song.

Có thể giữ được các ưu điểm của PIN và khắc phục các nhược điểm của nó bằng cách dùng kết hợp PIN với một Transistor trường (FET) trong mạch tiền khuếch đại. Hai linh kiện kết hợp này được gọi là PIN - FET, chúng được sử dụng khá phổ biến trong các hệ thống thông tin quang hiện nay, độ nhạy của PIN - FET có thể so sánh được với APD.

CHƯƠNG V

HÀN NỐI SỢI QUANG

5.1 Tổng quát:

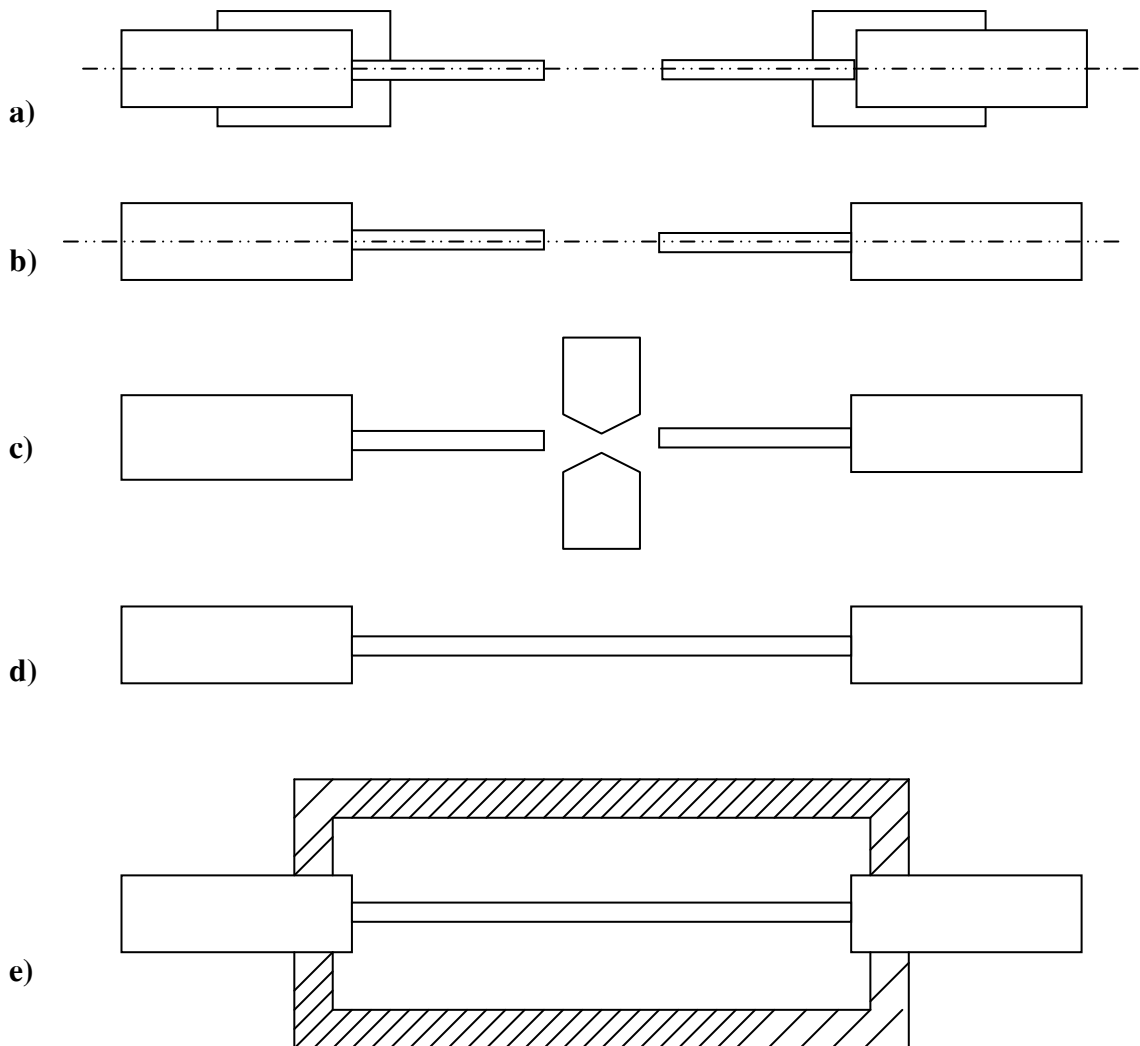
5.1.1. Các yêu cầu của mối nối :

Do những hạn chế về kỹ thuật chế tạo, phương tiện chuyển cũng như trong quá trình lắp đặt và vận hành hệ thống thông tin quang, việc hàn nối giữa các đoạn sợi quang với nhau hoặc giữa các sợi quang với linh kiện thu-phát quang đóng một vai trò quan trọng. Hàn nối tốt cũng làm giảm suy hao đường truyền.

Hàn nối sợi quang gồm những phương pháp sau:

- Dùng keo dính.
- Hàn nối bằng hồ quang.
- Dùng bộ nối tháo rời và bộ nối không tháo rời.

Nhưng phương pháp chính hiện nay là hàn nối bằng hồ quang gồm các bước như sau:



Dùng hoá chất để tẩy và tách sạch lớp vỏ bảo vệ của hai sợi quang cần nối kẹp hai đầu lên bộ giá đỡ .

Điều chỉnh cho hai đầu sợi gần nhau (bằng 10% đường kính lõi sợi).

Đóng mạch tia lửa điện. Quá trình này xảy ra tự động thời gian phóng điện được tính toán sao cho phù hợp với từng loại sợi và kích thước của sợi. Nối song nếu khuyết tật phải cho hàn lại.

Gia cố cơ học để bảo vệ mối nối.

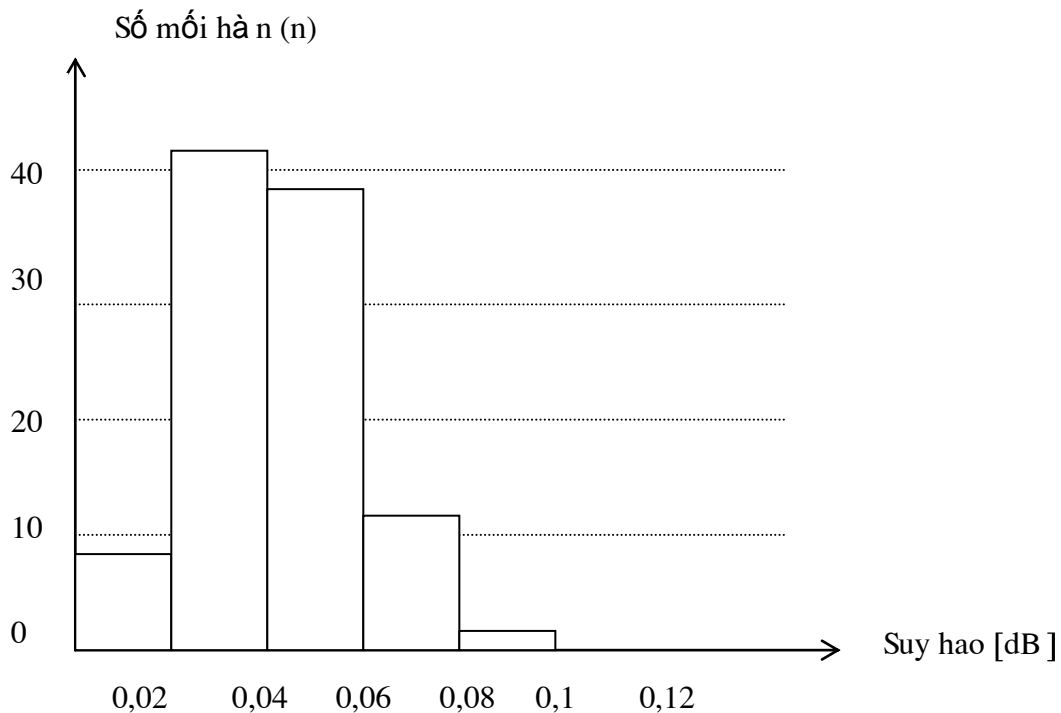
Ngày nay các máy hàn đã được thiết kế hiện đại, việc hàn nối đã được máy hàn tự động làm hết các khâu quan trọng. Con người chỉ thực hiện các động tác đơn giản như: tách sợi, tẩy bỏ lớp bảo vệ, bọc mối nối, hàn nối vỏ gia công chịu lực bảo vệ các tại mối nối. Do đó tiêu hao mỗi hàn nối rất thấp.

Máy hàn cũ sản xuất năm 1992 tiêu hao tại mỗi hàn: $\alpha = 0,2 \div 0,6$ dB.

Máy mới sản xuất năm 1995: $\alpha_{trungbinh} = 0,038dB$

Trong thực tế thường chấp nhận $\alpha = 0,1dB$.

Sau đây là một ví dụ suy hao do mỗi hàn của máy Furukawa-S5147S của Nhật



Số mỗi hàn: $n = 100$

Suy hao trung bình: $AVG = 0,038$

Suy hao trên một mối hàn $\alpha = 0,021$

CHƯƠNG VI

HỆ THỐNG THÔNG TIN QUANG

6.1. Khái niệm:

Một hệ thống thông tin quang .

- Linh kiện phát quang ở phần phát.
- Cáp quang .
- Các bộ nối.
- Các thiết bị tiếp vận và các thiết bị ghép kênh.
- Chỗ hàn nối.
- Linh kiện thu quang ở phần thu.

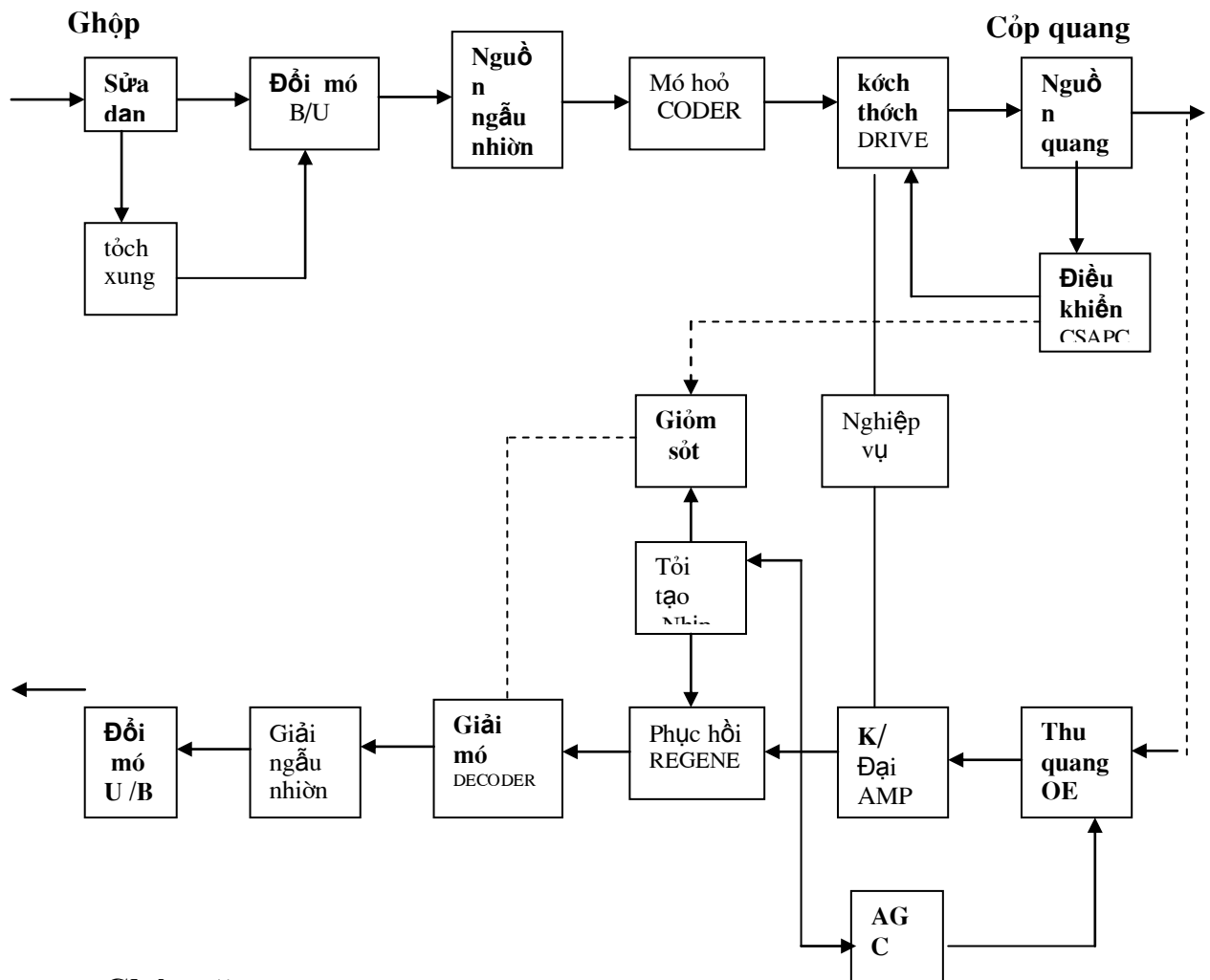
Các hệ thống đang được sử dụng hiện nay thuộc loại điều chế và tách sóng quang trực tiếp , không thông qua một giai đoạn biến đổi tần số quang nào . Và điều truyền tín hiệu số (Digital) Xây dựng từ tín hiệu điều xung mà PCM qua các bước ghép kênh số cấp cao để tận dụng khả năng truyền dẫn băng rộng của sợi quang.

Để mở rộng dải thông tin truyền dẫn và kéo dài cự ly tiếp vận các phần tử sau được chọn.

- Sợi quang : Loại sợi đơn mode SM hoạt động ở bước sóng 1300nm hoặc 1550 nm .
- Nguồn quang : Sử dụng Laser đơn mode .
- Tách sóng quang: Sử dụng diode quang APD hoặc PIN-FET.

6.2. Cấu trúc hệ thống.

6.2.1 Sơ đồ tuyến :



Chức năng :

Hướng phát : Tiếp nhận tín hiệu từ thiết bị ghép kênh đưa đến , đổi tín hiệu điện sang dạng mã thích hợp với đường dây quang và cho tín hiệu điện kích thích luồng quang phát ra tín hiệu quang.

Hướng thu : Tín hiệu quang được chuyển thành tín hiệu điện . Sau khi được khuếch đại , phục hồi , tín hiệu điện được chuyển sang dạng mã thích hợp với thiết bị ghép kênh.

6.2.2 Hướng phát :

- Sử dụng: Từ đầu vào (ghép kênh) có một chuỗi xung tín hiệu điện đưa đến. Đi qua bộ xử lý xung , san bằng sau khi đã được khuếch đại . Đồng thời được đồng bộ (xác định xung dock).
- Biến đổi mã : B / U (Bipolar Unipolar).

Mã truyền dẫn của tín hiệu điện thường là mã nhị cực có 3 trạng thái +v, 0,-v . Không phù hợp với đường truyền dẫn quang. Là loại chỉ truyền hai trạng thái sáng và

tối . Do đó khối đổi mã chuyển tín hiệu ở mã nhị cực sang mã đơn cực . Mã nhị cực thường dùng là mã HDB3 còn mã đơn cực thường dùng là mã NRZ.

- Ngẫu nhiên hoá : (SCR : Scrambler) Có tác dụng chộn chuỗi xung một cách ngẫu nhiên theo một quy luật nhất định để tránh sự lặp lại một chuỗi dài các bit giống nhau . Sự tráo trộn này nhằm làm cho sự phân bố của tín hiệu cần truyền đồng đều hơn.
- Mã hoá : Lại một lần nữa chuỗi xung được đổi sang dạng mã thích hợp hơn với đường truyền dẫn quang. Loại mã này tác dụng tránh tình trạng xuất hiện các nhóm bit “1” hoặc “0” liên tiếp đầu thu không nhận được , chứa một số nhóm bit để phát hiện lỗi .Loại mã thường dùng là mã 5B. 6B. Mỗi nhóm 5bit đổi thành 6bit.
- 5B : gồm 32 nhóm tổ hợp .
 00000
 00001

 11111
6B : Gồm 64 tổ hợp.
 000000
 000001

 111111

Trong 64 hàng của mã 6B người ta chọn lấy 32 hàng không chứa 5 số 0 liên tiếp và 5 số 1 liên tiếp . Do đó 32 trường hợp 5B cho tương ứng với 32 hàng của 6B được chọn .

Số bit 5B đổi thành 6B tăng thêm 20% .Tức là tốc độ bit tăng lên 6/5 lần khi dùng mã 5B6B.

Nếu truyền tốc độ 34Mb/s , thì tốc độ trên đường dây quang là 42Mb/s , 140 Mb/s trở thành 168 Mb/s. Người ta có thể dùng 32 tổ hợp thừa để phát hiện lỗi.

- Mạch kích thích : Tổng hợp dòng điện phân cực và chuyển xung tín hiệu để kích thích nguồn quang. Chuyển từ $U_{xung} \rightarrow I_{xung}$.
- Nguồn quang : Linh kiện thường là laser. Công suất phát laser luôn được mạch điều khiển công suất APC , thăm dò để điều chỉnh dòng phân cực nhằm giữ cho công suất quang được ổn định .

6.2.3 Hướng thu:

- Mạch thu quang : Biến đổi tín hiệu quang sang tín hiệu điện sử dụng diode thu quang có thể là PIN hoặc APD. Trong đó có mạch tiền khuếch đại.
- Khối khuếch đại : Tín hiệu thu, điều chỉnh được độ khuếch đại để giữ mức tín hiệu ra đồng đều khi tín hiệu vào thay đổi . Mạch điều chỉnh khuếch đại AGC làm nhiệm vụ này.

- Mạch phục hồi : Qua đường truyền ngoài việc biên độ tín hiệu bị suy giảm do suy hao sợi quang , dạng tín hiệu còn bị méo do tán sắc của sợi quang, mạch phục hồi có tác dụng khôi phục lại dạng xung và định lại thời gian nhịp của quang.
- Giải mã : Chuyển từ 6B sang 5B theo quy tắc mã hoá ở đầu phát và phát hiện cảnh báo trong bộ giám sát .
- Giải ngẫu nhiên : Trộn tín hiệu theo quy luật ngược lại quá trình ngẫu nhiên hoá ở đầu phát .
- Đổi mã : Chuyển từ mã đơn cực sang mã nhị cực sau đó truyền đến thiết bị ghép kênh.
- Tín hiệu nghiệp vụ : Được chuyển dạng số , đưa vào mạch kích thích để điều chế biên độ tín hiệu quang của luồng tín hiệu chính . Ở hướng thu tín hiệu nghiệp vụ được tách ra từ khối khuếch đại.

6.2.4 Thiết bị ghép kênh:

Thiết bị ghép kênh trong hệ thống thông tin quang hiện nay là thiết bị ghép kênh số. Tín hiệu điện được biến đổi thành tín hiệu điều chế xung mã (PCM) và ghép kênh trên nguyên tắc phân kênh thời gian(TDM).

Các tiêu chuẩn PCM được dùng hiện nay: Tiêu chuẩn Châu Âu: (REPT) tốc độ luồng số tín hiệu cơ bản là 2,048Mh/s gồm 30 kênh tốc độ mỗi kênh là 64 kB/s.

Tiêu chuẩn Bắc Mỹ và Nhật Bản: Tốc độ luồng cơ bản là 1,54 Mh/s gồm 24 kênh tốc độ , mỗi kênh tốc độ là 64 kB/s.

THỨ BẬC GHÉP CỦA CÁC TIÊU CHUẨN TRÊN CŨNG KHÁC NHAU.

Tiêu chuẩn	Đặc trưng	CẤP BẬC				
		CẤP 1	CẤP 2	CẤP 3	CẤP 4	CẤP 5
Châu Âu	Tốc độ bit	2,048	8,448	34,368	139,264	564,992
	Hệ số nhân	—	4	4	4	4
	Số kênh thoại	30	120	480	1920	7680
Bắc Mỹ	Tốc độ bit	1,544	6,312	44,736	274,176	565
	Hệ số nhân	—	4	7	6	2
	Số kênh thoại	24	96	672	4032	8064
Nhật bản	Tốc độ bit	1,544	6,312	32,728	97,728	397,2
	Hệ số nhân	—	4	5	3	4
	Số kênh thoại	24	96	480	1440	5760

Ở Việt Nam xây dựng hệ thống ghép kênh theo tiêu chuẩn Châu Âu. Một kênh thoại tiêu chuẩn có phổ giới hạn $0,3 \div 3,4$ Khz. Được chuyển sang dạng số có tốc độ 64 Khz . Một kênh truyền thanh được truyền với tốc độ 384 kb/s tương đương 6 kênh thoại.

6.2.5 Thiết bị tiếp vận:

Khác với thiết bị trạm đầu cuối, thiết bị trạm tiếp vận giao tiếp với đường dây quang ở cả hai phía. Trong thiết bị tiếp vận không có các khối mã B/U ngẫu nhiên hoá mà hoá các bộ biến đổi ngược lại. Vì mạng mã trên đường dây quang được giữ nguyên chức năng của các khối còn lại tương tự chức năng của các khối tương ứng trong thiết bị trạm đầu cuối.

6.3 . Mã trong hệ thống thông tin quang.

Chuỗi tín hiệu điện PCM có dạng phù hợp trong môi trường truyền dẫn điện. Thông dụng hiện nay thường là mã HDB-3 là mã nhị phân mật độ cao có cực đại 3 số “0” liên tiếp và có trạng thái -1, 0, +1. Mã này không thể truyền trên sợi quang, do tín hiệu quang chỉ có hai trạng thái sáng và tối. Để phù hợp với trạng thái sáng, tối thì không dùng đơn cực mà dùng là mã NRZ. Người ta thường thực hiện đổi mã theo xu hướng sau.

- Đối với hệ thống có dung lượng nhỏ, tốc độ 2 hoặc 8 Mb/s, thì áp dụng phương pháp đổi mã đơn giản có thể bằng tần truyền dẫn bị rộng ra nhưng cũng chưa ảnh hưởng, thường dùng là mã 1B/2B tức là truyền 1bit thành 2bit (01 hoặc 10).
- Đối với hệ thống có dung lượng lớn, tốc độ bit từ 34 Mb/s trở lên thì cần thực hiện đổi mã phức tạp tránh làm tăng độ rộng băng truyền. Một phương pháp đơn giản là đổi mã HDB-3 sang mã đảo cực CMI, quy tắc là một dấu hiệu HDB-3 được đổi thành một dấu hiệu CIM sau:

Dấu hiệu nhị phân	0	1
Dấu hiệu mã HDB-3	0	+1 hoặc -1
Dấu hiệu mã CMI	01	11 hoặc 00

Mã CMI là mã NRZ (Nhị phân đơn cực Not Return to Zero) không trở về mức không. Bit 0 được ký hiệu 01 bit một ký hiệu bằng 11 hoặc 00 trong khoảng khe thời gian.

Bộ ngẫu nhiên hoá : SCN đã làm xáo trộn chuỗi tín hiệu để tránh xuất hiện chuỗi “0” “1” không làm tăng độ rộng băng truyền dẫn. Song không loại trừ hết các chuỗi “0” “1” do tính ngẫu nhiên của nó. Do vậy phải sử dụng thêm hệ mã hoá để biến đổi lại một lần nữa. Hiện nay nhiều hệ thống đang sử dụng loại mã khối 5B6B để làm tăng tốc độ truyền do số bit tăng lên sau khi được mã hoá mà không làm tăng lên nhiều độ rộng băng truyền dẫn.

Sau đây là bảng đổi mã 5B6B của Marconi:

Từ mã 5B	+ 6B	-
00000	110010+	110010-
00001	110011-	100001+

00010	110110-	100010+
00011	100011+	100011-
00100	110101-	100100+
00101	100101+	100101-
00110	100110+	100110-
00111	100111-	000111-
01000	101011-	101000+
01001	101001+	101001-
01010	101010+	101010-
01011	001011+	001011-
01100	101100+	101100-
01101	101101-	000101+
01110	101110-	000110+
01111	001110+	001110-
10000	110001+	110001-
10001	111001-	010001+
10010	111010-	010010+
10011	010011+	010011-
10100	110100+	110100-
10101	010101+	010101-
10110	010110+	010110-
10111	010111-	010100+
11000	111000+	011000+
11001	011001+	011001-
11010	011010+	011010-
11011	011011-	001010+
11100	011100+	011100-
11101	011101-	001001+
11110	011110-	001100+
11111	001101+	001101-

Bảng gồm cột 5B và hai cột 6B. Các tổ hợp 6 bit được dùng có số bit ‘1’ và ‘0’ chênh lệch không quá 2 bao gồm tổ hợp chứa 3 bit ‘0’ và 3 bit ‘1’ hoặc 4 bit ‘0’ và 2 bit ‘1’ hoặc 2 bit ‘0’ và 4 bit ‘1’. Khi độ chênh lệch bằng hai nhóm bit kế tiếp được tra ở cột khác.

PHẦN II

CÔNG NGHỆ SDH

CHƯƠNG I

GIỚI THIỆU VỀ KỸ THUẬT SDH.

1. CÁC YÊU CẦU PHÁT TRIỂN CỦA MẠNGSDH.

Song song bên cạnh các dịch vụ về thoại, ngày nay người ta phát triển thêm nhiều dịch vụ mới quan trọng như là telefax, truyền dẫn data, truyền dẫn video...trong đó chất lượng và khả năng đáp ứng các yêu cầu đó về băng tần hoặc các giao tiếp tương thích ... luôn luôn đóng một vai trò quan trọng hàng đầu .

Để thoả mãn các yêu cầu trên, ngành viễn thông phải có những thay đổi cần thiết để đáp ứng kịp thời .

Thời gian thiết lập luồng truyền dẫn ngắn dung lượng thoả mãn theo mọi yêu cầu.

Tăng cường khả năng sẵn sàng phục vụ cho các mạng viễn thông .

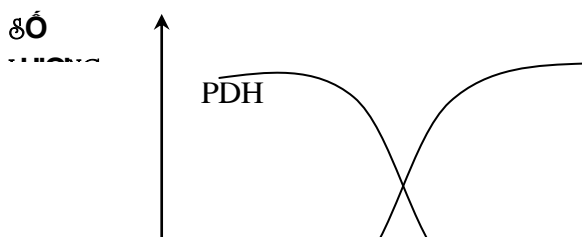
Giá thành thiết lập mạng viễn thông thấp, chi phí dành cho các khoản khai thác,, bảo trì, bảo dưỡng ...phải giảm.

Có khả năng quốc tế hoá dịch vụ.

2. KHÁI NIỆM VỀ SDH : (Synchoronous Digital Hierachy).

Các hệ thống PDH phát triển không đáp ứng được nhu cầu trên do đó phải có một hệ thống truyền dẫn mới trên thế giới. Kỹ thuật SDH ra đời tạo ra một cuộc cách mạng trong ngành viễn thông, thể hiện một kỹ thuật tiên tiến có thể đáp ứng rộng rãi các yêu cầu của các thuê bao, người khai thác cũng như các nhà sản xuất... thoả mãn các yêu cầu đòi hỏi đặt ra cho ngành viễn thông, khắc phục các nhược điểm của thế hệ PDH mà chúng ta đang sử dụng hiện nay.

Trong tương lai thế hệ đồng bộ SDH sẽ ngày càng phát triển mạnh nhờ các ưu điểm vượt trội hơn so với PDH và một điểm quan trọng là SDH có khả năng kết hợp với PDH trong mạng lưới hiện tại, nó cho phép thực hiện việc hiện đại hoá mạng lưới dần dần theo từng giai đoạn phát triển.



HÌNH 1.1: SỰ PHÁT TRIỂN CỦA

Các tiêu chuẩn của SDH được bắt đầu từ năm 1985 tại Mỹ. Bắt đầu là các nỗ lực để tạo ra một mạng giao tiếp quang có thể hoạt động được với tất cả các hệ thống truyền dẫn khác nhau của các sản phẩm khác nhau (*theo tiêu chuẩn của Châu Âu & Châu Mỹ*). Dần dần sau đó các tiêu chuẩn này được mở rộng dần lên để có thể sử lý cho mạng hiện tại và cả cho các loại tín hiệu trong tương lai cũng như cho cả phương tiện vận hành và bảo dưỡng.

Năm 1985 công ty Bellcore là công ty con của công ty Bell tại Mỹ đã đề xuất một kỹ thuật truyền dẫn mới nhằm khắc phục những nhược điểm của hệ thống cận đồng bộ PDH và được đặt tên là SONET (Synchronous Optical Network) mạng quang đồng bộ dựa trên nguyên lý ghép đồng bộ và tất cả các tín hiệu đồng bộ được ghép đồng bộ với nhau, trong đó cáp quang được sử dụng làm môi trường truyền dẫn. Sau đó các tiêu chuẩn về giao tiếp thiết bị cũng được nghiên cứu để có thể kết nối các thiết bị với nhau với những tiêu chuẩn khác nhau mà không gây trở ngại. Khi ứng dụng kỹ thuật mới này vào mạng lưới hiện hữu. Để đáp ứng các tiêu chuẩn đó người ta phải chú ý đến sự tiêu chuẩn hoá các tín hiệu bảo dưỡng, giám sát, chuyển mạch bảo vệ và cả vấn đề quản lý mạng lưới của các loại thiết bị khác nhau đó.

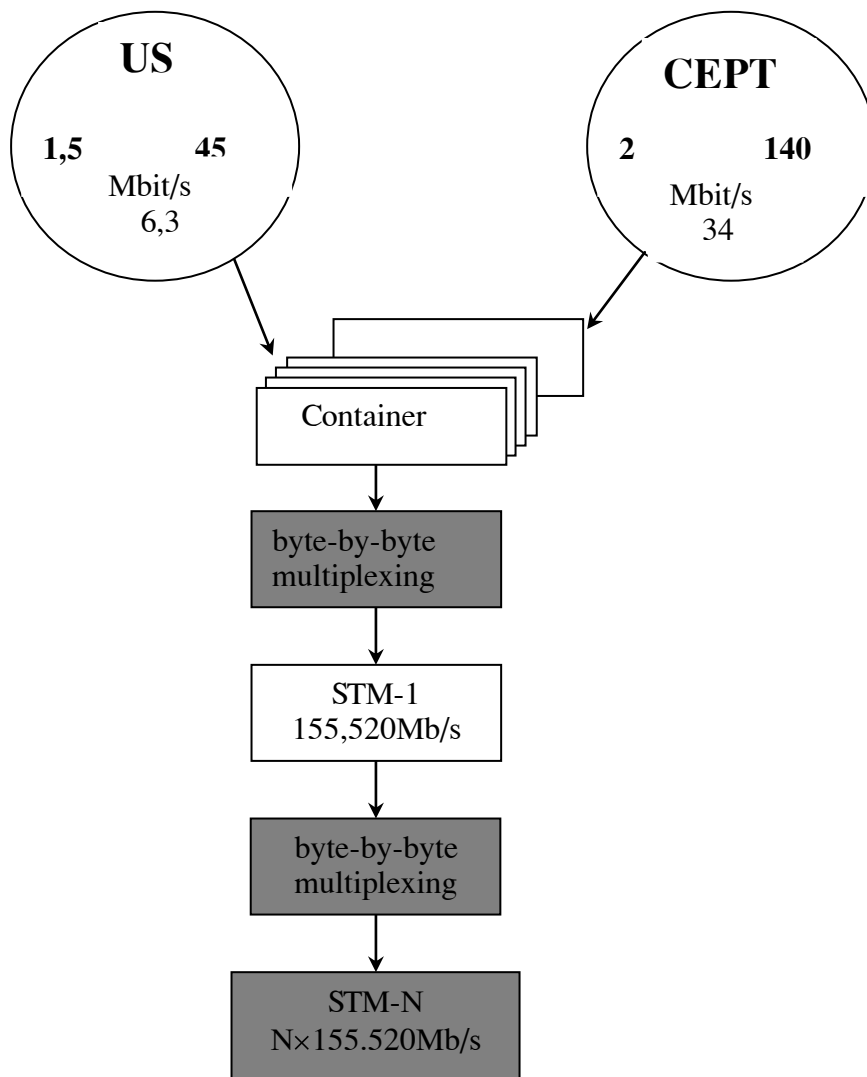
Năm 1988 một tiêu chuẩn quốc gia của Mỹ đã được thông qua đồng thời với SONET cũng đã gây được sự chú ý và cũng được phát triển tại Châu Âu bởi các nhà sản xuất dựa trên một tiêu chuẩn riêng để phù hợp với các mạng PDH theo tiêu chuẩn Châu Âu đang hiện hành. CCITT đã đề xuất các tiêu chuẩn của hệ thống SDH.

SDH được xây dựng để tạo ra một mạng tiêu chuẩn quốc tế, nó cho phép tiếp nhận được tất cả các tín hiệu PDH trước đây.

Tiêu chuẩn phân cấp số đồng bộ SDH xây dựng theo các tiêu chuẩn do ITU-T đề xuất dựa trên cơ sở một hệ thống các khuyến nghị sau:

- G.707 Các mức phân cấp số đồng bộ

- G.708 Giao diện tại nút mạng cho phân cấp số đồng bộ .
- G.709 Cấu trúc ghép kênh SDH.
- G.780 Các định nghĩa và thuật ngữ trong lý thuyết SDH.
- G.781 Cấu trúc của các khuyến nghị đối với thiết bị ghép kênh SDH.
- G.782 Các loại và các đặc tính chung của thiết bị ghép kênh SDH.
- G.783 Các đặc tính của các khối chức năng thiết bị ghép kênh SDH.
- G.784 Quản lý SDH.
- G.957 Giao diện quang cho các thiết bị và các hệ thống liên quan đến SDH.
- G.958 Các hệ thống truyền dẫn SDH sử dụng cáp sợi quang.



Hỡnh 1.2: Khỏỉ niệmm SDH

3. CÁC ĐẶC TÍNH CỦA PDH & SDH:

3-1. Nhược điểmm của hệ thống PDH:

- Mạng PDH chủ yếu đáp ứng các dịch vụ điện thoại, đối với các dịch vụ mới như: mạng ISDN, truyền data, dịch vụ điện thoại truyền hình... thì mạng PDH khó có thể đáp ứng được.

- Mạng PDH không linh hoạt trong việc kết nối các luồng liên tục. Khi có nhu cầu rút luồng từ một luồng có dung lượng lớn thì phải qua các cấp độ trung gian để hạ tốc độ từ cao xuống thấp tương ứng, cũng như việc ghép luồng cũng phải trải qua đầy đủ các cấp từ tốc độ thấp lên tốc độ cao. Điều này rõ ràng thể hiện tính không mềm dẻo, không thuận tiện cho việc kết nối, cần phải có đủ các cấp thiết bị để giải ghép luồng do đó không tiết kiệm và khó thực hiện đồng thời đòi hỏi nhiều thiết bị phức tạp.

- Các thông tin về bảo trì không được liên kết trên toàn tuyến thông tin mà chỉ đối với từng đoạn truyền dẫn riêng lẻ. Thủ tục bảo trì cho toàn tuyến phức tạp.

- Chưa có tiêu chuẩn chung cho thiết bị đường dây, các nhà sản xuất chỉ có tiêu chuẩn đặc trưng riêng cho từng thiết bị riêng của họ.

- Có nhiều thiết bị ghép luồng. Một luồng 2Mb/s có thể sẽ đi qua nhiều hướng khác nhau trước khi đi đến đích do đó vấn đề quản lý luồng tại mỗi trạm phải đồng bộ và chặt chẽ. Trong thực tế nhiều khi sinh ra lỗi lầm trong quản lý hoặc đấu nối không chỉ ảnh hưởng đến luồng đang kết nối mà có thể gây ra mất liên lạc cho những luồng đang khai thác.

Hệ thống PDH thiếu các phương tiện giám sát, đo thử từ xa mà chỉ tiến hành ngay tại chỗ.

3-2. Đặc điểm của SDH .

3-2-1. Ưu điểm của SDH.

Trong PDH việc ghép kênh được tiến hành tại mỗi cấp, quá trình ghép phải qua lần lượt các mức trung gian từ 2 á 140 Mb/s. Việc truy nhập trực tiếp tới một luồng 2Mb/s trong một luồng 140 Mb/s là không thể thực hiện được chẳng hạn như khi cần nối chéo các luồng 2Mb/s thì phải thực hiện hạ kênh từ luồng 140 Mb/s qua nhiều cấp xuống đến 2Mb/s rồi mới dùng cáp nhảy để nối chéo. Mạng lưới này rất cồng kềnh phức tạp và không linh hoạt đồng thời chi phí vận hành rất lớn do đòi hỏi nhiều sức lao động trong các khâu lắp đặt chuyển cấp...

Đối với SDH thì ưu điểm nổi bật là đơn giản hoá mạng lưới, linh hoạt trong sử dụng khai thác. Khác với PDH, trong mạng SDH quá trình ghép kênh chỉ thực hiện qua một giai đoạn, do đó việc tách một kênh 2 Mb/s trong một luồng tốc độ cao là đơn giản. Hơn nữa, việc sử dụng phần mềm trong quản lý bảo dưỡng luồng 2Mb/s đã làm cho việc đấu chéo các luồng số 2Mb/s trở nên thực sự đơn giản và nhanh chóng. Chính vì thế việc vận hành và quản lý mạng lưới đơn giản hơn nhiều so với cùng công việc này ở mạng PDH.

- Trong SDH tốc độ bit lớn hơn 140 Mb/s lần đầu tiên được tiêu chuẩn hoá trên phạm vi toàn thế giới.

- Mã truyền dẫn của tín hiệu quang được tiêu chuẩn hoá tương thích với các thiết bị của các nhà sản xuất.

- Có cấu trúc khối: Tốc độ bit và cấu trúc khung của cấp cao hơn được tạo thành từ tốc độ bit và cấu trúc khung của luồng cơ bản cấp thấp hơn do đó việc tách ghép luồng thông tin dễ dàng.

- Có các kênh riêng cho giám sát, quản lý, đo thử hoặc điều khiển trong phân mạng quản lý.

- Tất cả các tín hiệu PDH có tốc độ thấp hơn 140 Mb/s đều có thể ghép được vào cấp SDH thấp nhất là STM-1 có tốc độ 155Mb/s.

3-2-2. Nhược điểm của hệ thống SDH:

- Kỹ thuật phức tạp hơn do phải ghi lại sự tương quan về phase giữa các tín hiệu luồng và overhead.

- Việc nhồi byte-byte tăng độ jitter hơn kiểu bit-bit của PDH.

- Đồng hồ phải cung cấp từ ngoài.

- Truyền dư thừa và thiếu mức 8Mb/s.

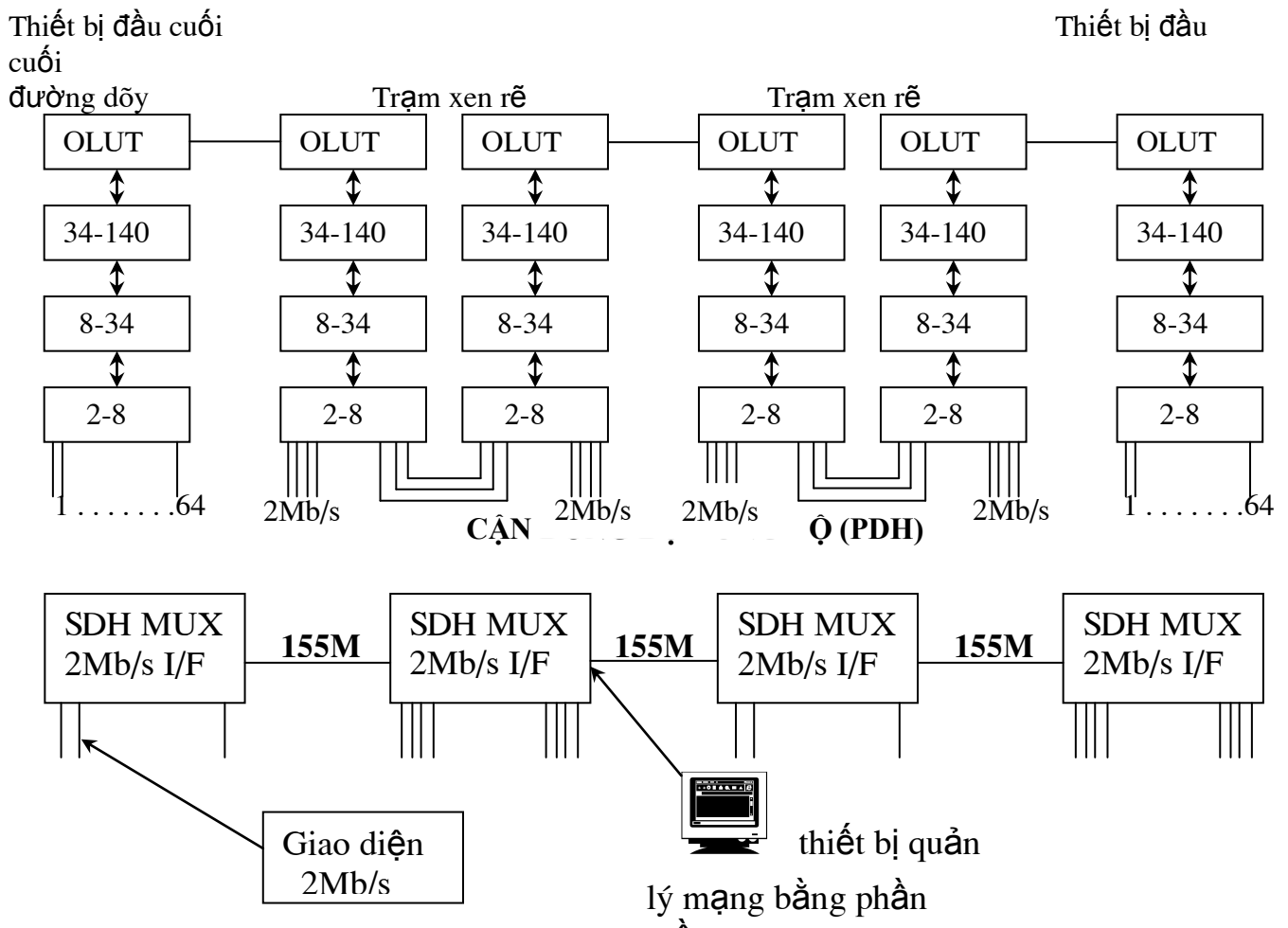
- Ta có thể tóm tắt sự tương quan khác nhau giữa kỹ thuật PDH & SDH như sau:

PDH	SDH
Bộ dao động nội dao động tự do	Dao động nội được đồng bộ với đồng hồ ngoài
Ghép kênh không đồng bộ	Ghép kênh đồng bộ
Cấu trúc khung đặc trưng	Cấu trúc khung đồng nhất
Ghép luồng theo nguyên lý ghép xen bit	Ghép luồng theo nguyên lý xen byte
Truy nhập luồng riêng lẻ sau khi sau khi giải ghép đến cấp tương đương	Truy nhập trực tiếp tới luồng tốc độ cao hơn

4. PHÂN CẤP HỆ THỐNG SDH

Ngày nay có ba cấp của tín hiệu SDH được định nghĩa. Cấp và mức bit được chỉ ra trong bảng sau:

MỨC SDH	TỐC ĐỘ BIT
STM-1	155,52 Mb/s
STM-4	622,08 Mb/s
STM-16	2488,32 Mb/s



SDH Đơn giản hoá mạng lưới CAU TRUC GHEP KENH

1. Cấu trúc ghép kênh cơ bản:

STM (Synchronous Transport Module)- Modul truyền đồng bộ.

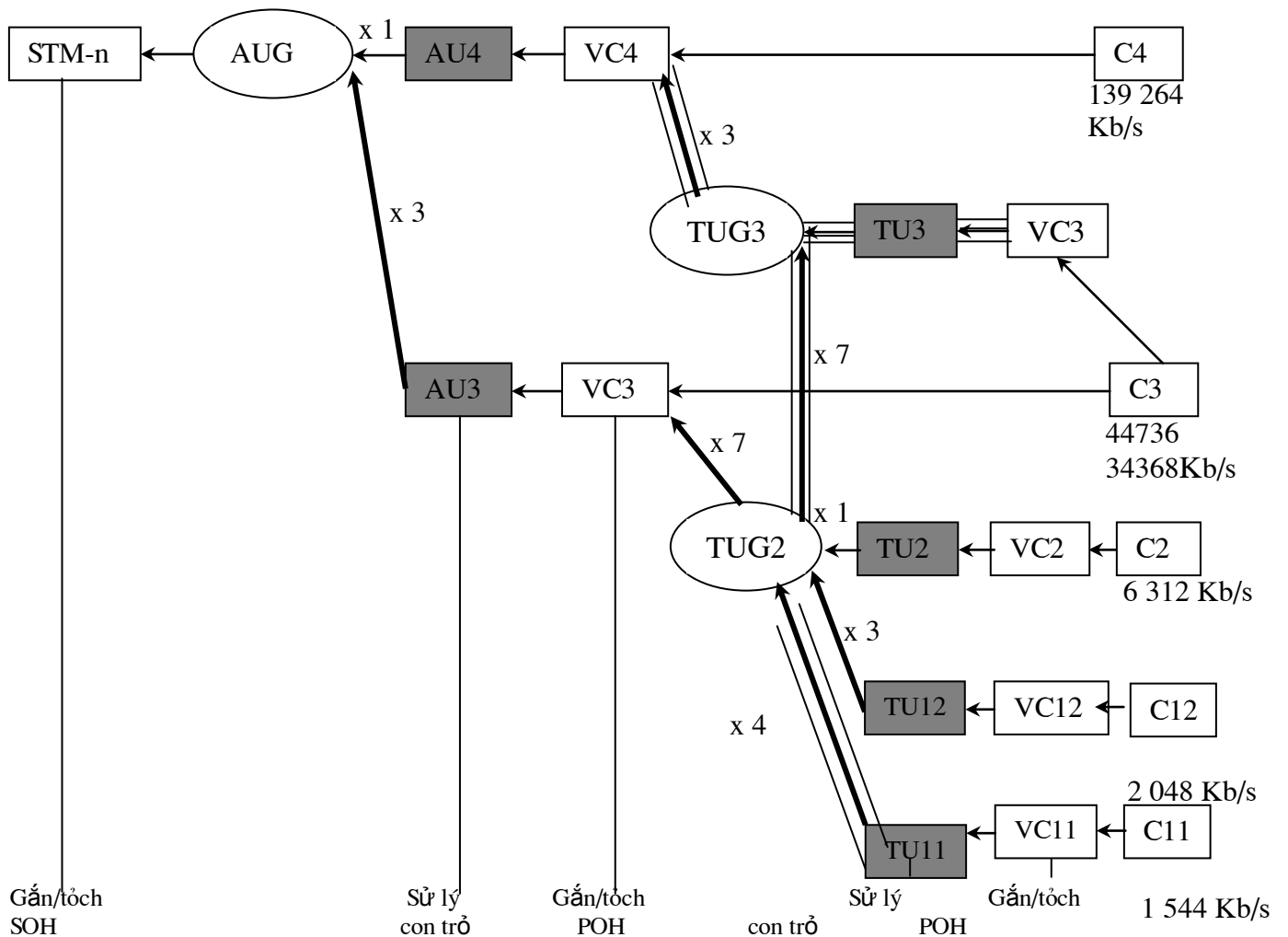
Các cấp STM-n được ghép từ STM-1

Các tín hiệu PDH có thể được ghép vào SDH và được truyền dẫn thông qua hệ thống này, điều này giải thích tại sao CCITT đề xuất ra STM-1 vì tất cả các tín hiệu PDH 1,5 Mb/s đến 140 Mb/s có thể ghép vào trở thành tín hiệu SDH theo kiến nghị G.707

Trong đó :

- C_n : Container (cấp n)
- VC_n : Virtual Container (cấp n)
- TU_n : Tributary Unit
- đường
- TUG_n : Tributary Unit Group
- AU : Administrative Unit
- AUG : Administrative Unit Group
- POH : Path OverHead
- SOH : Section OverHead

- Đơn vị chứa thông tin
- Container ảo cấp n
- Đơn vị luồng cấp n, sử dụng con trỏ khi nhân 3
- Nhóm đơn vị luồng
- Đơn vị quản lý
- Nhóm đơn vị quản lý
- Thông tin giám sát, từ mào đầu của đoạn thông tin quản lý, từ mào đầu của đường



Gắn/tách SOH

Sử lý con trỏ

Gắn/tách POH

Sử lý con trỏ

Sử lý POH

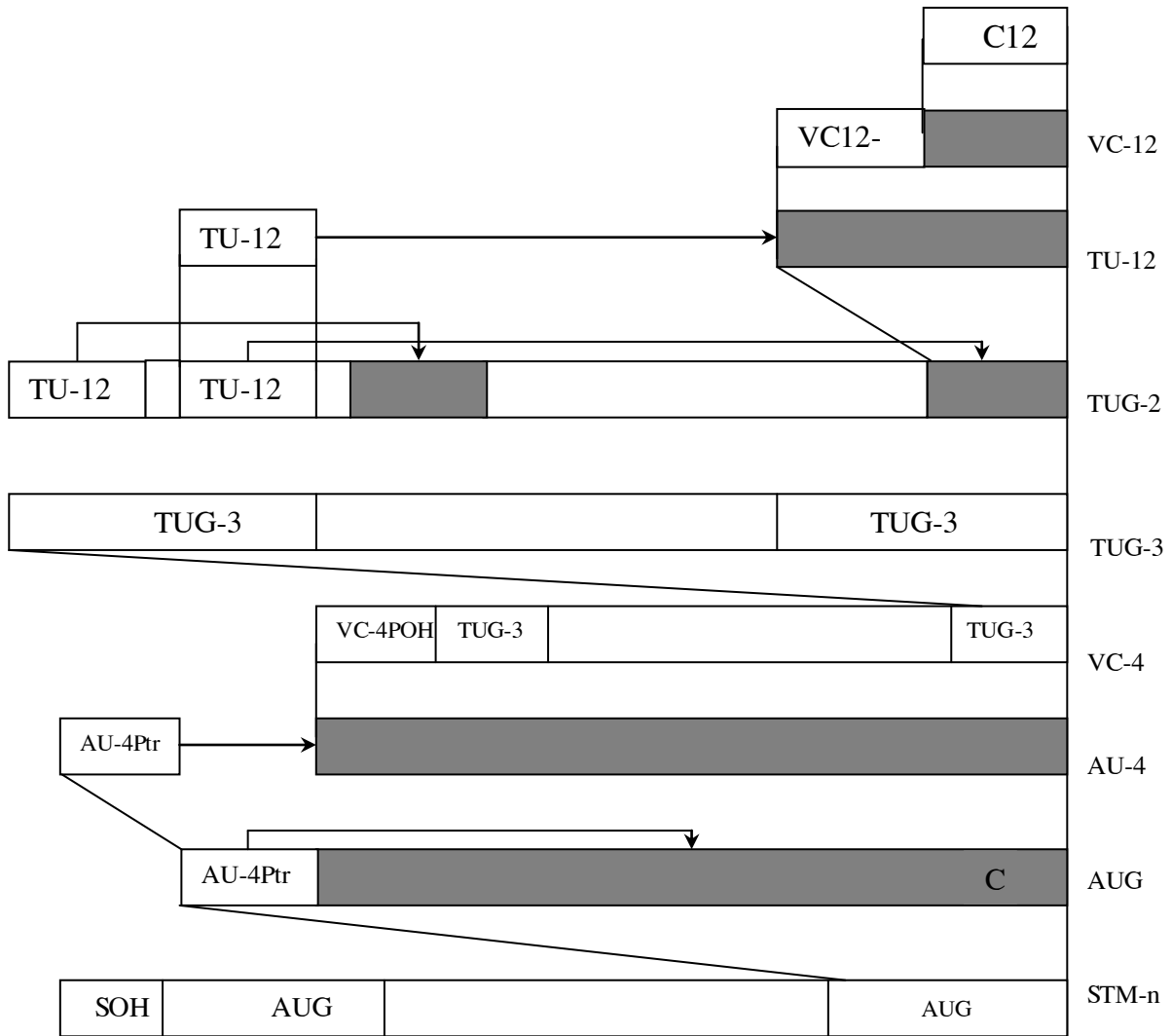
Gắn/tách

1 544 Kb/s

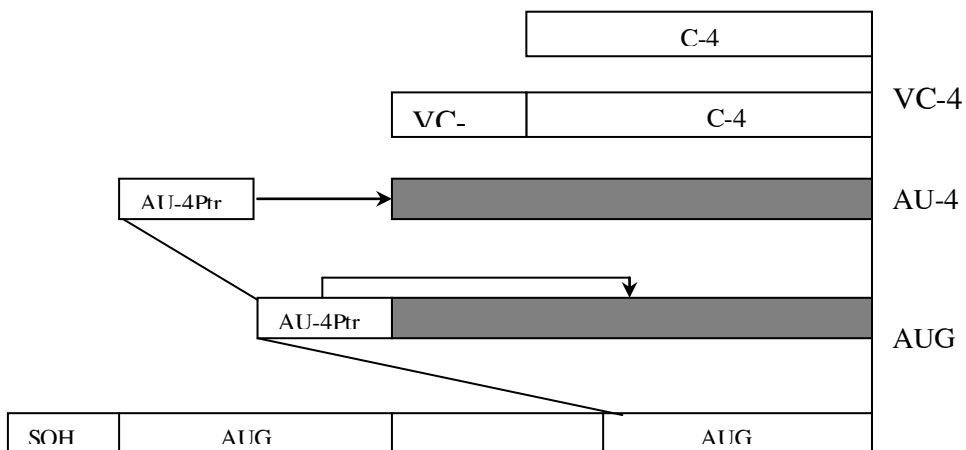
- ← Ghép kênh
- ← Sắp xếp, hiệu chỉnh

- Sử lý con trỏ
- ⇌ Lựa chọn của ETSI

Ghép kênh SDH



Sơ đồ ghép kênh từ C-12 qua AU-4



Sơ đồ ghép kênh từ C-4 qua AU-4

2. Cấu trúc các khối:

2.1. Container C:

Là đơn vị truyền dẫn nhỏ nhất trong khung truyền dẫn, là nơi ta bố trí vào đó các luồng tín hiệu truyền dẫn cấp thấp nhất như là các luồng PDH, luồnghình, luồngh số liệu.

Có các loại Container được sử dụng để tương thích với các tốc độ truyền dẫn khác nhau cho hai hệ SONET và SDH.

KÍ HIỆU	TÍ N HIỆU ĐƯỜNGTRUYỀN Mb/s
C-11	1,544
C-12	2,048
C-2	6,312
C-3	44,736 & 34,368
C-4	139,264

Bảng 2.1: Các loại container

Các dữ liệu được ghép vào container theo nguyên lý ghép theo bit hoặc theo byte. Đối với tín hiệu cận đồng bộ tín hiệu container gồm có:

- Các luồng dữ liệu (*như là tín hiệu PDH*)
- Các bit hoặc byte nhồi cố định trong khung không mang nội dung thông tin mà chỉ sử dụng để tương thích tốc độ bit của tín hiệu PDH được ghép với tốc độ bit của container cấp cao hơn.
- Ngoài ra còn có các byte nhồi không cố định để đạt được sự đồng chỉnh một cách chính xác. Khi cần thiết các byte nhồi này có thể được sử dụng vào các byte dữ liệu (*Data Byte*). Trong trường hợp này trong khung còn có bit điều khiển nhồi để thông báo cho đầu thu biết cả byte nhồi không cố định này có thể là byte dữ liệu hoặc là byte nhồi thuần túy.

Tùy theo kích thước của luồng Data đầu vào mà ta gán cho nó container C tương ứng phù hợp

2.2. Container ảo VC (*Virtual Container*).

Một VC là sự kết hợp của container C với POH ($VC = C + POH$) để tạo thành một khung hoàn chỉnh truyền đến đầu thu. Chức năng của POH là mang thông tin hỗ trợ, giám sát và bảo trì đường truyền đồng thời thông báo vị trí mà container sẽ được chuyển

đến. Trong VC thì POH được gắn ở đầu khung và tại đầu thu sẽ được dịch ra trước khi container được giải mã.

VC cũng có tùy loại tương ứng với kích thước của container C. Một VC có thể được truyền riêng rẽ trong một khung STM-1 hoặc là truyền xen kẽ nhau trong một

VC lớn hơn rồi mới được truyền tới STM-1. Ta có thể phân biệt hai cấp VC tùy theo container C như sau:

- Tất cả container khi được ghép trong một container lớn hơn thì được gọi là container cấp thấp LOC (*Low Order Container*) tương ứng với container ảo cấp thấp LOVC (*Low Order Virtual Container*) đó là VC-11, VC-12, VC-2 & VC-3.

- Tất cả các container được truyền trực tiếp trong khung STM-1 thì được gọi là container cấp cao HOC (*Hight Order Container*) tương ứng ta có container ảo cấp cao HOVC (*High Order Virtual Container*) đó là VC-4 và trong trường hợp VC-3 được truyền trực tiếp vào khung STM-1 thì VC-3 cũng được coi là HOVC.

+ Cấu trúc của các VC:

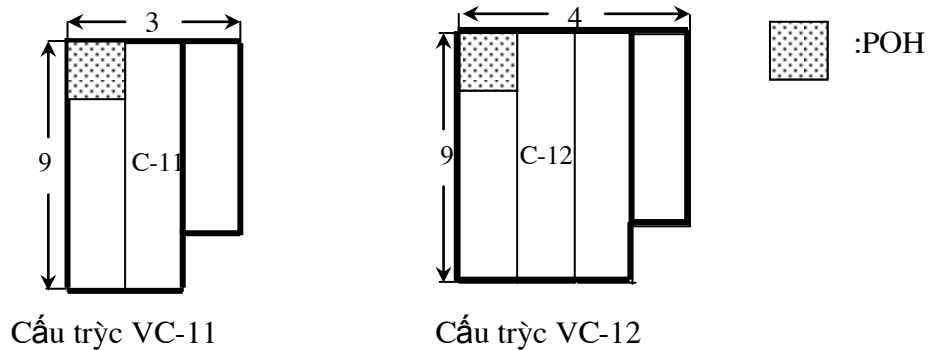
VC-11: Gồm 25 byte dữ liệu cộng với một byte POH được sắp xếp trên 3 hàng dọc 9byte. Được sử dụng để truyền dẫn tín hiệu 1,5 Mb/s theo tiêu chuẩn châu Mỹ.

VC-12: Gồm 34 byte dữ liệu cộng với một byte POH được sử dụng để tương thích với luồng 2 Mb/s theo tiêu chuẩn châu Âu và được sắp xếp theo 4 hàng dọc 9 byte. Có 3 loại tín hiệu 2Mb/s sau có thể được bố trí trong VC-12:

Tín hiệu 2 Mb/s không đồng bộ: Cho phép mang tín hiệu 2Mb/s nhưng không có khả năng giám sát trên từng bit.

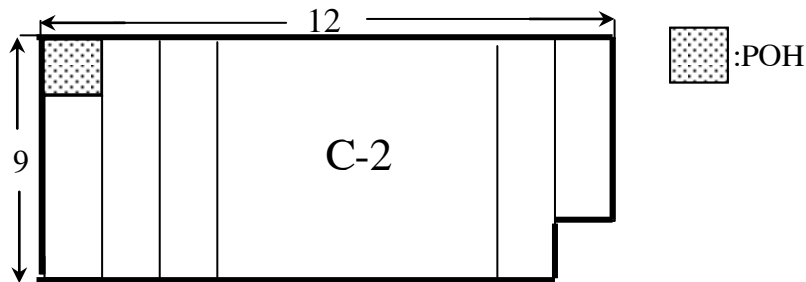
Tín hiệu 2 Mb/s đồng bộ bit (bit Synchronous): Cho phép giám sát trên từng bit nhưng không nhận dạng được khung.

Tín hiệu 2 Mb/s đồng bộ byte: Chỉ phép giám sát và nhận dạng tất cả các bit dữ liệu



Cấu trúc VC

VC-2: Gồm 160 byte dữ liệu và một byte POH dùng để tương thích với luồng 6,312 Mb/s theo tiêu chuẩn của Mỹ. Cấu trúc gồm 12 cột 9 byte (*1cột = 9byte*).



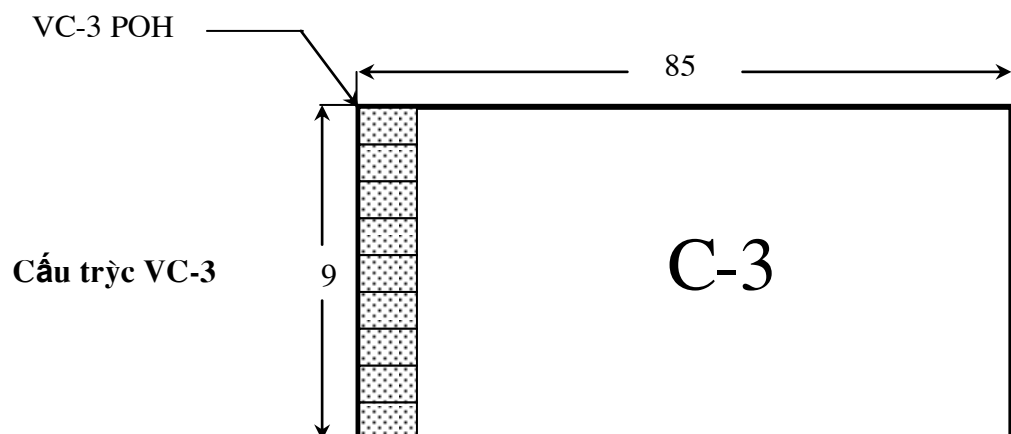
Cấu trúc VC-2

VC1x/VC-12: Có thể được truyền đi theo phương thức xen byte vào trong VC-3 hoặc VC-4.

VC1x/VC-2: Được truyền đi theo từng đa khung 500 ms gồm có 4 khung 125 ms và được gắn vào trong một TU, các con chữ gắn vào các VC1x/VC-2 theo từng 125 ms một.

VC-3: Gồm 756 byte dữ liệu cộng với 9 byte POH sắp xếp trên một hàng dọc trong đó mỗi byte POH

Thực hiện một chức năng riêng của mình. Cấu trúc gồm 85 cột mỗi cột chứa 9 byte.



Cấu trúc VC-3

2.3. Đơn vị luồng TU (Tribuari Unit):

Gồm VC cộng với Pointer : $TU = VC + Ptr.$

Trước khi chuyển đến STM-1 để được phát đi các cấp, VC cấp thấp sẽ được ghép vào một VC cấp cao hơn. Để tạo ra mối liên quan giữa phase của các VC người ta dùng Ptr (*Pointer*) ghép theo vào VC tại một vị trí cố định trong VC đó và thông báo sự bắt đầu của VC đó. Tương ứng với VC, TU cũng có nhiều bậc từ 1÷3.

Việc truyền dẫn các byte pointer sẽ xảy ra lần lượt. Cứ một khung 125 ms sẽ có một byte pointer. Byte pointer ghép theo vào VC tại một vị trí cố định trong khung cấp cao hơn (*VC-3 hoặc VC-4*). Như vậy tổng cộng sẽ có 3 byte pointer cho vào 3 khung 125 ms còn byte thứ tư của đa khung 500 ms cũng mang một byte pointer nhưng byte này chưa được quy định rõ chức năng hiện nay nó đang được dùng để dự phòng.

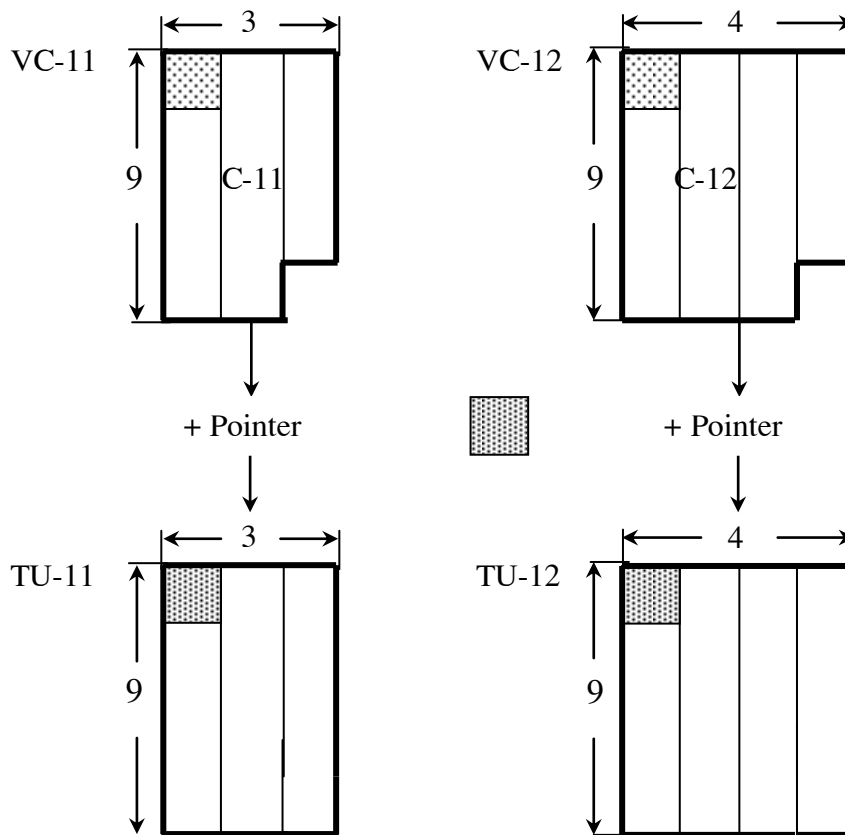
+ Cấu trúc của các khung TU:

- Các TU-11, TU-12, TU-2 đều được cấu tạo bởi các VC tương ứng cộng thêm một byte pointer:

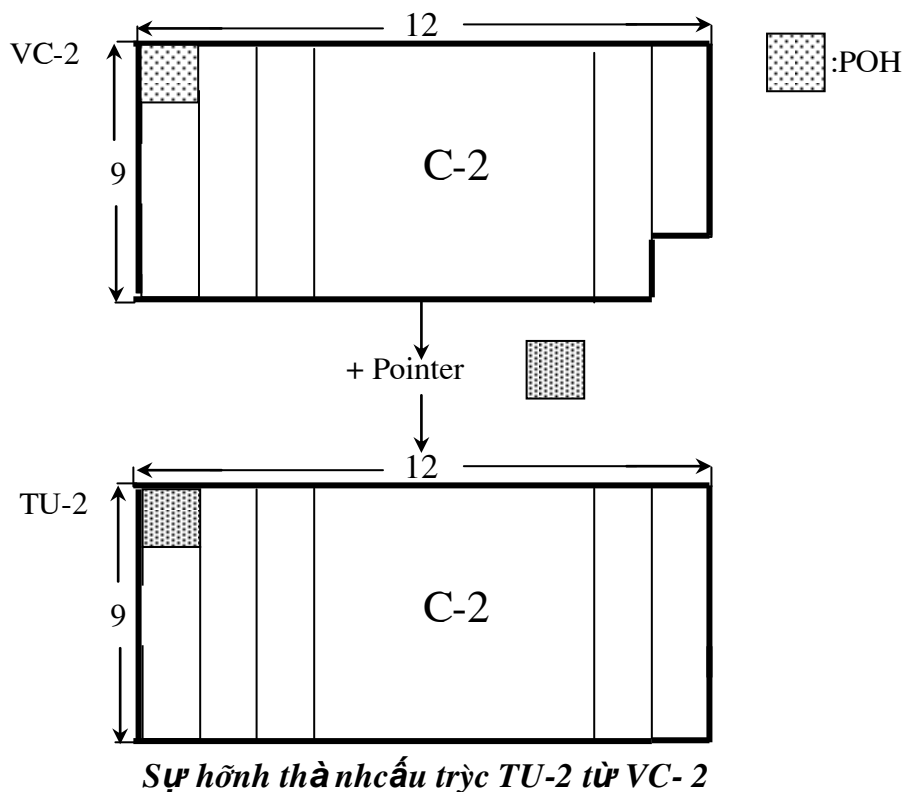
$$TU-11 = VC-11 + Ptr.$$

$$TU-12 = VC-12 + Ptr.$$

$$TU-2 = VC-2 + Ptr.$$



Sự hình thành cấu trúc TU-11 & TU-12



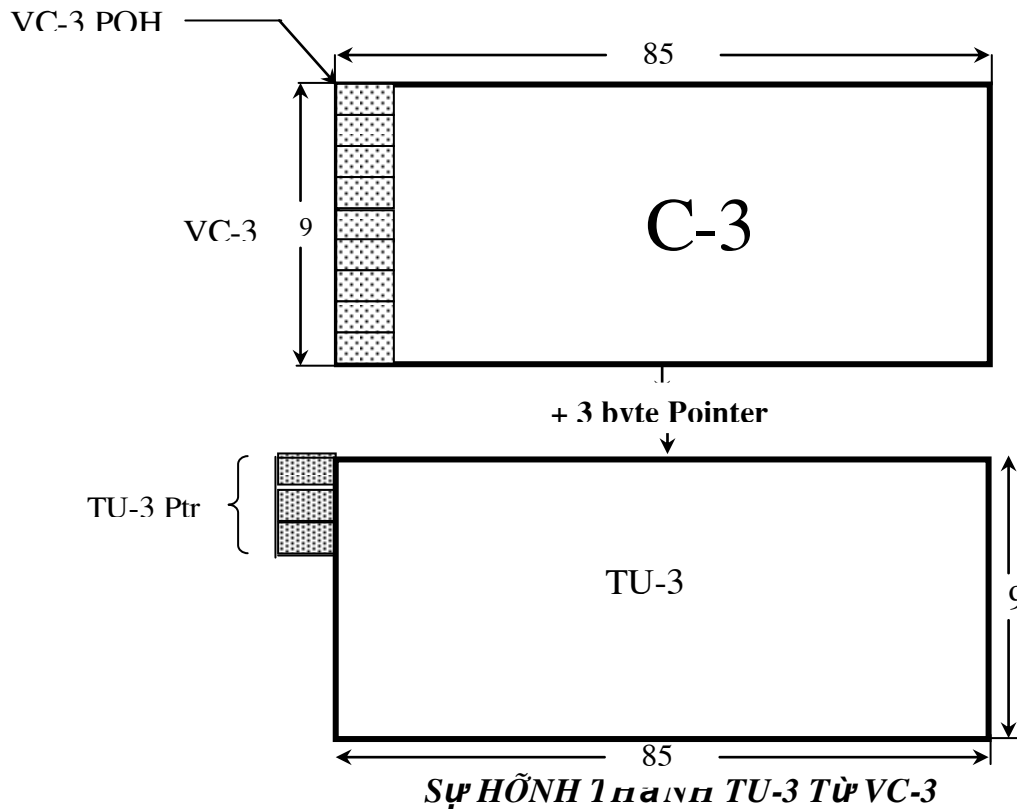
- TU-3:

$$TU-3 = VC-3 + Ptr.$$

3 xVC-3 có thể được ghép vào VC-4 theo nguyên tắc xen từng byte sau đó được phát đi trong khung AU-4. Trong quá trình truyền dẫn đó có 2 cấp pointer được ghép vào :

Pointer AU-4 trong SOH để chỉ thị VC-4 trong khung STM-1.

3 pointer TU-3 (mỗi pointer 1 byte) được gắn vào trong VC-4 để thông báo vị trí của VC-3 trong khung VC-4.



2.4. Nhóm đơn vị luồng TUG (Tributary Unit Group).

TUG là một nhóm các TU ghép lại theo phương thức xen byte. Có 2 loại TUG đó là TUG-2 và TUG-3.

+ Cấu trúc các TUG:

- TUG-2:

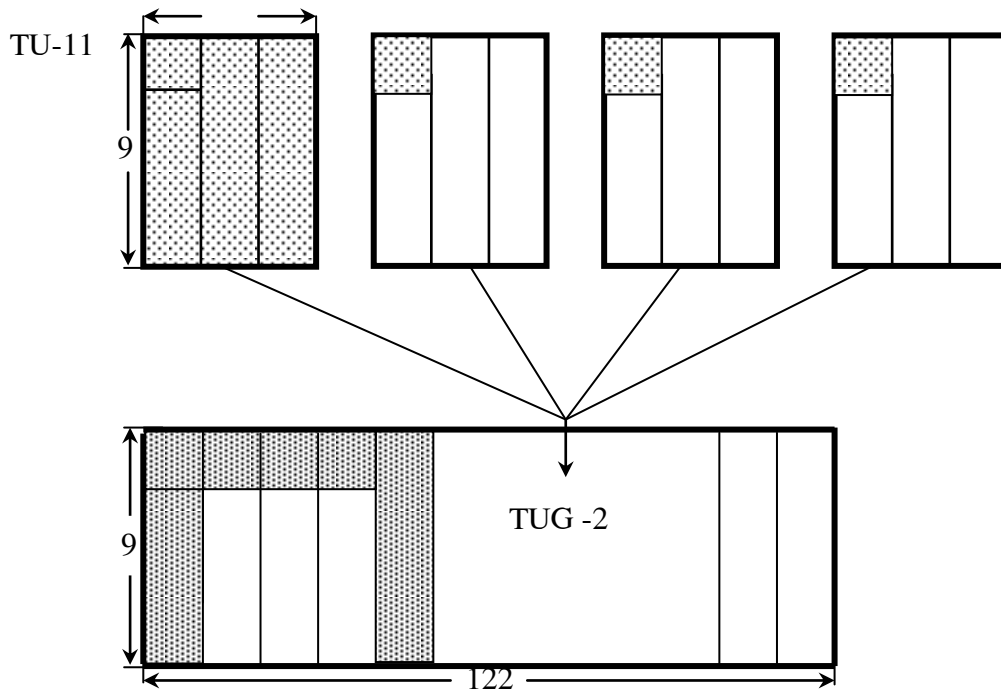
Một TUG-2 có thể hình thành bởi:

$$\text{TUG-2} = 3 \times \text{TU-13}$$

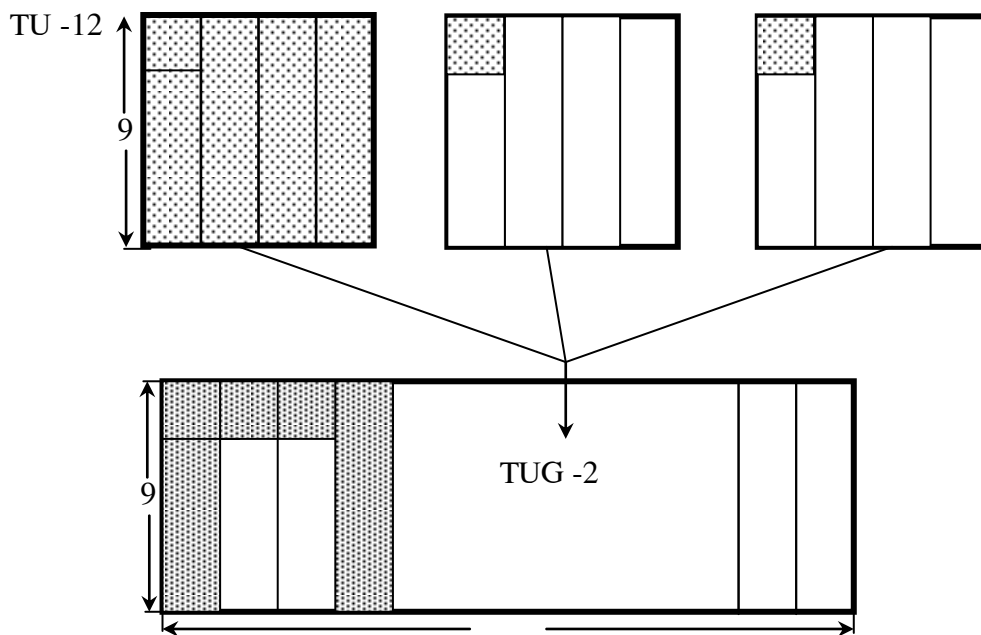
$$\text{TUG-2} = 4 \times \text{TU-11}$$

$$\text{TUG-2} = 1 \times \text{TU-2}$$

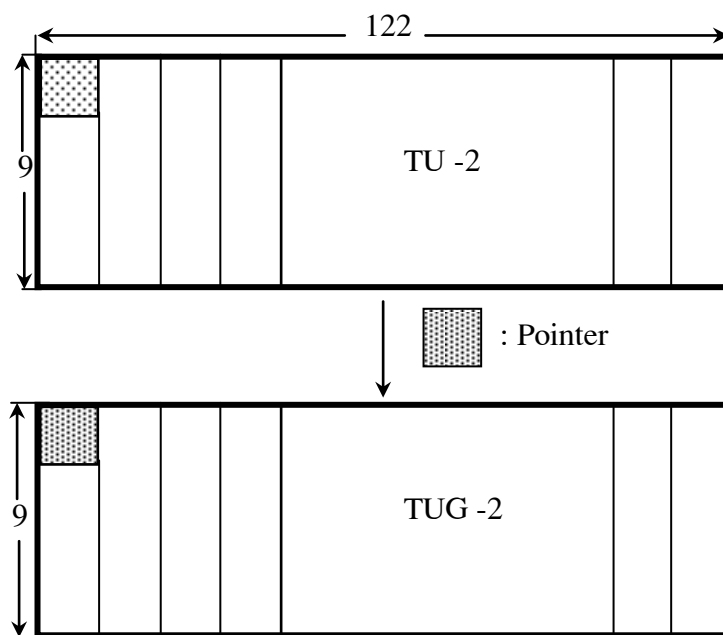
Do vậy TUG-2 có kích thước là 108 byte với tốc độ bit là 6912 Kb/s.



TUG-2 hõnh thà nh từ còc TU-11



TUG-2 hõnh thà nh từ còc TU-12



Hỡnh 1.12: TUG-2 hỡnh thà nh từ cỏc TU-2

Nhận xét:

Các byte đầu tiên của hàng đầu tiên tương ứng với từng kiểu cấu trúc là các byte pointer các byte sau đó là các byte data.

TU-2 có kích thước tương ứng với một TUG-2 .

Có hai cách để bố trí VC-12 vào trong TUG-2: Chốt(*Locked mode*) và nổi(*Floating mode*).

Kiểu Floating cho phép các VC được gắn vào khung TUG tại một vị trí nào đó và sử dụng pointer liên kết với mỗi VC để chỉ thị điểm bắt đầu của VC trong TUG-2. Vị trí con trỏ sẽ được gắn cố định trong TUG tương ứng bất kể vị trí của VC.

Kiểu Locked thì ngược lại, VC được gắn vào TUG-2 tại một vị trí cố định và do đó không cần sử dụng pointer như trong kiểu Floating.

TUG-3:

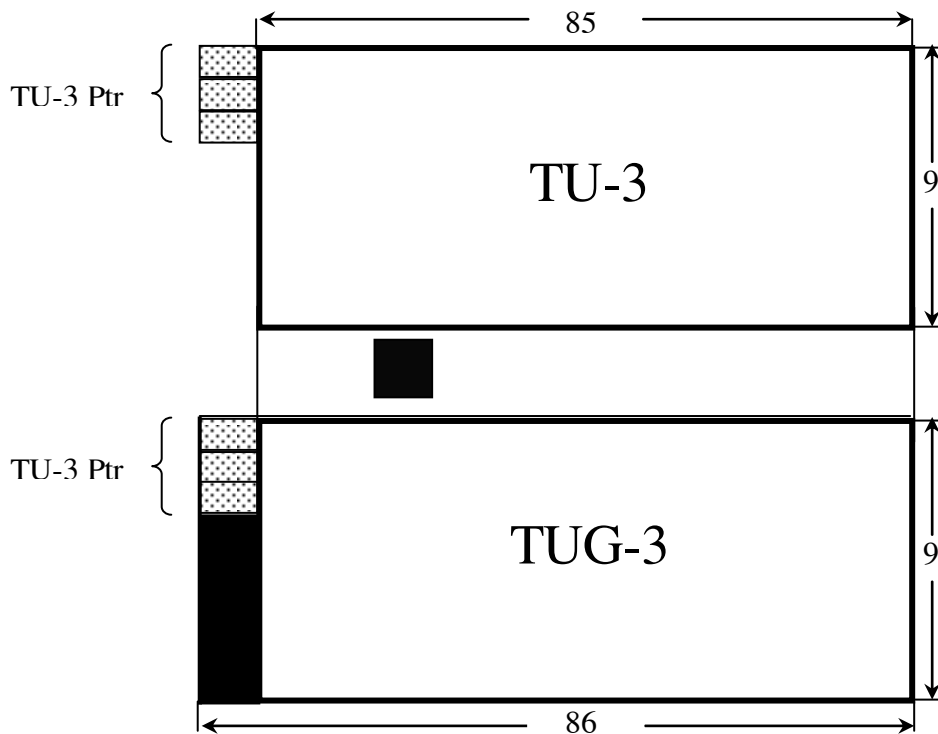
Một TUG-3 có thể được hình thành bởi:

$$\text{TUG-3} = 1 \times \text{TU-3.}$$

$$\text{TUG-3} = 7 \times \text{TUG-2}$$

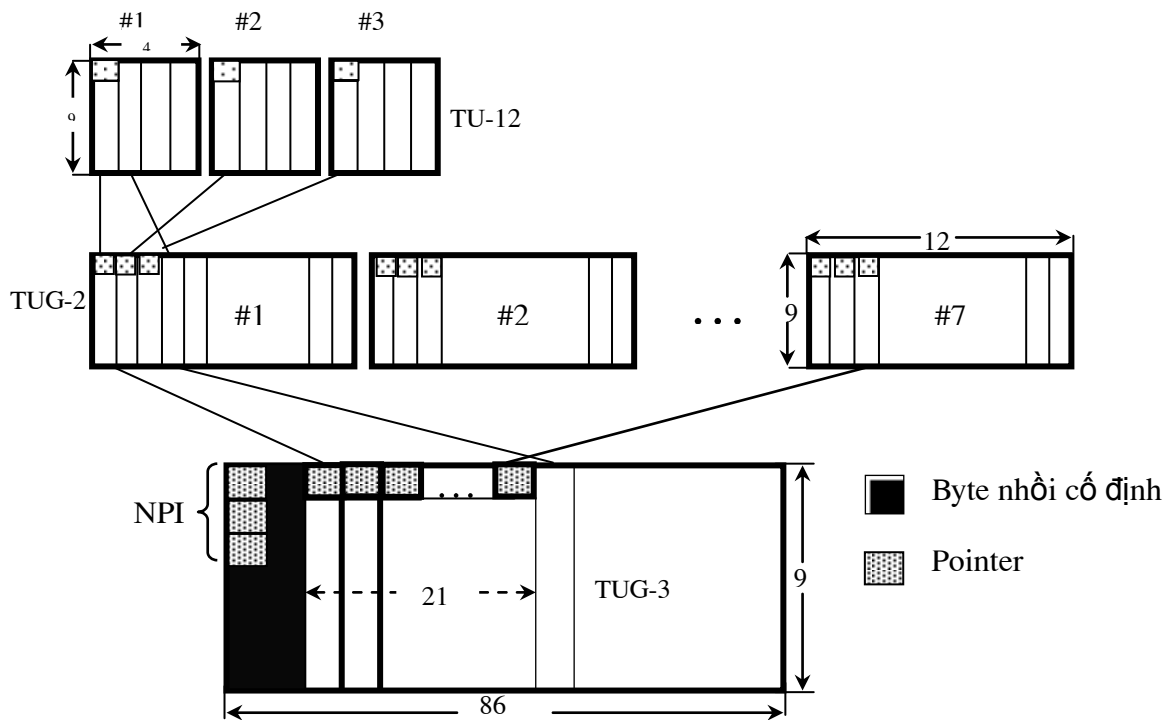
- Kích thước TUG-3 gồm 774 byte với tốc độ là 49536 Kb/s.

- Nếu trong TUG-3 chứa một TU-3 thì cột đầu tiên chứa 3 byte pointer TU-3 và 6 byte còn lại là byte nhồi cố định (*Justification*)



Cấu trúc TUG-3 từ TU-3

- Nếu TUG-3 được cấu thành từ 7 TUG-2 thì nguyên tắc ghép cũng là ghép từng byte, cột đầu tiên cũng chứa 3 byte pointer và 6 byte nhồi cố định. Tuy nhiên trong trường hợp này pointer trong TUG-3 không có chức năng định vị địa chỉ trạm đến của các luồng tín hiệu mà lúc này các byte pointer riêng lẻ định vị địa chỉ của các VC-1x hoặc VC-2 sẽ là các pointer nằm trong TUG-2. Các byte này được sắp xếp trong hàng đầu tiên của cột TUG tương ứng.
- Các TUG-2 được bố trí theo kiểu cố định vào trong TUG-3, 3 byte pointer trong cột đầu tiên của TUG-3 này sẽ không mang ý nghĩa nào mà nó chỉ mang những mẫu bit cố định gọi là các chỉ thị pointer không giá trị NPI (*Null Pointer Indication*).
- Người ta sử dụng các byte NPI này để phân biệt trường hợp TUG-3 được cấu thành từ TU-3 hay là từ các TUG-2.
- 3 x TUG-3 được ghép vào VC-4 theo trình tự cột thứ nhất của VC-4 chứa VC-4 POH. Cột thứ hai và cột thứ ba chứa các byte nhồi cố định.



Cấu trúc TUG-3 từ TUG-2

2-5 Các đơn vị quản lý AU (Administrative Unit).

Các AU bao gồm các container của cấp cao cộng với pointer.

$$AU = HOVC + Pointer.$$

Trong trường hợp này các giá trị của pointer AU-Ptr được gắn trong khung STM-1 để ghi nhận mối tương quan Phase giữa khung truyền dẫn (?).

Các byte AU-Ptr này được gắn không cố định vào trong 9 byte đầu tiên của hàng thứ tư trong khung STM-1 có chức năng đánh dấu các AU. Tuy nhiên cần phải lưu ý rằng các AU-Ptr của AU-3 và AU-4 là khác nhau.

Các AU có thể cấu thành từ :

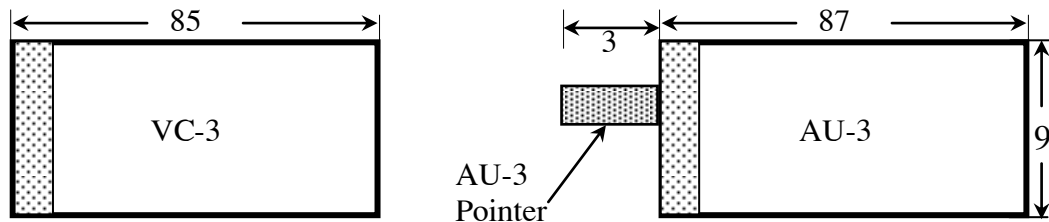
$$AU-3 = 1 \times VC-3.$$

$$AU-4 = 1 \times VC-4.$$

AU-3:

Được cấu thành từ 1 xVC-3: một VC-3 được thiết kế để truyền dẫn tín hiệu 45Mb/s hoặc 34Mb/s PDH.

Cấu trúc AU-3 gồm $9 \times 87 + 3$ byte. Ngoài ra vì dung lượng truyền dẫn của AU-3 (87 cột) lớn hơn dung lượng truyền dẫn của VC-3 (85 cột) nên người ta bố trí các byte nhồi cố định vào trong cột thừa (như hình vẽ).

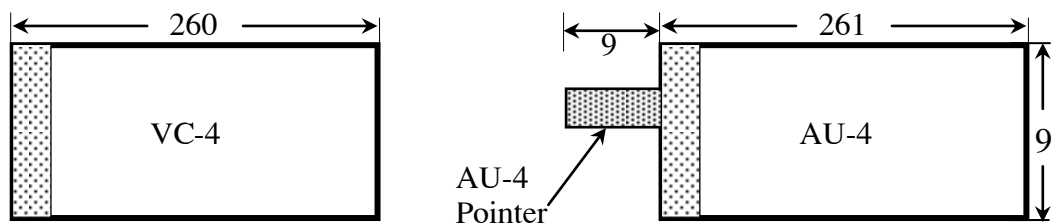


Cấu trúc AU-3 từ VC-3

3 x AU-3 được ghép xen byte trong khung STM-1. Mỗi AU-3 gồm 3 byte pointer có chức năng định vị trí cho VC-3 bằng cách chỉ thị byte đầu tiên của POH trong VC-3 tương ứng.

AU-4:

Được tạo thành từ 1 x VC-4: có cấu trúc gồm $9 \times 261 + 9$ byte pointer tương ứng với khung STM-1 được cấu thành từ container C-4 gồm 9×260 byte + 1 cột VC-4 POH (9 byte).



Cấu trúc AU-4 từ VC-4

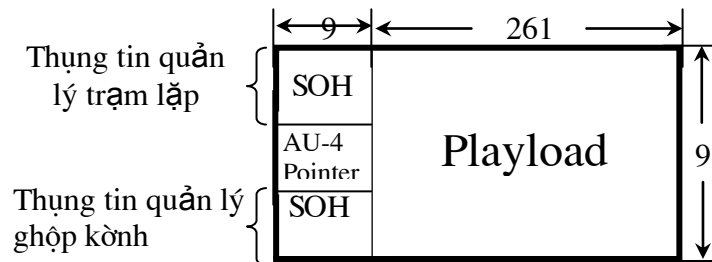
2.6. Nhóm đơn vị quản lý AUG (Administrative Unit Group)

Nhiều AU được ghép với nhau theo phương thức xen byte tạo thành một AUG. Cấu trúc của AUG gồm 9 x 261 x 9 byte, giống như cấu trúc khung STM-1 khi chưa có SOH.

2.7. Cấu trúc khung STM-1.

$$\text{STM-1} = \text{AUG} + \text{SOH}.$$

- Khung STM-1 gồm 9 x 270 byte và được truyền theo nguyên tắc từ trái sang phải và từ trên xuống dưới.
- Trong đó SOH là thông tin quản lý được dùng cho hệ thống SDH. Thông tin quản lý này được bố trí trong vị trí 9 cột đầu tiên tính từ trái qua phải bao gồm:
 - + Thông tin quản lý trạm lặp RSOH (*Repeat Section Over Head*) .gồm 3 hàng x 9 byte(3 hàng phía trên).
 - + Các byte ở hàng thứ tư dùng cho Pointer gồm 1 hàng x 9 byte.
 - + Thông tin quản lý ghép kênh MSOH (*Multiplex Section OverHead*) 5 hàng x 9 byte (5 hàng phía dưới).
 - + Còn lại 9 x 261 byte dùng để tải tin.

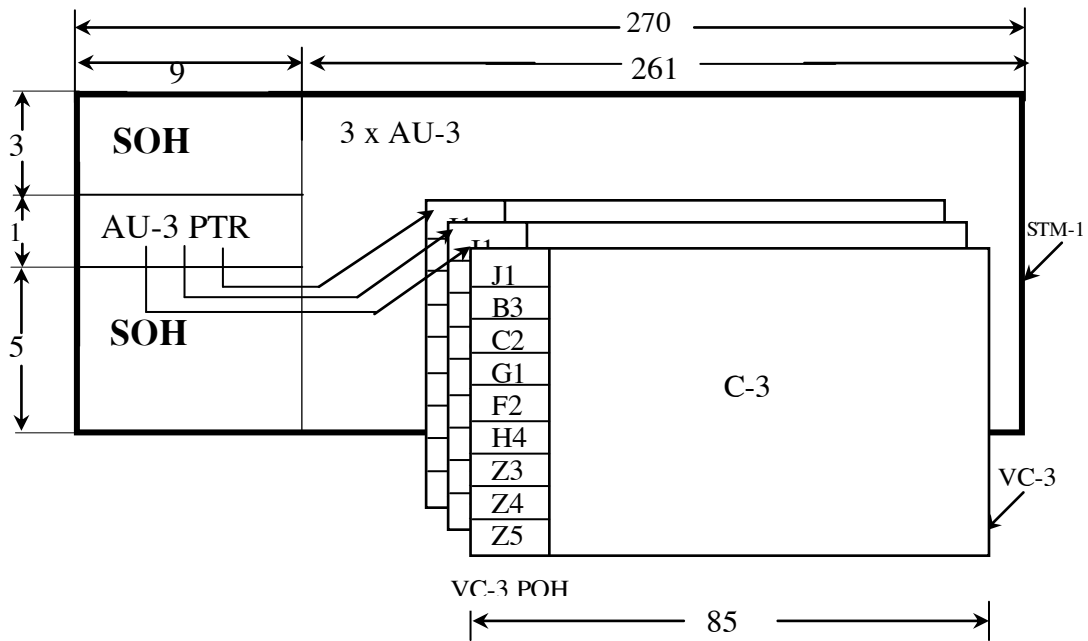


Cấu trúc khung STM-1

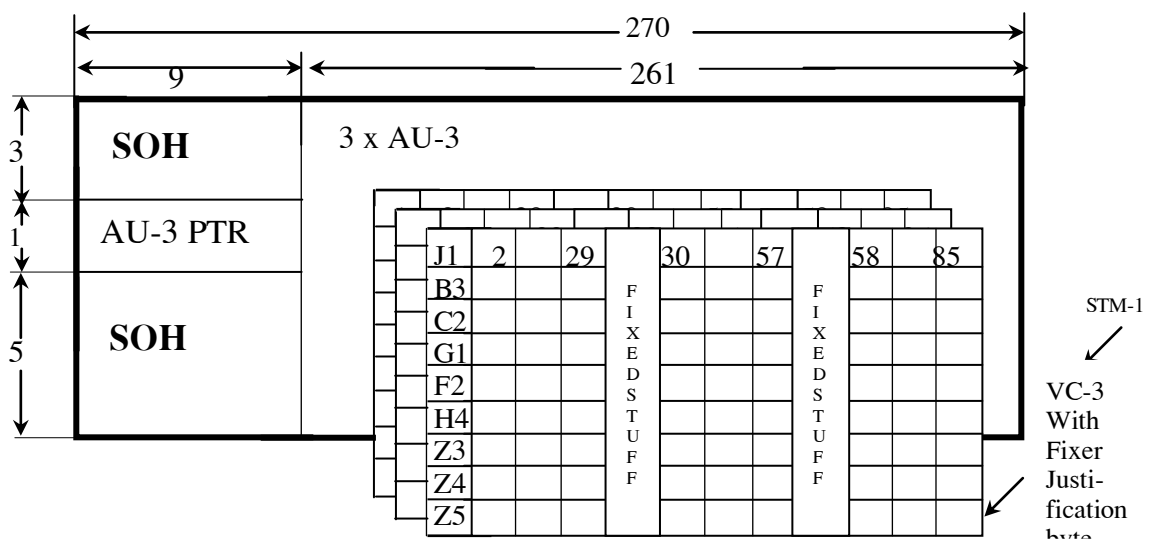
Khung STM-1 được truyền dẫn 8000 lần/s là tín hiệu bit sử dụng cho PCM. Mỗi khung STM-1 chiếm 125ms do đó có tốc độ là: 8000 khung x 9 hàng/ khung x 270 byte/ hàng x 8 bit/ byte = 155,520 Kb/s = 155 Mb/s.

Việc bố trí VC-4 vào trong STM-1 cũng tương tự như bố trí VC-12 vào khung TUG-2. VC-4 cho phép bố trí không cố định trong khung STM-1, vị trí của nó được xác định bởi AU-4 pointer gồm các byte H_1, H_2, H_3 . Bình thường VC-4 chỉ cần 2 byte để

chỉ định vị trí đó là byte thứ nhất của H₁ và byte thứ nhất của H₂. Còn byte H₃ là byte nhồi chỉ dùng trong trường hợp cần thiết.



Sơ đồ bố trí 3 x AU-3 trong STM-1 phần pointer



Sơ đồ bố trí 3 x AU-3 và ở STM-1 phần dữ liệu

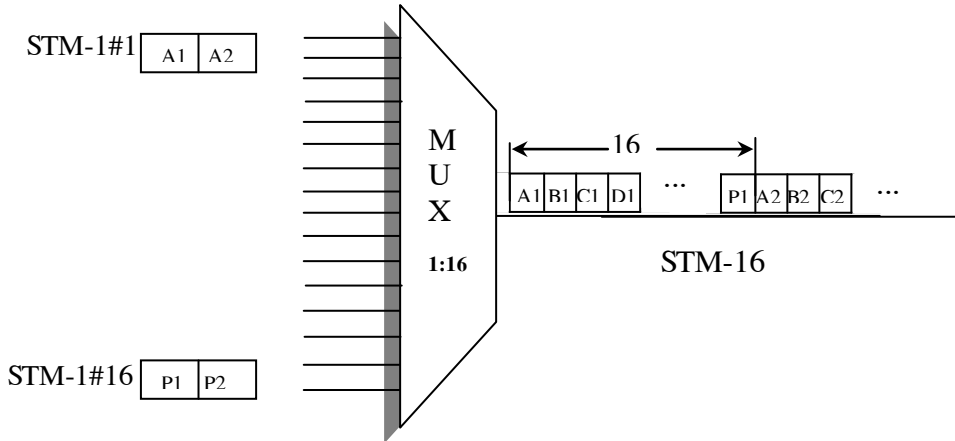
2.8. Cấu trúc chung STM-N (N= 4; 16).

- Cấu trúc STM-N giống như cấu trúc khung STM-1 chỉ khác là tốc độ dữ liệu được truyền trong 125 ms là: N x 9 270 byte.

- STM-N (Với $N=4$ hoặc $N=16$) là mức truyền dẫn cấp cao của SDH, đạt được bằng cách ghép N cấp STM-1 theo phương thức ghép xen từng byte tạo thành các mức sau.

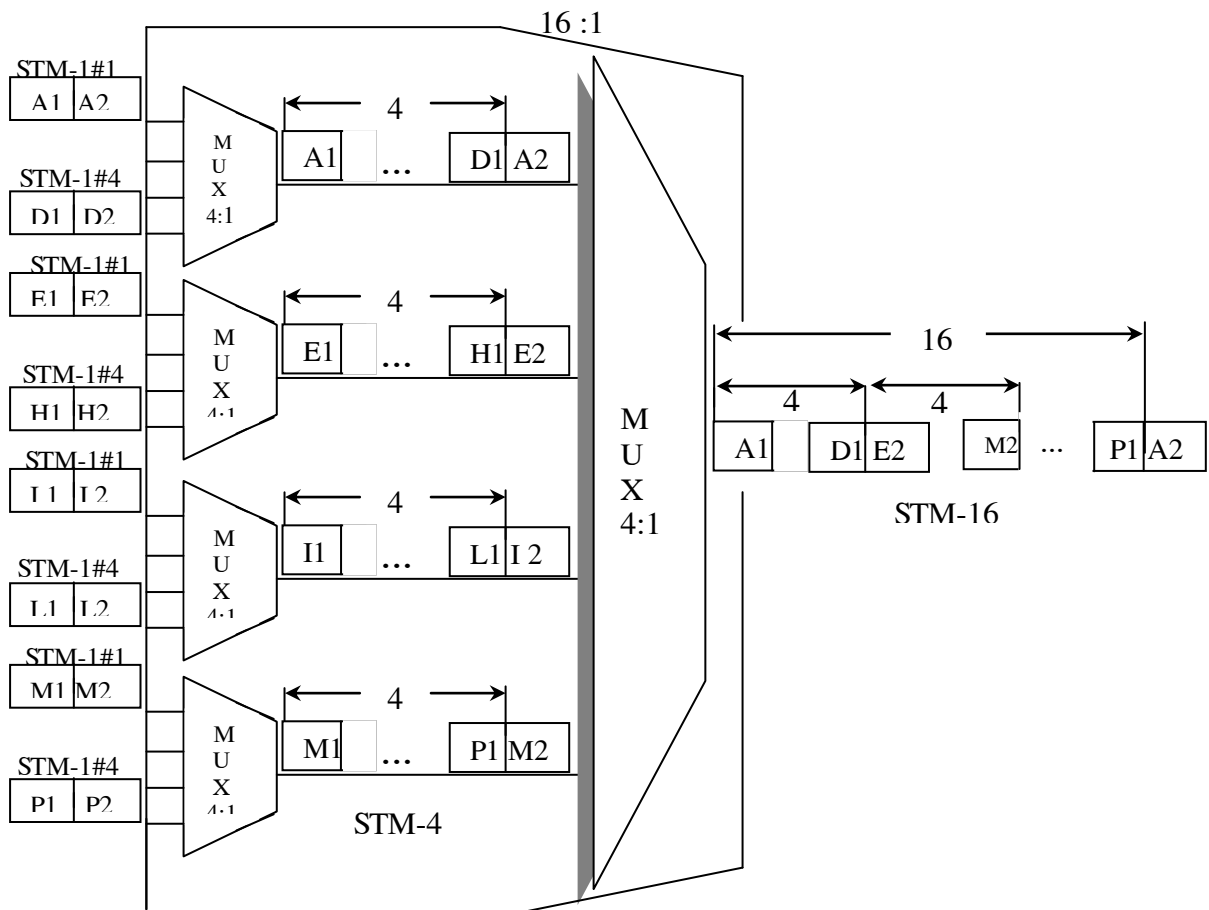
STM-4 có tốc độ truyền dẫn $155,52 \times 4 = 622,08$ Mb/s.

STM-16 có tốc độ truyền dẫn $16 \times 155,52 = 2488$ Gb/s.



TẠO KHUNG STM-16 TỪ STM-1

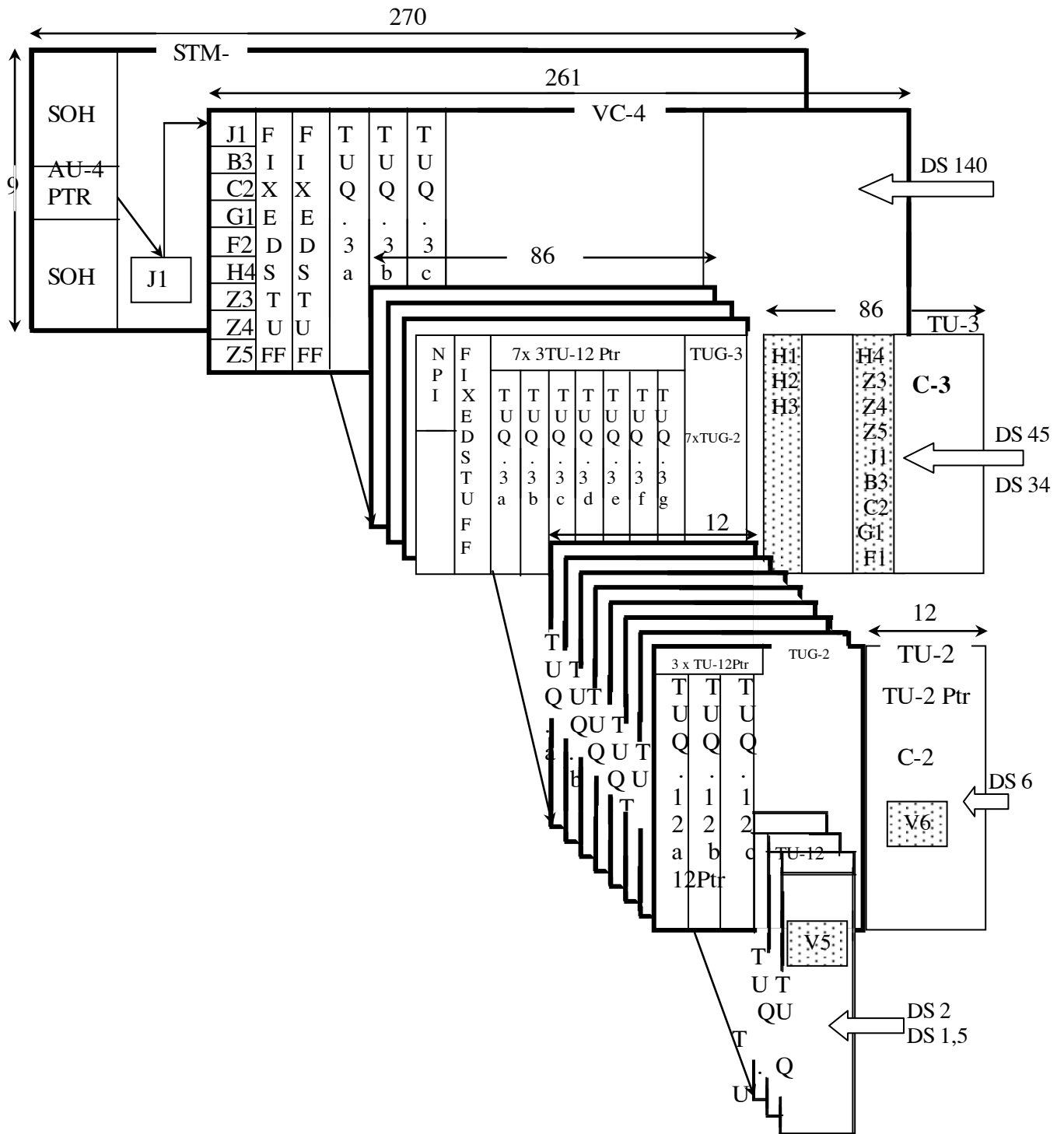
- Ngoài ra để có được STM-16 ta cũng có thể ghép 4 x STM-4 với nhau theo phương thức ghép từng 4 byte một.



TẠO KHUNG STM-16 TỪ STM-4

Bảng2: Tốc độ bit và độ lớn của các loại Container

Container	C-11	C-12	C-2	C-3	C-4
Độ lớn (<i>bytes</i>)	25	34	106	756	2340
Tốc độ (<i>Kb/s</i>)	1600	2176	6784	48384	149760
Vitual Container	VC-11	VC-12	VC-2	VC-3	VC-4
Độ lớn (<i>bytes</i>)	26	35	107	765	2349
Tốc độ (<i>Kb/s</i>)	1664	2240	6848	48960	150336
Tributary Unit	TU-11	TU-12	TU-2	TUG-3	
Độ lớn (<i>bytes</i>)	27	36	108	768	
Tốc độ (<i>Kb/s</i>)	1728	1204	6912	49152	
Tributary Unit Group			TUG-2	TUG-3	
Độ lớn (<i>bytes</i>)			108	774	
Tốc độ (<i>Kb/s</i>)			6912	495236	
Administrative Unit				AU-3	AU-4
Độ lớn (<i>bytes</i>)				786	2358
Tốc độ (<i>Kb/s</i>)				50304	150912
Administrative Unit Group					AUG
Độ lớn (<i>bytes</i>)					2358
Tốc độ (<i>Kb/s</i>)					150912



Sơ đồ tổng kết quả trính tạo khung STM-1.

PHẦN III

NGHIÊN CỨU MỘT SỐ THIẾT BỊ CỦA HÃNG SIEMENS

CHƯƠNG I

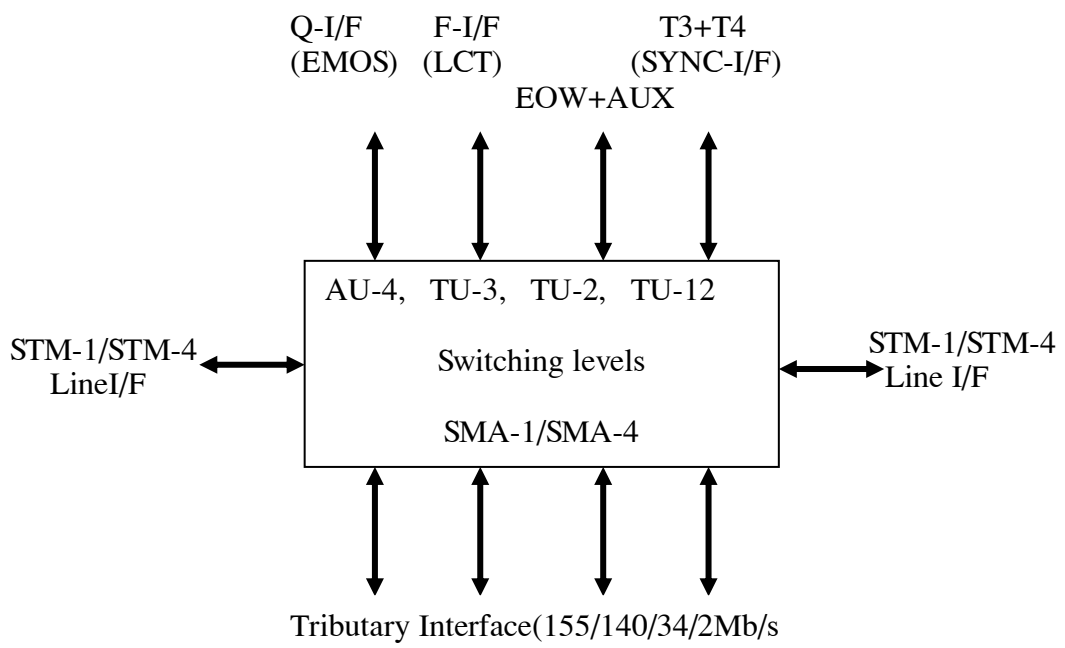
THIẾT BỊ SMA

I. GIỚI THIỆU THIẾT BỊ :

Thiết bị SMA có thể hoạt động ở các tốc độ 155 Mb/s (SMA-1); 622Mb/s (SMA-4); 2,5Gb/s (SMA-16) .Cùng với các luồng 2Mb/s; 34Mb/s;140Mb/s và 155Mb/s. Mỗi thiết bị SMA bao gồm sự kết hợp quang đáp ứng với các mức phân bậc SDH và hoạt động dưới các cấu hình :

Thiết bị xen/rẽ kênh ADM (ADD/DROP Multiplexer): sử dụng trong các cấu hình mạng vòng (Ring) hoặc chuỗi (Chain) cho việc truy nhập tín hiệu các luồng PDH và SDH. Thiết bị nối chéo luồng cục bộ (local Cross-Connect Multiplexer) được sử dụng khi vận hành đơn lẻ hoặc kết nối nhiều nhất là 4 vòng SDH (chuyển mạch không khối –Non Blocking).

Thiết bị ghép kênh đầu cuối (Terminal Multiplexer): sử dụng cho các điểm tới điểm (Point to Point) hoặc cho việc truy nhập tới các mạng truyền dẫn SDH trong đó cấu hình ADM được sử dụng nhiều nhất . Hình vẽ dưới đây mô tả một cách tổng thể về thiết bị SMA:



Tất cả các thiết bị SMA đều được quản lý, điều khiển giám sát bởi hệ thống quản lý tập trung EMOS (Element Management Operation System). EMOS có thể kết nối trực tiếp tới thiết bị SMA thông qua giao diện Q hoặc kết nối từ xa thông qua thông tin dữ liệu DCC (Data Communication Channel).

Giao diện F dành cho việc kết nối tới đầu khai thác cục bộ LCT (Local Craft Terminal) để điều khiển đo thử và giám sát thiết bị SMA. Việc truy nhập vào dữ liệu cơ sở của thiết bị SMA được chia làm nhiều cấp và được bảo vệ bằng tên người dùng (user name) cùng với từ khoá (Password) tại các thiết bị đầu cuối cục bộ. Ngoài ra, việc truy nhập tới các mức thấp hơn trong khi vận hành cũng bị hạn chế trừ khi xảy ra sự cố đối với thông tin từ Bộ quản lý phân tử hoặc đối với các thiết bị đầu cuối đảm đương nhiệm vụ quản lý các phân tử trong mạng.

II. ĐẶC ĐIỂM THIẾT BỊ:

+ Cung cấp khả năng ghép kênh và chuyển mạch luồng một cách linh hoạt, hiệu quả với các mức chuyển mạch TU-12; TU-2; TU-3; AU-4. Thiết bị SMA cho phép kết nối một giao diện đường bất kỳ với bất kỳ cổng nhánh (Tributary port) hay giao diện đường nào khác. các giao diện đường dây phục vụ kỹ thuật (EOW) cùng các kênh dữ liệu.

+ Giao diện Q được sử dụng như là Qx/B3 (theo tiêu chuẩn cho Ethernet) hoặc Qx/B2 (theo tiêu chuẩn X25) để kết nối thiết bị SMA với hệ thống vận hành , quản lý thiết bị EMOS.

+ Có thể lựa chọn tới các byte mào đầu (Over head) của tín hiệu STM-1 và STM-4 để đưa ra kỹ thuật hệ thống hay đo lường, giám sát từ xa .

+ Quản lý, điều khiển mạng được truy nhập từ xa hoặc nội bộ để cung cấp một cách bao quát về cảnh báo, tình trạng, các thông số đo lường, giám sát, cấu hình các luồng và các tuyến bảo vệ / dự phòng. Việc truy nhập và quản lý an toàn có thể được lập trình để cung cấp các mức truy nhập khác nhau do người khai thác nhằm ngăn chặn việc sử dụng trái phép .

+ Ngắt Laser tự động cho mục đích an toàn.

+ Tính linh hoạt, cấu trúc Modul cùng với việc điều khiển hoàn toàn bằng

+ Bảo vệ toàn diện một cách có hệ thống cho các tuyến và luồng thông tin với các kết cấu bảo vệ (1+1), (1:1) và (1:N).

+ Có khả năng lựa chọn rộng rãi các giao diện bao gồm các Modul (cho các tốc độ STM-1,STM-4), các luồng thông thường (2/34/140/155Mb/s) và phần mềm cho tất cả các đơn vị của hệ thống làm cho thiết bị SMA có khả năng nâng cấp dễ dàng theo yêu cầu của tương lai.

III. ỨNG DỤNG CỦA THIẾT BỊ:

Thiết bị SMA có thể vận hành dưới 4 cấu hình:

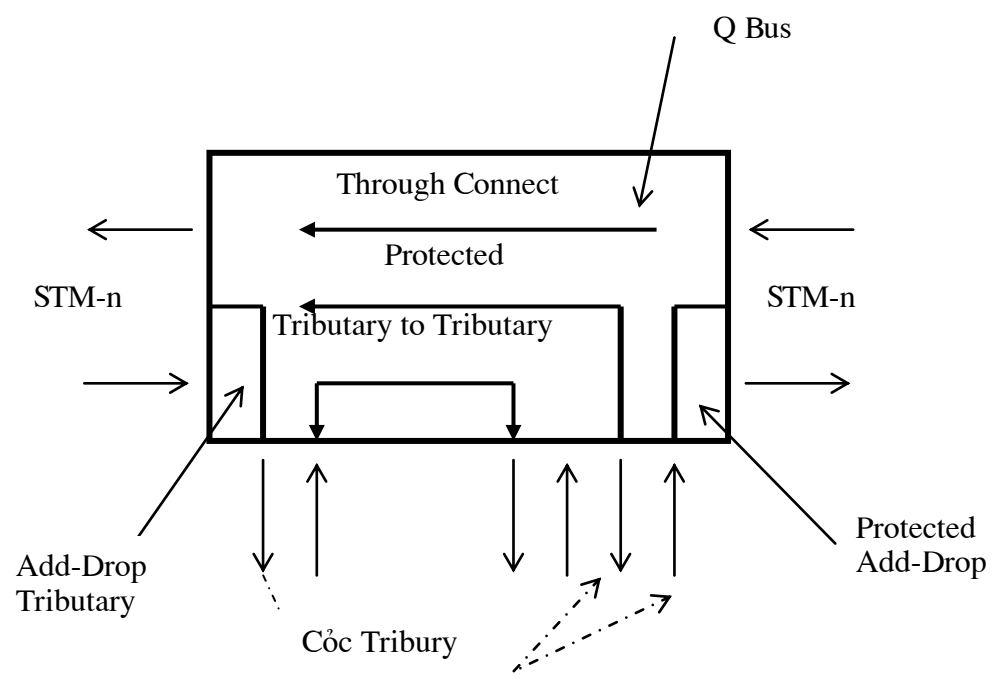
- Bộ xen/rẽ kênh ADM
- Bộ nối chéo luồng cục bộ (bộ ghép-phân kênh)
- Bộ phối luồng DXC
- Bộ ghép kênh đầu cuối tuyến quang LTE.

Trong đó chỉ có hai cấu hình thường được sử dụng là: bộ xen/rẽ kênh ADM và bộ ghép kênh đầu cuối tuyến quang LTE.

III.1 Cấu hình bộ xen/ rẽ kênh ADM:

Đây là cấu hình chính của thiết bị SMA , nó cho phép thực hiện chức năng xen/rẽ kênh (Add- Drop-Multi plexer) và các luồng tín hiệu ở tất cả các tốc độ 1,5-2-34-45-140Mb/s và STM-1 cùng với một thiết bị cứng. Thiết bị SMA có thể nhận dạng bất kỳ nhánh nào với Payload thông tin (khung STM-n của tín hiệu quang).

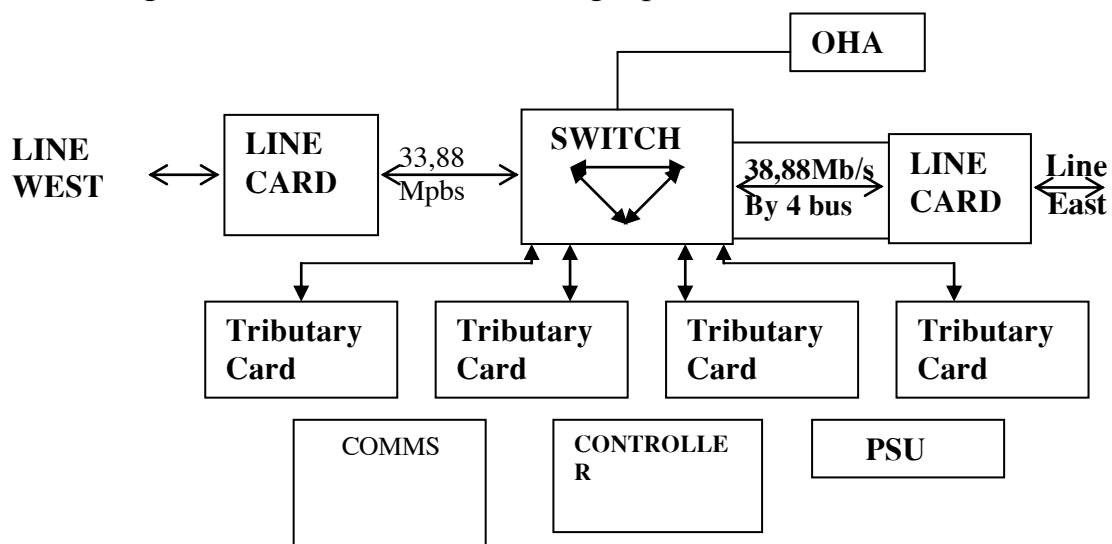
Chức năng chính của cấu hình ADM được chỉ ra trên hình vẽ:



Trong hệ thống SDH, ADM có khả năng điều khiển từ xa và đặt lại cấu hình theo yêu cầu của luồng. Tất cả những điều này được thực hiện bởi EMOS. Thiết bị ADM thường được sử dụng trong cấu hình mạng vòng và chuỗi.

Cấu hình ADM được sử dụng theo hai kiểu:

- Nếu SMA dùng trong mạng Ring thì nó có chức năng như là bộ ghép kênh vòng chủ (Ring Master Multiplexer), tạo ra khả năng đồng bộ hoá với tất cả các thiết bị truyền dẫn khác trên mạng Ring.
- Nếu không cấu hình là bộ ghép kênh vòng chủ thì SMA sẽ được gắn với một Card thông tin, lúc này nó thực hiện chức năng như là bộ ghép kênh tuyến công (Gateway Multiplexer) và cung cấp khả năng truy nhập mạng cho bộ quản lý. Việc truy nhập này thông qua một liên kết dữ liệu bên ngoài và nối với Card thông tin trong SMA. Một bộ ghép kênh tuyến công có thể thực hiện được chức năng của bộ xen/rẽ kênh hoặc bộ ghép kênh đầu cuối



Sơ đồ khối SMA khi cấu hình xen / rẽ kênh

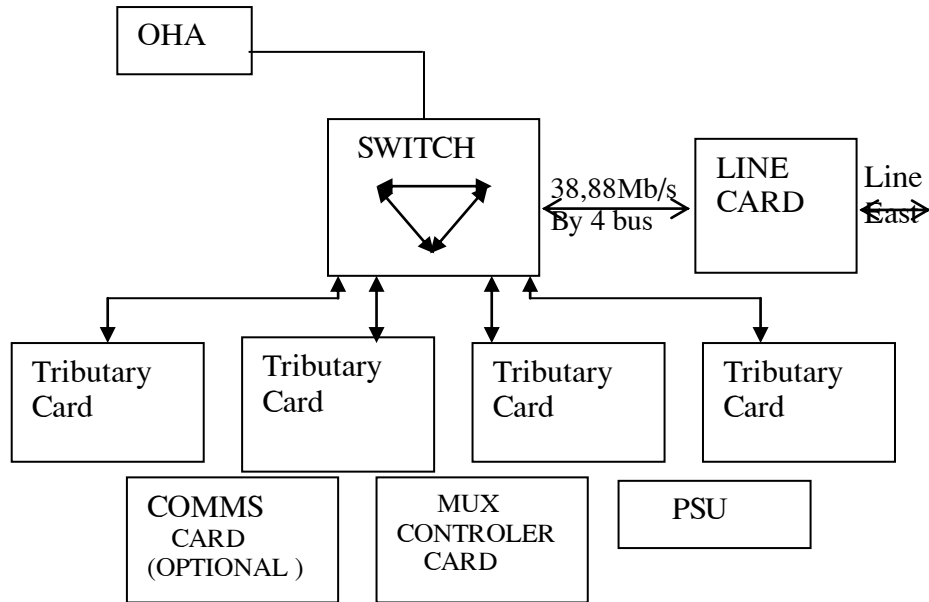
Trong cấu hình này, các luồng thông tin đi vào cả hai phía West và East đều có thể bị tách ra và đưa tới các Card luồng trong các VC-12. Tương tự, các luồng thông tin khác cũng có thể được chèn vào trong dưới dạng VC-12 và đi tới đầu ra. Cấu hình này cũng thực hiện xen /rẽ các luồng 6Mbps (VC-2), 34 Mbps hoặc 45 Mbps (VC-3), 140 Mbps (VC-4) và cả tín hiệu 1,5 Mbps (VC-11).

III.2 Cấu hình bộ ghép kênh đầu cuối . (Terminal Multiplexer)

Trong cấu hình này, SMA chỉ được ghép một Card tuyến. Như vậy, các luồng thông tin đi vào thiết bị chỉ theo một hướng East hoặc West. Bộ ghép kênh đầu cuối

đơn thuần chỉ là nơi đến của các luồng thông tin , nó không thiết lập chế độ dự phòng cho cho các luồng đi qua và tất cả các luồng đi vào đều bị tách ra khỏi vị trí của nó trong luồng chính. SMA cũng có thể được gắn các Card thông tin để thực hiện . Bộ ghép kênh tuyến công . Cấu hình này không thực hiện chức năng đồng bộ chủ.

Sơ đồ khối:



Cấu hình bộ ghép kênh đầu cuối.

IV. KẾT NỐI CHÉO :

Việc kết nối chéo các luồng tín hiệu có thể thực hiện giữa tuyến truyền dẫn này với tuyến truyền dẫn khác, giữa tuyến truyền dẫn với luồng tín hiệu và giữa các luồng tín hiệu với nhau.

Mỗi Card luồng 2 Mbps có 16 cổng , các Card luồng 34Mbps ,và 45Mbps có 3 cổng , Card luồng 140 Mbps chỉ có một cổng , một Card STM-1 (Quang hoặc điện) có thể cung cấp 63 luồng 2 Mbps. Việc nối chéo luồng được thực hiện bằng cách cho các tín hiệu đi qua Card chuyển mạch nhờ sự kết hợp giữa các cổng. Nối chéo luồng được thực hiện ở mức VC, mức VC được dùng để nối chéo luồng phụ thuộc vào các Card luồng được nối chéo :

Các Card luồng 2 Mbps thực hiện nối chéo ở mức VC-12.

Các Card luồng 34 Mbps hoặc 45 Mbps nối chéo ở mức VC-3.

Các Card luồng 140 Mbps nối chéo ở mức VC-4.

Các STM-1 có thể nối chéo ở các mức VC-4, VC-3 và VC-12.

V. ĐỒNG BỘ:

Tín hiệu đồng hồ thực hiện đồng bộ hoá các chức năng bên trong với tín hiệu đồng bộ ra STM-4. Tín hiệu đồng bộ có thể được cung cấp từ bên ngoài thông qua cổng giao diện đồng bộ SIP (Synchronisation Interface Port) từ các nguồn dao động nội, hoặc có thể được tái tạo từ tín hiệu STM-N, tín hiệu 2 Mbps và 140 Mbps nhận được. Tất cả các nguồn đều được giám sát chặt chẽ , nếu xảy ra trượt tín hiệu đồng bộ , nguồn định thời bộ ghép kênh MTS (Multiplexer Timing Source) sẽ chuyển mạch tự động tới các nguồn đồng bộ khác theo thứ tự ưu tiên định trước. Nếu tín hiệu trượt được khôi phục, MTS có thể chuyển mạch trở lại tùy theo cấu hình hệ thống. Tất cả các chuyển mạch này đều không làm sai lệch phase của tín hiệu.

Các vùng trong thiết bị SMA được đồng bộ bằng việc sử dụng các vòng khoá phase PLL (Phase Locked Loop) với các chế độ hoạt động .

Chế độ vận hành bình thường (Normal Mode).

Chế độ lưu giữ (Holdover Mode).

Chế độ vận hành tự do (Freerun Mode).

V.1 Chế độ vận hành bình thường.

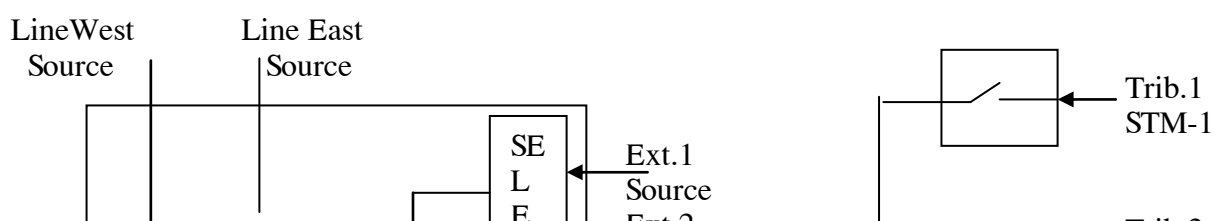
Chế độ này được thiết lập thông qua các thiết bị đầu cuối cục bộ (Local Terminal). Nó cho phép lựa chọn các luồng tín hiệu đồng hồ đầu vào khác nhau để vận hành vòng khoá phase PLL :

Tín hiệu vào tuyến cổng STM-1 (Line Port) theo hướng East và West.

Tín hiệu vào các cổng luồng (Trib Port) : STM-1 , 140 Mbps , 34 Mbps và 2 Mbps.

Hai cổng tín hiệu đồng bộ ngoài (Ext Timing Sig Ports) 2 Mbps hoặc 2 Mhz.

Tại cùng một thời điểm, chỉ có 3 nguồn đồng hồ được sử dụng , bao gồm 2 cổng tuyến và cổng thứ 3 là cổng luồng hoặc tín hiệu đồng hồ ngoài. Quá trình lựa chọn các luồng đồng hồ được mô tả như sau :



Lựa chọn nguồn đồng bộ

Các nguồn đồng hồ luồng (Tributary Timing Source) sẽ được chọn trước nhờ các thiết bị đầu cuối cục bộ cho phù hợp với các Carrd luồng và các cổng trên Card. Sau đó, tín hiệu đồng hồ luồng được chọn ở trên và các tín hiệu đồng hồ ngoài sẽ được chọn lựa theo thứ tự ưu tiên của chúng rồi kết hợp với hai nguồn đồng hồ tuyến công để đưa tới các bộ lựa chọn (Selector), toả ra 3 nhánh đồng hồ :

Đồng hồ tuyến hướng West.

Đồng hồ tuyến hướng East.

Đồng hồ hệ thống (System Clock).

Mỗi nhánh đồng hồ được cấu hình riêng rẽ để lựa chọn 1 trong 3 nguồn đồng hồ thực hiện đồng bộ hoá một cách độc lập với hai nhánh đồng hồ kia. Cấu hình vận hành độc lập này cho phép SMA vận hành được trong các mạng có nhiều loại tín hiệu đồng hồ.

Quá trình chọn lựa các nguồn đồng hồ được thực hiện thông qua ,Thiết bị đầu cuối cục bộ. Mỗi nhánh tín hiệu đồng hồ sẽ được đặt một mức ưu tiên khác nhau và giá trị ưu tiên cao nhất sẽ được thiết lập cho tín hiệu đồng hồ hay được sử dụng nhất.Khi chế độ Normal được thiết lập (thường dùng trong cấu hình ADM), cấu trúc đồng bộ sẽ được thực hiện bằng cách ưu tiên các nguồn đồng bộ và có thể hoạt động ở các chế độ :

Chế độ đồng bộ thẳng (Through Timing Mode)

Chế độ đồng bộ vòng (Loop Timing Mode)

Chế độ đồng bộ luồng (Tributary Timing Mode)

Chế độ đồng bộ ngoài (External Timing Mode)

Chế độ đồng bộ hỗn hợp (Mixed Timing Mode)

Chế độ đồng bộ BIST/SSU (BIST/SSU Timing Mode)

V.2. Chế độ lưu giữ.

Đây là chế độ dự phòng, xuất hiện khi tất cả các đầu ra của các nguồn tín hiệu đồng hồ bị sự cố. Ban đầu, khi hệ thống hoạt động bình thường, một bộ nhớ chức năng sẽ liên tục cập nhật các trạng thái của tín hiệu đồng hồ PLL.Khi xảy ra sự cố, bộ nhớ trên sẽ tự động thiết lập lại trạng thái mà nó đã ghi được cho nguồn có sự cố cho đến khi có nguồn mới hoạt động hoặc khôi phục được nguồn ban đầu.

V.3 Chế độ vận hành tự do.

Chế độ này có được thiết lập khi một thiết bị SMA được sử dụng để cung cấp tín hiệu đồng hồ cho mạng truyền dẫn chứa nó. Trong chế độ Freerunning không có các tín hiệu đồng hồ đầu vào hay tín hiệu đồng hồ được tách ra từ các luồng khác. Sự đồng bộ được tạo ra từ vòng khoá phase PLL riêng lẻ (trên Card chuyển mạch) cấu hình như một bộ dao động nội rất ổn định. Chế độ này chỉ dùng cho các mạng nhỏ, đối với các mạng lớn hơn cần phải có một bộ dao động ngoài (External Oscillator) để cung cấp cho SMA chủ (Master) thông qua một cổng đồng bộ ngoài (external Sync.Port). Chế độ vận hành tự do còn được gọi là chế độ vận hành mặc định và nếu có một thiết bị SMA không được đặt cấu hình đồng bộ thì nó sẽ hoạt động ở chế độ mặc định.

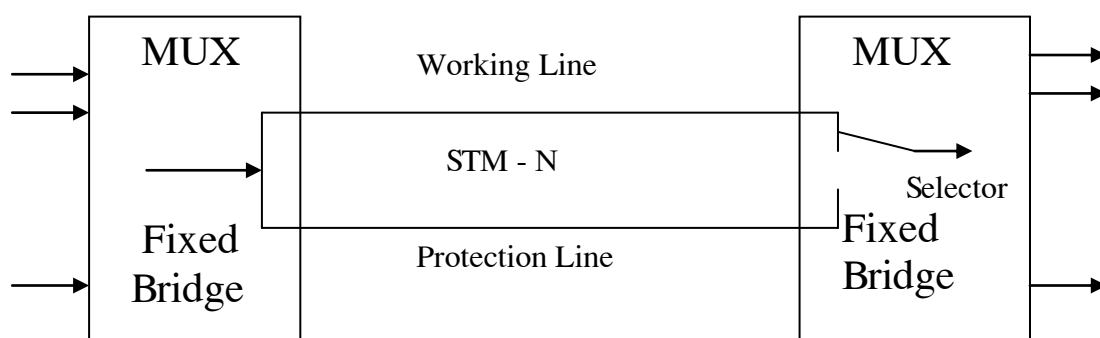
VI. CÁC TÍNH NĂNG BẢO VỆ.

Để khắc phục lỗi truyền dẫn trong SMA, chống lại các lỗi do bên ngoài gây ra thiết bị SMA được trang bị các tính năng bảo vệ - chủ yếu tạo ra các tuyến truyền dẫn dự phòng – nhằm đảm bảo chất lượng thông tin tốt nhất trên mạng truyền dẫn. Trong thiết bị SMA sử dụng một số cấu trúc bảo vệ.

VI.1 bảo vệ (1+1) cho đường truyền đoạn ghép kênh.

Trong thiết bị SMA, bảo vệ đường (1+1) có hiệu lực cho tất cả các giao diện tuyến và luồng. Các chức năng của giao diện vật lý đồng bộ, đầu cuối đoạn lặp, đầu cuối đoạn ghép kênh đều được sử lý trên cả 2 đường làm việc và bảo vệ. Tín hiệu trên cả đường là giống hệt nhau, đầu thu sẽ xác định từ các thông tin giám sát (được lưu trữ trong phần SOH) để lựa chọn đường truyền có chất lượng tốt nhất.

Cấu trúc bảo vệ có thể được thiết lập ở chế độ Revert hoặc Non-Revert một chiều hoặc hai chiều.



(1+1) Line Protection

Trong chế độ Revert, quá trình vận hành sẽ thiết lập lại đường truyền trước đó một cách tự động, nghĩa là khi chất lượng của một đường truyền dẫn là tốt thì nó được chỉ định làm đường truyền dẫn hoạt động.

Còn ở chế độ Non-Revert thì không có sự tái thiết lập tự động, các đường truyền hoạt động và bảo vệ sẽ chuyển đổi chức năng cho nhau để vận hành một cách linh hoạt.

VI.2. Bảo vệ đường (1+1) cho sự kết nối các mạng con có giám sát đường truyền . (Subnetwork Connection Protection With Path Monitoring).

Cấu trúc bảo vệ này đạt được thời gian chuyển mạch nhanh và được sử dụng trong bất kỳ cấu hình mạng nào có thể thiết lập được 2 đường vật lý độc lập.

Thiết bị SMA cung cấp chuyển mạch bảo vệ ở tất cả các mức TU-12, TU-2, AU-3, AU-4.

Sự chuyển mạch tự động được thực hiện khi xuất hiện các cờ.

Lỗi tín hiệu phục vụ SSF (Sever Signal Failure) : cờ này xuất hiện khi phát hiện ra một trong các điều kiện :

Có cảnh báo mất thông tin con trỏ TU/AU (LOP = Loss of Pointer).

Có tín hiệu cảnh báo AIS (Alarm Indication Signal).

Tất cả các lỗi tín hiệu ở các lớp cao hơn làm xuất hiện TU/AU – AIS.

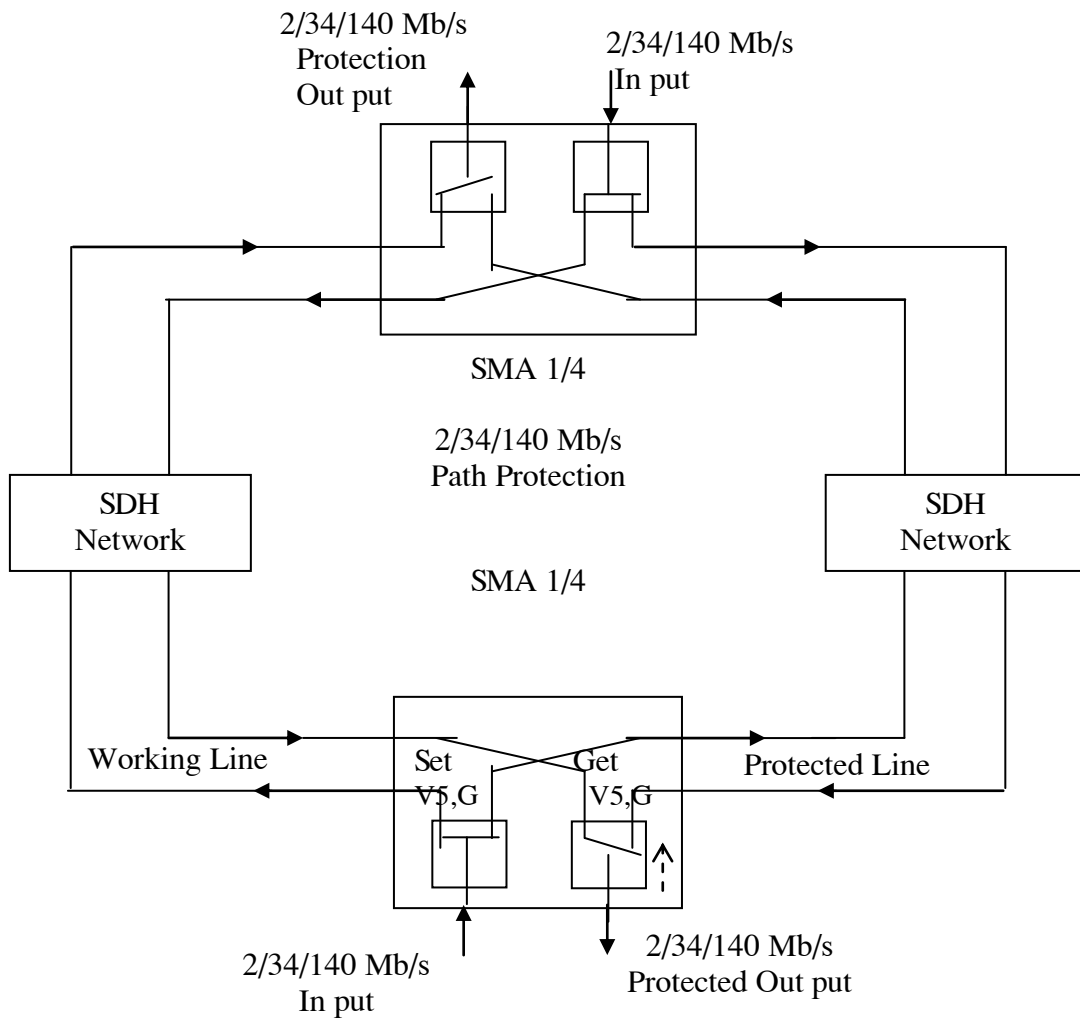
Lỗi tín hiệu đánh dấu TSF (Trail Signal Failure) : cờ này xuất hiện khi phát hiện ra 1 trong các điều kiện :

Không thu được tín hiệu nhận dạng đường truyền .

Sai lệch tín hiệu nhận dạng đường truyền .

Sai lệch nhãn tín hiệu .

Vượt quá tỉ số lỗi bit cho phép .



(1+1) PATH PROTECTION

Lỗi suy giảm tín hiệu đánh dấu TSD (Trail Signal Degraded) : cờ này xuất hiện khi tỷ số lỗi bit BER lớn hơn $10^{-5} \div 10^{-9}$.

Khi xảy ra lỗi tín hiệu ở một hướng , tín hiệu sẽ chuyển ngay lập tức sang hướng ngược lại . Thông tin để điều khiển sự chuyển mạch này được truyền dẫn thông qua bit 6 của byte G1 trong VC-3/VC-4.POH và bit 4 của byte V5 trong VC-1/VC-2.POH.

VI.3 Bảo vệ đoạn ghép kênh trong cấu hình mạng vòng . (MS-Ring Protection):

Cấu trúc bảo vệ này cung cấp khả năng tự chuyển đổi , phục hồi trên cả hai hướng của mạng Ring khi xảy ra sự cố . Thông tin điều khiển được trao đổi giữa các SMA thông qua byte K1 và K2 của phần MSOH.

VI.4 Bảo vệ CARD (Card Protection) :

Bảo vệ Card được thực hiện chủ yếu bằng việc nhân đôi các thành phần hoạt động hiệu quả . Card luồng 2 Mbps có thể cung cấp bảo vệ (1 : N) , khi đó , Card bảo vệ được chỉ định sẵn trong giá máy , việc chuyển đổi Card được thực hiện bởi một lệnh điều khiển tương ứng với lỗi đã được nhận dạng thông qua 1 bus bảo vệ . Card điều khiển ghép kênh sẽ chuyển các luồng thông tin đến Card luồng dự phòng và loại bỏ Card có sự cố . Còn các luồng 34 Mbps , 140 Mbps được cung cấp chế độ bảo vệ (1+1) . Chuyển mạch bảo vệ có thể được thực hiện từ EMOS hoặc từ thiết bị khai thác cục bộ LCT.

VII.LIÊN LẠC TRONG MẠNG :

Việc liên lạc trong mạng được thực hiện thông qua mạng LAN (Local Area Network) khi cần liên kết thông tin giữa Bộ quản lý phần tử và bộ ghép kênh tuyến công hoặc thông qua kênh thông tin dữ liệu DCC khi cần liên lạc giữa bộ ghép kênh tuyến công và các thiết bị SMA khác trong mạng . Các phần tử trong mạng truyền dẫn SDH sẽ được cung cấp một địa chỉ NSAP (Network Service Access Point) duy nhất . Các địa chỉ NSAP được đưa vào dữ liệu của EMOS và như vậy ,EMOS có thể liên lạc được với bất kỳ phần tử nào của mạng.

CHƯƠNG II

THIẾT BỊ SXC 4/1

I. GIỚI THIỆU THIẾT BỊ:

Thiết bị phối luồng SXC (Synchronous Cross Connect) là phần tử linh hoạt của mạng truyền dẫn SDH, nó thực hiện các chức năng ghép kênh và kết nối chéo các luồng tín hiệu số dưới sự điều khiển của phần mềm. SXC có thể làm việc trong các môi trường PDH và SDH và cả trong môi trường hỗn hợp. Nó cho phép mạng có thể đáp ứng được mọi yêu cầu vận hành một cách nhanh chóng đồng thời giảm bớt số lượng công việc quản lý cho điều khiển và giám sát mạng.

CÁC ĐẶC ĐIỂM CHÍNH CỦA THIẾT BỊ SXC .

+ Cung cấp khả năng kết nối và linh hoạt các luồng tín hiệu số có tốc độ dưới sự điều khiển của phần mềm. Chức năng này cũng được gọi là chuyển mạch không khối (Non-Blockinh) và có dung lượng lớn hơn nhiều so với chuyển mạch không khối của các HDM. Chất lượng các kết nối được giám sát và đánh giá một cách liên tục.

+ Sử dụng dung lượng của các tuyến truyền dẫn một cách tối ưu.

+ Có chức năng như một cổng truyền dẫn linh hoạt giữa các mạng PDH và SDH.

+ Cấu hình đa dạng với các cổng và ma trận kết nối có dung lượng 1e với 256 luồng STM -1 (đối với SXC 4/1) và 1024 luồng STM-1 (đối với SXC 4/4). Số cổng và dung lượng của các ma trận kết nối có khả năng mở rộng mà không làm gián đoạn sự truyền dẫn của tín hiệu.

+ Có khả năng dự phòng toàn diện và chuyển mạch tự động một cách nhanh chóng khi xảy ra sự cố. SXC cũng có thể được sử dụng làm hệ thống chuyển mạch bảo vệ theo kiểu tái trộn hướng (mạng Ring).

+ Việc nạp và nâng cấp phần mềm được thực hiện dễ dàng.

+ Là giao diện chuẩn cho hệ thống quản lý mạng.

+ Có khả năng thay thế các luồng đang khai thác bằng một luồng khác có dung lượng hoàn toàn bằng phần mềm mà không phải đấu nối bằng nhân công.

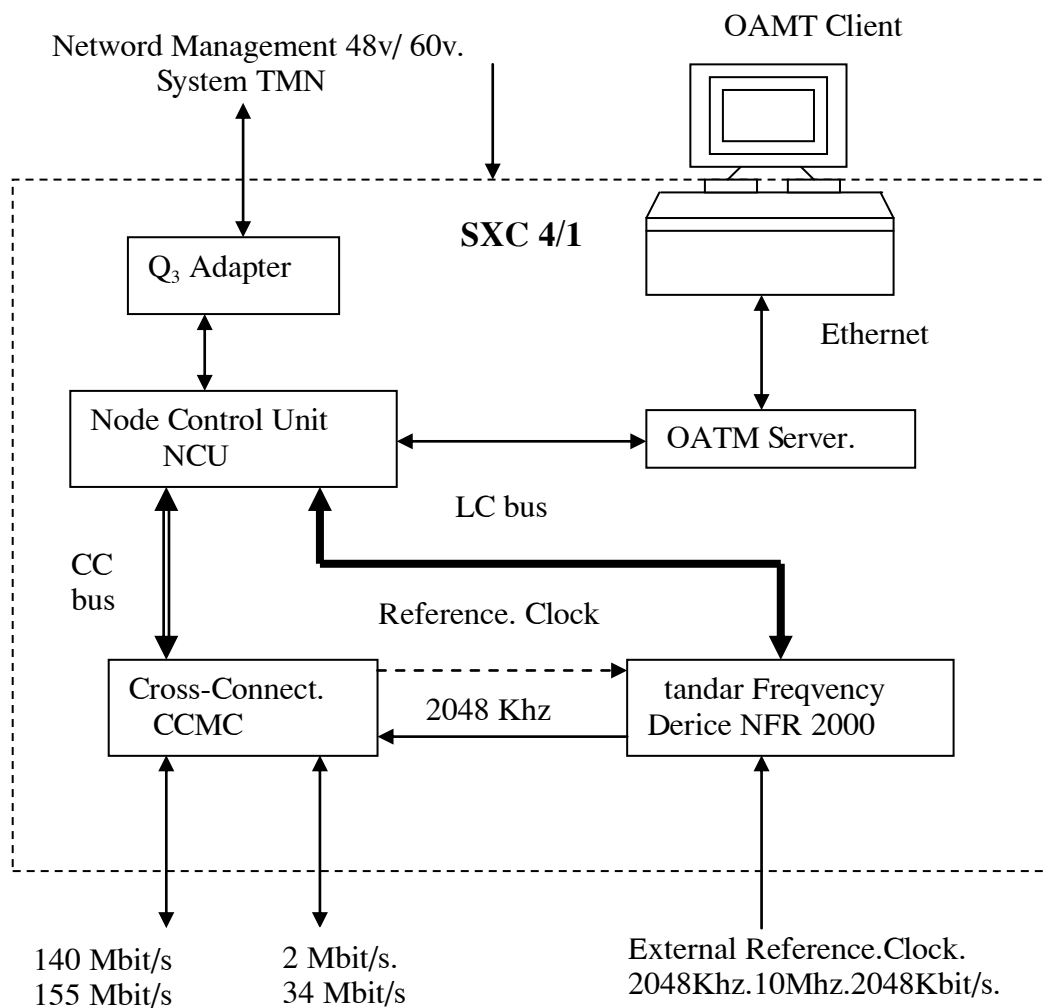
+ SXC có khả năng phân tuyến lưu thoại , có thể phân chia lưu thoại đến các mạng khác nhau như mạng công cộng , mạng dữ liệu.

II. CẤU HÌNH THIẾT BỊ.

CẤU HÌNH SXC 4/1.

Chủ yếu được sử dụng trong việc quản lý mạng và thiết lập các luồng 2Mbps. riêng rẽ cho các thuê bao.

Thiết bị SXC 4/1 có sơ đồ như sau:



Sơ đồ khối chức năng của thiết bị SXC 4/1.

Bộ kết nối chéo CCMC: (Cross Connect Multiplexer C) bao gồm các giao diện cho công luồng PDH, các bộ ghép / phân kênh, các ma trận kết nối nhiều luồng (Multi - Stage) và các mạch giám sát cần thiết. Nó có khả năng mở rộng phạm vi hoạt động đến 256 luồng STM-1 hoặc dung lượng tương đương.

Bộ điều khiển nút mạng NCU: có nhiệm vụ điều khiển và giám sát SXC 4/1. Tất cả các chức năng của NCU đều có thể được thực hiện từ hệ thống quản lý mạng (Network Management System) thông qua bộ thích ứng Q3 hoặc từ thiết bị đầu cuối vận hành quản lý và bảo dưỡng OAMT (Operation Administration and Maintenance Terminal). NCU thường được trang bị thêm đĩa cứng dự phòng dùng để lưu giữ các chương trình và dữ liệu vận hành. OAMT là một thiết bị vào / ra dữ liệu đồng thời kèm theo một mạng liên kết nhằm đảm bảo truyền dẫn tốc độ cao giữa OAMT (khách hàng) (Client) và OAMT (phục vụ) (Service).

Thiết bị tần số chuẩn NFR 2000 có nhiệm vụ xử lý và phân phối tín hiệu đồng hồ trong SXC 4/1. Đồng thời NFR 2000 cũng cung cấp tín hiệu đồng hồ cho các phân tử mạng cấp cao hơn.

Nguyên lý hoạt động :

Thiết bị SXC 4/1 thực hiện chức năng kết nối băng rộng. Tất cả các tín hiệu đồng bộ đầu vào đều được phân chia vào các cấp VC. (VC-4 ; VC-3 ; VC-2; VC 12) và được cung cấp một sự sắp xếp mới ở đầu ra. Điều khiển chuyển mạch được thực hiện bởi sự giám sát hệ thống hoặc bởi hệ thống vận hành quản lý mạng SDH. Các thực hiện cận đồng bộ đầu vào (140/ 45/ 34/ 2/ 1,5/Mbps) đều được sắp xếp vào các container thích hợp trước khi chuyển mạch. SXC 4/1 sử dụng cấu trúc ghép kênh của ETSI (không có cấp AU-3) sự chuyển mạch của luồng 1,5 Mbps và 45 Mbps được thực hiện ở cấp TU- 1.2 và TU-3 gắn trong khung STM-1. Sự kết nối tới mức VC-1.(VC-11 và VC-12) luôn được thực hiện ở cấp TU-12.

Thiết bị SXC 4/1 có thể được điều khiển tập trung bởi hệ thống vận hành quản lý mạng SDH kết nối với nó qua giao diện Q3. Thiết bị OAMT dành cho việc và giám sát các SXC có thể được kết nối với SXC 4/1 thông qua giao diện đầu cuối khai thác cục bộ LCTI (Local Craft Terminal Interface). Một thiết bị OAMT cũng có thể được nối với nhiều OAMT.

III. ỨNG DỤNG CỦA THIẾT BỊ :

III.1. SXC 4/1 trong nút mạng (NETWORK NODE)

Thiết bị SXC có thể phục vụ cho nhiều mục đích khi được kết nối trong nhiều mạng truyền dẫn. Bên cạnh các yêu cầu chức năng, sự kết hợp trong nhiều kiểu mạng như mạng SDH, PDH, mạng nối, mạng hiện có... và sự liên kết nhiều kiểu thiết bị khác nhau đều được đáp ứng. SXC có thể kết nối tới hầu hết các kiểu thiết bị trong mạng như thiết bị tuyến hoặc vô tuyến số, thiết bị tuyến quang, các ADM, các bộ ghép/ phân kênh PDH...

Thiết bị SXC cung cấp các chức năng đặc biệt như truy nhập vào từ mào đầu hay các giao diện quang. Nó cho phép SXC tập trung thực hiện chức năng chính: “kết nối các luồng tín hiệu số ở các tốc độ khác nhau”. Sự quản lý các tuyến truyền dẫn không phải được kết hợp bên trong SXC, điều này cho phép việc nâng cấp được thực hiện dễ dàng trong khi chức năng chính của SXC không thay đổi.

Sự đồng bộ các nút mạng được thực hiện bởi thông tin định thời được tách ra từ hệ thống tuyến hoặc từ các ADM. Việc quản lý các nút mạng được thực hiện bằng cách kết nối trực tiếp SXC tới hệ thống quản lý tập trung (Centralised Management System) trong khi các hệ thống tuyến và các ADM sử dụng thiết bị trung gian. Bằng cách này, tất cả các thông tin đều có thể được sử dụng trong hệ thống quản lý, yêu cầu mỗi phần tử mạng đều được giới hạn ở mức cần thiết và cũng tránh được các chức năng dư thừa.

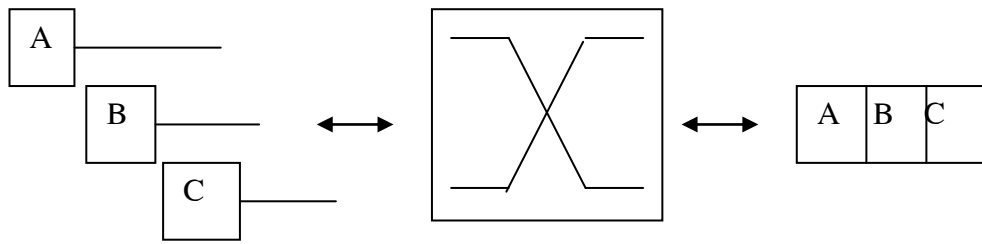
III.2. Ứng dụng SXC trong mạng truyền dẫn.

Thiết bị SXC 4/1 thực hiện việc kết nối tất cả các VC cấp thấp và cấp cao đồng thời có thể ghép/ phân kênh bất kỳ luồng PDH, SDH nào với nhau. Sự kết hợp các chức năng này cho phép SXC 4/1 được sử dụng để kết nối mạng truy nhập (Access Transport Network). Thiết bị SXC 4/1 cung cấp các chức năng sắp xếp, kết hợp, tách riêng các luồng tín hiệu làm hoạt động của mạng đạt được sự tối ưu khi sử dụng các dung lượng tuyến truyền dẫn hiện có mà không ảnh hưởng đến sự linh hoạt của mạng.

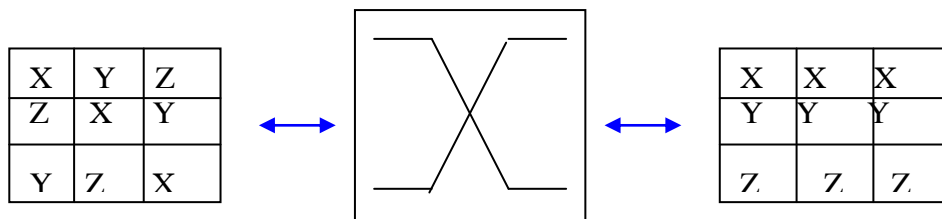
IV. CÁC LỰA CHỌN KẾT NỐI CHÉO.

Thiết bị SXC thực hiện các chức năng phối luồng dưới sự điều khiển của hệ thống quản lý mạng TMN như sau:

Hợp nhất / tách riêng : (Consolidation / Hubbing)

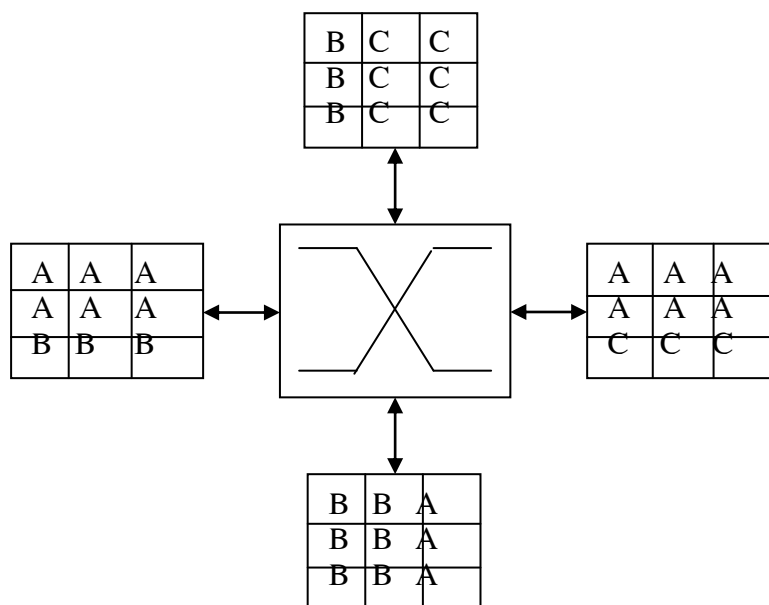


Thiết bị SXC có thể hợp nhất các luồng tín hiệu đơn lẻ thành một luồng khác và cũng có thể tách một luồng tín hiệu thành nhiều luồng riêng lẻ, do đó tạo ra khả năng sử dụng dung lượng của các tuyến truyền dẫn một cách tối ưu Sắp xếp : (Grooming).



Dữ liệu tại đầu thu của SXC sẽ được phân loại (Sorting) theo một cách nhất định đã được định nghĩa từ trước. Dữ liệu sau khi thực hiện chức năng nhóm sẽ được sắp xếp theo từng loại được định nghĩa trước ở đầu ra của SXC.

Tạo tuyến linh hoạt : (Flexible Routing).



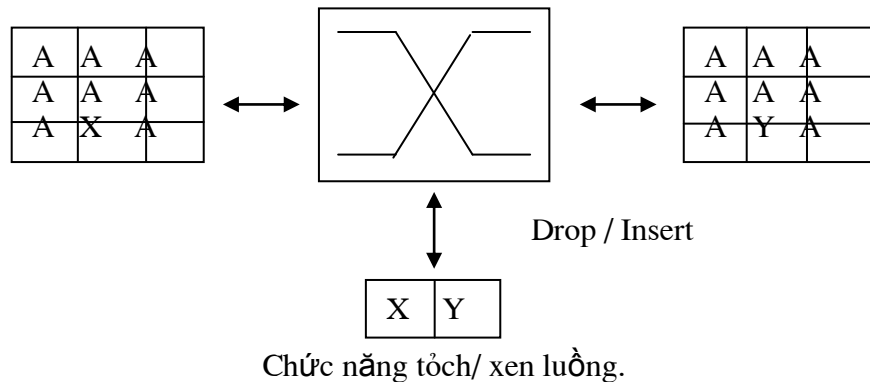
CHỨC NĂNG TẠO TUYẾN

Các tín hiệu đơn lẻ từ bất cứ hướng nào cũng có thể được chuyển tới hướng thích hợp. Do vậy các tuyến truyền dẫn đơn lẻ được sử dụng một cách tối ưu và có thể

chuyển các tuyến này tới các tuyến truyền dẫn nguyên vẹn khác trong trường hợp đường truyền xảy ra sự cố .

Tách / xen luồng (Drop- insert).

Thiết bị SXC cũng có thể được thực hiện việc xen kẽ các luồng tín hiệu như ADM.



V. ĐỒNG BỘ

Thiết bị tần số chuẩn NRF 2000 cung cấp tín hiệu đồng hồ 2048 Khz để đồng bộ các SXC, bản thân NRF 2000 cũng được đồng bộ bởi các tín hiệu chuẩn ngoài .

Các tín hiệu chuẩn đó là :

- Tín hiệu 10 Mhz được đưa đến theo tiêu chuẩn tần số nguyên tử Cesium tuân theo khuyến nghị G.811 của ITU-T.
- Tín hiệu đồng hồ chuẩn 2048 Khz .
- Tín hiệu 2 Mbps

Tất cả các nguồn đồng bộ đều được giám sát liên tục, trong trường hợp có sự cố thì NRF 2000 sẽ vận hành như một bộ dao động thạch anh và tạo ra tín hiệu đồng hồ ổn định phù hợp với tiêu chuẩn G 812 của ITU-T, sự thay đổi nguồn đồng bộ không gây ra lỗi bit.

Tín hiệu đồng hồ chuẩn với độ chính xác cao sẽ được đưa tới tối đa là 60 đầu ra. Như vậy, tín hiệu đồng hồ có thể cung cấp cho nhiều thiết bị truyền dẫn khác trong cùng một trung tâm viễn thông.

V.1 . Các tính năng bảo vệ.

Thiết bị SXC cung cấp khả năng bảo vệ ở mức mạng và mức thiết bị . Bảo vệ ở mức mạng được thực hiện ở cả đường cấp cao và cấp thấp. Bảo vệ ở mức thiết bị được thiết kế nhằm tăng cường các khả năng của bản thân thiết bị, nó được thực hiện bằng

các trang thiết bị thêm các phân hệ (Subsystem) hay các khối đặt sẵn (Single Plug-in Units). Thiết bị SXC cung cấp các lựa chọn bảo vệ sau:

V. 2. Bảo vệ sự kết nối :

Bảo vệ sự kết nối được cung cấp bởi SXC 4/1 ở các mức VC-4 ,VC-3 , VC-2,VC-12 và được áp dụng cho bất kỳ cấu hình mạng nào . Sự chuyển mạch bảo vệ được điều khiển bằng NCU (chuyển mạch bảo vệ được điều khiển hoàn toàn bằng phần mềm). NCU được thông báo về các chuẩn chuyển mạch của luồng tín hiệu truyền qua SXC. Trong khi đó, chế độ bảo vệ các giá con giao diện SDH của ma trận kết nối được điều khiển bằng phần cứng. Chế độ bảo vệ này được giới hạn cho các đường trong các Card giao diện được lắp đặt trong cùng một hàng của giá máy kiểu bảo vệ sự kết nối này cũng được sử dụng cho SXC 4/4 ở mức VC-4 và các mức tín hiệu PDH. Chuyển mạch bảo vệ được thực hiện ở chế độ Non- Revert .

V.3. Bảo vệ card giao diện:

Kiểu bảo vệ này được sử dụng cho SXC 4/1 bao gồm :

- Bảo vệ (1: N) Card 140 Mbps (N=1÷7).
- Bảo vệ (1: N) Card 2Mbps (N = 1÷15).

Chuyển mạch bảo vệ được thực hiện bởi người vận hành khi một trong số các card có lỗi. Tất cả các dữ liệu cấu hình Card được đưa đến cả Card làm việc lẫn Card dự phòng và có thể chuyển đổi cho nhau. Các lưu lượng tín hiệu ở mức ưu tiên thấp không thể truyền qua các Card dự phòng .

Ngoài các tính năng kể trên, thiết bị SXC còn cung cấp các tính năng bảo vệ:

- Bảo vệ (1+1) mạng chuyển mạch
- Bảo vệ (1+1) sự phân phối và tái tạo tín hiệu định thời.
- Bảo vệ (1+1) cho đơn vị điều khiển và Bus điều khiển nội bộ.
- Bảo vệ (1+1) các giao diện điều khiển CC BUS trong NCU và trong CC BUS.

Dữ liệu của NCU đều được lưu vào đĩa cứng ,do đó toàn bộ hệ thống sẽ được khởi động lại một cách tự động khi xảy ra sự cố.

VI. QUÁ TRÌNH VẬN HÀNH :

Thiết bị SXC có thể được vận hành trực tiếp hay từ xa thông qua OAMT. Khi cần thiết nhiều thiết bị SXC có thể được vận hành từ một OAMT chủ gọi là MOAMT (Master OAMT).

Cấu hình này có chi phí thấp và có thể truy nhập tối đa là 8 thiết bị SXC 4/1. Mặt khác nhiều OAMT cũng có thể được nối với một SXC 4 /1. Do đó có thể phân công chức năng và nhiệm vụ riêng cho từng OAMT. Trong trường hợp này, OAMT cục bộ sẽ điều khiển các thủ tục truy nhập.

OAMT cung cấp cơ cấu vận hành thuận tiện, được thiết lập trước bằng các Menu và các giao diện người sử dụng. Các dữ liệu đưa vào thông qua màn hình hội thoại, được kiểm tra dạng chính xác và khả năng có thể thực hiện. Thông tin trợ giúp có thể dùng được tất cả các chức năng vận hành. Việc truy nhập tới OAMT được bảo vệ bằng một hệ thống các từ khoá riêng biệt.

VII. CÁC CHỈ TIÊU KỸ THUẬT CỦA THIẾT BỊ SXC 4/1.

Các chỉ tiêu kỹ thuật (Technical Specification).

Thiết bị nối chéo đồng bộ SXC 4/1 có thể đáp ứng mọi yêu cầu của môi trường truyền dẫn tiêu chuẩn mà nó được sử dụng theo các ứng dụng :

1. Các phần mở rộng (expansion Stage).

Số lượng cổng tương ứng cổng 2Mbit/s...2048 , 4096, 8192, 16384 .

Số cổng tương ứng cổng STM-1 32, 64, 128, 256 .

2. Ma trận đầu nối (Connection Matrix) .

Các cấp chuyên mạch bên trongTU-12, TU-2, TU-3, AU-4 .

3. Các giao diện số (Digital Interfaces) .

Các giao diện 2Mbit/s (ITU-T G. 703).

Tốc độ bit 2048 Kbit/s \pm 59 pps .

Loại mã HDB 3.

Khắc phục suy giảm cáp tối đa 6 dB tại 1024 Khz .

Trở kháng 75 Ω asym hoặc 120 asym.

Giao diện 34 Mbit/s (ITU-T G. 703).

Tốc độ bit 34368 Kbit/s \pm 20 pps .

Loại mã mã HDB 3 .

Khắc phục suy giảm tối đa 12 dB tại 17184 Khz .

Trở Kháng 75Ω asym .

Giao diện 140 Mbit/s (ITU-T G.703).

Tốc độ bit 139264 Kbit/s ± 15 pps .

Loại mã mã CMI .

Khắc phục suy giảm tối đa 12 dB tại 70 Mhz .

Trở kháng 75 Ω asym .

Giao diện 155 Mbit/s (ITU- T G. 703).

Tốc độ bit 155520 Kbit/s .

Loại mã CMI .

Khắc phục suy giảmtối đa 12 dB tại 78 Mhz .

Trở kháng 75Ω asym .

4. Giao diện điều khiển Q3 (Control Interface).

Giao thức giao thức Q theo G. 733 ITU-T

5. Các giao diện đồng hồ (Clock Interface).

Đối với tín hiệu 2048 Khz (ITU-T G.703/20).

Loại tín hiệutín hiệu số hoặc tương tự (G.703, ITU-T).

Khắc phục suy giảm cấp.....tối đa là 9 dB tại 2048 Khz .

Đối với tín hiệu 2048 Kbit/s (G.703/6 của ITU-T).

Loại tín hiệuHDB 3.

Khắc phục suy giảm cấptối đa 6dB tại 1024 Khz đối với tín hiệu 10 Mhz .

Loại tín hiệu tín hiệu tương tự .

Khắc phục suy giảm cấp tối đa 15 dB tại 10 Mhz .

6. Bộ điều khiển nút NCU (Node Control Unit).

Phần cứng (Hardware) .

- Bộ xử lý trung tâm MPU (Main Processor Unit) .

Bộ vi xử lý80486 .

Dual Port Ram8M byte .

SRAM512 K byte.

EPROM5/2 K byte.

- Bộ nhớ MU (Memory Unit). Đĩa cứng HDU (Hard Disk Unit) .

DRAM 32 M byte .

Bộ đệm (Cache).....64 K byte .

Hai ổ cứng mỗi ổ 105 M byte .

- Bộ điều khiển đĩa DCU (Disk Control Unit) .

Giao diệnSCSI

- Bộ xử lý vào ra IOP (Input / out put Procссор) .

Số lượng tối đa là 5 bộ .

Số giao diện trên một IOP 4 giao diện RS 485 .

Phần mềm : (Soft Ware).

Hệ thống vận hành RMOS .

Ngôn ngữ lập trình C .

7. OAMT Client .

Trạm làm việcSun SPARCTT .

Bộ xử lý trung tâm Micro SPARCTT – Rise .

Bộ nhớ chính32 M byte .

Đĩa cứng 1 G byte .

Đĩa mềm loại 3 ÷5 inch 1,4 M byte .

Máy in Laze SPRN –600.

Màn hình màu 20 inch , 1152 × 900 pixel .

Tốc độ làm sạch (Refresh) là 76 Hz.

Cassette drive. 14 Gbyte, 8mm.

*** OAMT. Server.**

Trạm làm việc.....SPARC CPU-5^V

Bộ xử lý trung tâmMicro SPARC TT-Risc.

Bộ nhớ chính.....64 M byte.

Đĩa cứng.....1 G byte.

Giao diện người dùng.....X – windows và Motif.

Phần mềm cho Client và Server.

Hệ thống vận hành.....Sun Solaris 2.3

Ngôn ngữ lập trình.....C.

8. Multiple OAMT.

Phần cứng

Operator Terminal Client.

Trạm làm việc Sun SPARC Station

Bộ xử lý trung tâm.....Super SPARC. RISC

Bộ nhớ chính128 Mbyte

Đĩa cứng.....1 G byte.

9. Q3 Adapter.

Phần cứng:

Trạm làm việcSuper SPARC

RAM.....128M byte.

Đĩa cứng.....1 or 2 Gbyte.

Phần mềm

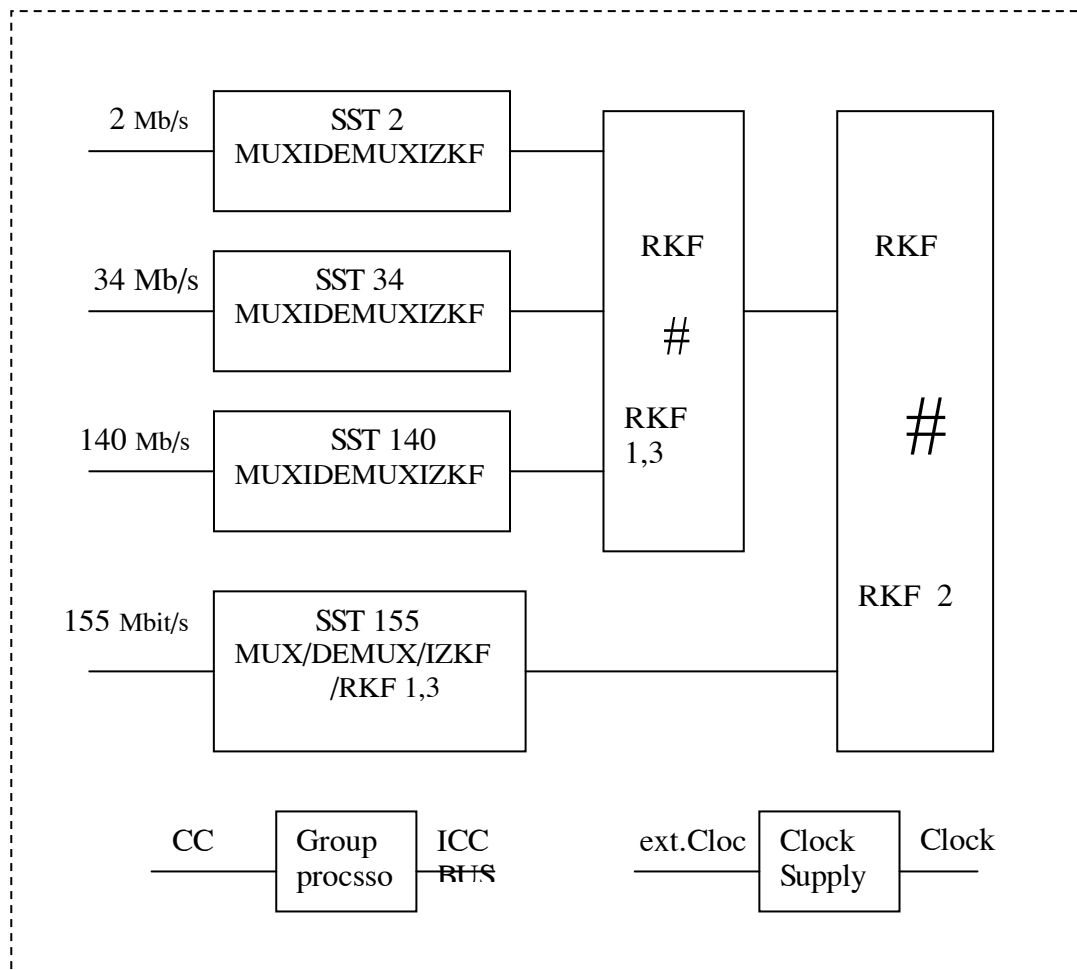
Hệ thống vận hành.....Solaris 1.1.1.

Ngôn ngữ lập trình.....C, C ++

10. Nguồn cung cấp (power Supply).

Điện áp đầu vào -36^v ÷ -75^v

Dòng vận hành.....được lập riêng và được cấu hình dự phòng cho từng giá và giá con.



Sơ đồ khối các giao diện chức năng của CCMC .

TRK	SX	NFR
PIF	SX	NCU
PIF	SIF	Q3A

32 STM 1

XIF . Interface Subrack . PDH . SDH .
(SST2 – 140/SR 155)

SX Connection Matrix Subrack RFK.TRK .
Clock/ Controller / Connection .
Matrix Subrack .
NCU . Node Control Unit.

TRK	TRK	SX	SX	NFR
PRF	PRF	SX	SX	NCU
PIF	PIF	SIF	SIF	Q3A

64 STM-1

Q3A Q3A Adapter and OAMT Server.

NFR . Standard
Frequen of Device.

TRK	TRK	SX	SX	SX	SX	TRK	NFR
PIF	PIF	SX	SX	SX	SX	PIF	PIF
PIF	PIF	SIF	SIF	SIF	SIF	PIF	PIF

256 STM-1

Sắp xếp giá con và giao dịch.

CHƯƠNG III

THIẾT BỊ SL4

I. Đặc điểm kỹ thuật : (Technical Specification).

Bước sóng	nm	1.280 tới 1335	1928 tới 1320	1510 tới 1560	1530 tới 1555			
Diode Laser		FP.low Power Version	FP Standard Version	DFB Standard Version	Distributed Feedback High-Power-Version			
Mức sử dụng (ITU-T G.957)	nm							
Độ rộng phổ	dB	S - 4 . 1	L - 4.1	L-4.2/L-4.3	JE - 4.2 / JE - 4.3			
Nén mode cạnh		< 2.5	< 17	< 0.5	< 0.5			
Hệ số triệt tiêu		-	-	< 0.5	>30			
Mức truyền dẫn tại Sourle.	dB	< 0.15	< 0.1	> 30	< 0.1			
	m	-15 ÷ -8	-3 ÷ 0	< 0.1	+3÷+6	12÷15 có bộ khuếch đại quang		
Hướng thu IngaAs-APD High-Sensytivity Version		Ge-APD Standard Version	IngaAs APD Standard Version	IngaAs APD Standard Version	IngaAs-APD High-Sensytivity Version	IngaAs APD Standard Version		
Mức thu với tỉ lệ lỗi bit ≤ 10 .	dB	-34 ÷ -3	-36 ÷ -8	-36 ÷ -8	-39 ÷ -17	45 ÷ 15 có bộ tiền K. đại.		
Sợi đơn mode.	ps/n	90	130	130	3500	4000	5000	5000
Tán xạ cho phép.	m	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 2	< 2
Suy hao do tán xạ	dB	0 ÷ 18	3÷30	8÷32	10÷32	23÷41	32÷49	30÷50
Suy giảm đoạn cho phép.	dB							

Các giao diện (Interfaces)

Giao diện vào ra tuyến quang (G.707 ÷ G.709 .G.957, G.958 của ITU-T).

Tốc độ bit.....622.080 Mb/s.

Mã sử dụng.....Mã nhị phân NRZ.

Giao diện vào ra luồng tín hiệu điện 140 Mb/s (G.703 của ITU-T).

Tốc độ bit.....139.246 Mb/s.

Mã hoámã CMI.
 Điện áp thông thường U_{0-p}1v.
 Suy giảm cáp tại 70 MHz.....12dB.
 Trở kháng thông thường.....75 Ω .
 Độ di phase (Jitter).....theo G.823 của ITU-T.
 Giao diện vào ra luồng tín hiệu điện 155Mb/s (G.703 của ITU-T)
 Tốc độ bit.....155.520 Mb/s.
 Mã hoá.....mã CMI.
 Điện áp thông thường.....1v.
 Suy giảm cáp tại 70 MHz.....12,7 dB.
 Trở kháng thông thường75 Ω .
 Độ di phase (Jitter).....theo G.958 của ITU-T.
 Giao diện vào ra luồng tín hiệu quang 155M bit/s (G.958 của ITU-T)
 Tốc độ bit.....139.264 Mb/s.
 Mã hoá.....mã nhị phân NRZ.
 Mức truyền dẫn-8dB ÷ -15dBm.
 Bước sóng.....1300nm.
 Suy hao quang cho phép trên tuyến.....12dB.
 Giao diện cho đồng bộ đồng hồ mạng (G.703 của ITU-T).
 Giao diện đầu vào T3 in.
 Tần số đầu vào.....2048 KHz.
 Điện áp đầu ra U_{0-p}0,5v ÷ 1,9v (cân bằng).
 Có thể chuyển đổi thành0,357v ÷ 1,5v (không cân bằng).
 Trở kháng đầu vào120 Ω (cân bằng).
 Có thể chuyển đổi thành.....75 Ω (không cân bằng).
 Liên kết DCC_R.
 Loại giao diệngiống như giao diệnV-11 của ITU-T.
 tốc độ bit.....192 Kbit/s.
 Kênh thông tin dữ liệu DCC_M.

Loại giao diệngiống như giao diệnV-11 của ITU-T.

Tốc độ bit.....567 Kbit/s.

Các đường dây phục vụ RS và MS.

Dải tần.....300Hz ÷ 3400Hz.

Mode vận hành.....4 dây (4wire).

Thông qua giao diện PBX.....2 dây(2 wire).

Kiểu điều chếPCM (Pulse Code Modulation).

Tốc độ bit.....64 Kbit/s.

Giao diện cho các kênh phụ trợ.

Các kênh phụ trợ trong tín hiệu STM-4 sử dụng tối đa là 5 kênh.

Kênh phụ trợ	ITU-T G.703 64	Loại giao diện. Tốc độ bit theo Kbit/s. Giống như V.11 ITU-T			
		64	192	576	512
AU x 1	+	+	+	+	
AU x 2	+	+	+	+	
AU x 3				+	
AU x 4	+				
AU x 5		+	+		+

Kênh phụ trợ trong tín hiệu STM-1 có tối đa là 3 kênh như sau:

Kênh phụ trợ	ITU-T G.703 64	Loại giao diện. Tốc độ bit theo Kbit/s. Giống như V.11 ITU-T			
		64	192	576	512
AU x 1	+	+	+	+	
AU x 2	+				
AU x 3		+	+		+

Giao diện cho tín hiệu báo số 7.

Đầu ra cảnh báo.....ZA(A) , ZB(B).

Giao diện cho các cảnh báo nội bộ.

Loại giao diện.....E & M.

Số đầu vào.....6.

Số đầu ra.....4.

Giao diện cho đầu cuối vận hành F (OT).

Loại giao diện.....V.24 (RS232C).

Tốc độ truyền dẫn.....9.6 Kbit/s.

Giao diện cho mạng quản lý viễn thông TMN.

Giao diện Qx.

Sắp xếp giao thức..... theo khuyến nghị G.733.Q 811, Q 812.

Giao diện QD₂.

Sắp xếp giao thức trong lớp 1 và 2 của OSI.....theo G.733 của ITU-T.

Giao diện Q₃ theo khuyến nghị G.733 của ITU-T và tiêu chuẩn của Q 811 của ETSI.

Nguồn cung cấp.

Điện áp đầu vào..... -36v ÷ -75v.

Công suất tiêu thụ ở điện áp 60v và được trang bị đầy đủ.

SLT4..... xấp xỉ 100w.

SLR4..... xấp xỉ 85w.

TỔNG QUAN THIẾT BỊ

Thiết bị chỉ định.	Mã số thiết bị.
Thiết bị SL4.....	S42022-L3020-A1.
Giá cho SL4 và SL16.....	S42023-P331-A1.
Panel đầu cuối.....	-P326-A1.
Giá con cho	
-SLT4.....	-L 3148-B12.
-SLR4.....	-L 3149-B12.
Phần mềm quản lý hệ thống.....	P42022-P3-A300.
Đầu cuối vận hành.....	Máy tính cá nhân phù hợp với tiêu chuẩn công nghiệp.
Kích thước theo mm (W x H x D).	
Giá (Rack).....	600 x 2200 x 300.

Panel đầu cuối.....	533 x 200 x 207.
SLT4.....	535 x 200 x 207.
SLR4.....	535 x 436 x 252.

II. Thiết bị SL4.

Thiết bị SL4 được sử dụng để truyền dẫn 4 luồng STM-1 ở tốc độ 155 Mbps hoặc 4 luồng tín hiệu cận đồng bộ 140 Mbps. Nó cũng có thể truyền kế hợp cả hai loại tín hiệu này. Tín hiệu được truyền dẫn trên sợi quang SM ở khoảng bước sóng 1310 nm hoặc 1550 nm. Tín hiệu STM-1 quang hoặc điện có thể được đưa tới các đầu vào SL4 cũng được dùng để cấu thành thiết bị đường truyền SL16 (2.5 bit/s).

1. Đặc điểm của thiết bị SL4.

Thiết bị ghép kênh, thiết bị đường truyền và các bộ phận phục vụ được tổ hợp trên cùng một giá.

Hai hệ thống STL4 được thiết lập độc lập trên một giá con, có thể lựa chọn chuyển mạch bảo vệ (1:1) cho thiết bị đường truyền.

Các giao diện luồng riêng rẽ có thể chuyển mạch cho các tín hiệu điện 155 Mbps hoặc 140 Mbps. Điều này cho phép truyền dẫn tín hiệu của cả hai hệ phân cấp và thích ứng tốt với việc tăng dung lượng tín hiệu SDH trong tương lai. Các khối gắn sẵn (Plug-in Unirs) cùng với các giao diện luồng quang cũng được thiết lập sẵn sàng.

Các khối quang gắn sẵn dùng cho các tuyến truyền dẫn ngắn , vừa và dài. Phạm vi của truyền có thể được mở rộng nhờ các bộ tiến khuếch đại và khuếch đại quang (Optical Preamplicifier & Optical Amplifier).

Ngắt laser tự động trên cả hai hướng truyền dẫn trong trường hợp tuyến gặp sự cố để tránh nguy hiểm do tia laser gây ra.

Các cảnh báo và trạng thái lỗi thông qua giao diện V24/RS 232C được hiển thị trên các panel điều khiển vad đầu cuối vận hành (Operating Terminal).

Thiết bị kết nối với mạng quản lý viễn thông TMN thông qua giao diện Qx hoặc QD₂.

Các phụ trợ kỹ thuật PCM, các giao diện bổ xung dùng cho các dịch vụ phụ trợ.

2. Bố trí thiết bị trên đường truyền .

Khi hoạt động ở các bước sóng 1310nm, SLR có khả năng bù suy hao tối đa là 30dB và 41dB đối với khoảng bước sóng 1550nm. Mức truyền dẫn 13dB có thể đạt được ở khoảng bước sóng 1550nm bằng việc sử dụng bộ khuếch đại quang, đồng thời

độ nhạy có thể đạt được tới -45 dBm, khoảng cách giữa hai trạm lặp có thể lên tới 200 Km. Đoạn ghép kênh có thể bao gồm tới 50 phần tử mạng. Các tuyến dài yêu cầu tới hơn 50 NE có thể đạt được nhờ sự điều chỉnh theo cấp các trạm ghép kênh.

3. Cấu trúc đồng bộ.

Thiết bị SL4 có thể được đồng bộ bởi tần số đồng hồ ngoài 2048 Hz thông qua giao diện đồng bộ mạng. Tín hiệu đồng bộ cũng có thể được cung cấp từ tín hiệu đường dây STM-4 (F1 in) hoặc từ tín hiệu nhánh STM-1 (STM-1 Tributary). Các nguồn định thời được lựa chọn theo các mức ưu tiên khác nhau và có khả năng chuyển mạch tự động sang nguồn khác khi có sự cố.

4. Chuyển mạch bảo vệ.

Thiết lập đường đồng bộ cung cấp sự lựa chọn chuyển mạch bảo vệ (1:1) song hướng. Các luồng tín hiệu số với các mức ưu tiên khác nhau được truyền trên 2 kênh riêng biệt. Trong trường hợp xuất hiện sự cố có mức ưu tiên cao nhất (mất đồng bộ), mất tín hiệu vào, có tín hiệu AIS, và có $BER \geq 10^{-3} \div 10^{-6}$ đối với kênh truyền dẫn thì chuyển mạch bảo vệ sẽ làm việc với kênh dự phòng, các kết nối qua kênh truyền dẫn có mức ưu tiên thấp hơn sẽ bị ngắt.

5. Giám sát cảnh báo quản lý:

Tất cả các khối trong SL4 đều được giám sát bởi một bộ vi xử lý (Microprocessor) nó cung cấp các chức năng sau :

Đánh giá cảnh báo (như AIS , FERF) và định vị chi tiết lỗi của thiết bị trong mạng truyền dẫn .

Chuẩn đoán lỗi trong khối có sự cố .

Điều kiện hoạt động của các khối thiết bị, lưu giữ và truyền dẫn các thông số vận hành thiết bị .

Thiết lập các thông số chuẩn theo khuyến nghị G.821 và G.826 của ITU-T. Truyền dẫn và đánh giá các cảnh báo bổ xung bên ngoài.

Các tín hiệu cảnh báo và lỗi trong SL4 được xử lý ở khối giám sát trung tâm có trong mỗi thiết bị và được truyền qua các giao diện, quản lý mạng, quản lý phần tử tùy theo sự thiết lập của bộ lọc cảnh báo. Tất cả các tình trạng lỗi và cảnh báo đều được hiển thị nội bộ trên bàn điều khiển và hiển thị DCP (Display, Control , Panel) có trong mỗi giá máy. Các tín hiệu lỗi và cảnh báo này đều được biểu thị bằng đèn LED.

Các cấu hình quản lý khác nhau có thể sử dụng :

- Điều khiển bằng phần mềm hệ thống SMSW(System Management Software)

Các phần tử mạng NE được kết nối với PC tiêu chuẩn thông qua giao diện F. Thông tin giữa các NE được thực hiện thông qua DCCt. Giao diện kết nối DCCt cho phép kết nối DCC từ một đoạn ghép kênh tới một đoạn ghép kênh khác SMSW đưa ra giao diện đồ họa thuận tiện cho người vận hành, nó có thể biểu thị rõ ràng tất cả các dữ liệu cảnh báo, cấu hình, giám sát. Một đầu cuối vận hành có thể điều khiển tới 50 phần tử mạng.

- Điều khiển bằng hệ thống vận hành quản lý thiết bị EMOS và kết hợp trong TMN.

Cùng với Card thông tin bản tin MCF- Qx (Message Communication Card).

Một giao diện tới EMOS được cung cấp hoạt động với giao thức CNL S1 theo khuyến nghị G.811 (ITU-T). EMOS cho phép người vận hành mạng quản lý tập trung các SL cũng như các thiết bị SDH khác. EMOS cũng đưa ra giao diện Q3 được chuẩn hoá theo (ITU-T) để kết nối tới TMN cho các phần tử mở rộng cao hơn.

- Điều khiển thông qua TMN cùng với giao diện QD2.

Cấu hình này sử dụng Card MCF – QD2 và hệ thống TMN đặc trưng cho khách hàng. Giao diện truyền dẫn thích ứng với lớp 1 và lớp 2 trong mô hình 7 lớp và khuyến nghị G.733 (ITU-T) sử dụng giao thức A1. Từ lớp thứ 3 đến lớp thứ 7. OSI, các giao thức tuân theo tiêu chuẩn của công ty viễn thông Đức (German Telecom).

6. Truyền dẫn thông tin trong phần mào đầu:

Thiết bị SL sử dụng phần mào đầu STM để truyền dẫn thông tin. Dung lượng các kênh truyền dẫn này là 64 Kb/s, hoặc là một số nguyên lần dung lượng này. Thiết bị SL sử dụng các kênh sau :

- Kênh thông tin dữ liệu DCCr .
- Kênh thông tin dữ liệu DCCm .
- Đường dây phục vụ kỹ thuật RS .
- Đường dây phục vụ kỹ thuật MS .
- Các kênh phụ trợ từ AUX 1 ÷ AUX 5 cho tuyến truyền dẫn .
- Các kênh phụ trợ từ K1 ÷ K3 (cho luồng tín hiệu).
- Các đường dây phục vụ kỹ thuật RS, MS : có tốc độ 64 Kbps.

Đường dây phục vụ RS (Regenerator Section) được thiết kế để phục vụ cho các cuộc gọi ở đoạn lặp, đường dây này được tạo bởi byte E1 trong phần RSOH theo khuyến nghị G.708 và G. 781 của ITU-T .

Đường dây phục vụ MS (Multiplexing Section) dùng cho các cuộc gọi ở đoạn ghép kênh, đường dây này được tạo bởi byte E2 trong phần MSOH.

Các đường dây phục vụ được vận hành nhờ khối đường dây phục vụ DTE panel điều khiển đường dây phục vụ TBF và một bộ đàm hoặc máy điện thoại khối gắn sẵn DTE được cung cấp một giao diện VF 4 dây với báo hiệu E và M để thiết lập cuộc gọi cho mỗi đường dây phục vụ . Ngoài ra nó còn có giao diện 2 dây để nối tới PBX và OTHN.

Các kênh phụ trợ AUX:Thiết bị SL được thiết kế cho phép sử dụng nhiều byte mào đầu . Thông qua việc cải tiến chương trình này tương thích các khối thiết lập sẵn bằng việc sử dụng mào đầu mà thiết bị có thể đáp ứng được các yêu cầu của khách hàng cũng như thoả mãn các khuyến nghị của ITU-T trong tương lai . Khối gắn sẵn ZK 1-1 được thiết lập để chèn các tín hiệu phụ trợ hoặc tách chúng ra khỏi tín hiệu đường dây. Các kênh phụ trợ được sử dụng là AUX-1 đến AUX-5 . Khối gắn sẵn OPF2 được dùng để chèn các tín hiệu phụ trợ vào hoặc tách chúng ra khỏi luồng tín hiệu . Lúc này sử dụng 3 kênh phụ trợ từ K1 đến K3. Đối với kênh phụ trợ K3, nếu được cấu hình là 512 Kbps thì có thể chia làm 8 kênh 64 Kbps thông qua 1 thiết bị được kết nối trước bên trong .

PHẦN IV

THIẾT KẾ TUYẾN THÔNG TIN QUANG

I. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ TUYẾN THÔNG TIN QUANG:

Để việc chuyển đổi mạng PDH sang SDH được hoàn tất, ta phải thực hiện tính toán các tuyến truyền dẫn theo các khoảng cách và dung lượng cho trước để chọn các mã số thiết bị và khả năng vận hành của chúng.

Cự ly giữa các vòng HOST trong các vòng Ring cấp I.

Number	Tuyến truyền dẫn	Khoảng cách(m)
1	Đình Tiên Hoàng – Giáp Bát	8352
2	Giáp Bát – Thượng Đình	11372
3	Thượng Đình – Láng Trung	3349
4	Láng Trung – Từ Liêm	3297
5	Từ Liêm – Hùng Vương	4566
6	Hùng Vương – Bồ Hồ	4550
7	Bồ Hồ – Gia Lâm	6000

Bảng IV-1: Khoảng cách các tuyến trên mạng Ring 2.5 Gb/s

Sau đây là các bảng thông số thường sử dụng để tính toán tuyến truyền dẫn SDH dựa theo tài liệu của hãng Alcatel.

Ứng dụng	Nội đài	Liên đài					
		Tuyến ngắn		Tuyến dài			
Bước sóng nguồn phát (nm)	1310	1310	1550	1310	1550		
Loại sợi	REC G.652	REC G.652	REC G.652	REC G.652	REC G.652 REC G.654	REC G.653	
Khoảng cách(Km)	≤ 2	~ 15		~ 40	~ 80		
Mức STM	1 4 16	1-1	S-1.1 S-4.1 S-16.1	S-1.2 S-4.2 S-16.2	L-1.1 L-4.1 L-16.1	L-1.2 L-4.2 L-16.2	L-1.3 L-4.3 L-16.3

Tính toán thiết kế tuyến truyền dẫn SDH.

Dưới đây em xin trình bày tuyến truyền dẫn Bồ Hồ đi Đức Giang (Gia Lâm) cự ly 6 Km. Dung lượng yêu cầu 622 Mb/s.

Trong tuyến truyền dẫn này thì mã số thiết bị được xác định là : SL-4.1 có bước sóng là 1310 nm. Sợi quang theo khuyến nghị là G.652 là loại sợi đơn mode có suy hao là $\alpha = 0,4$ dB/Km.

- Các thông số nguồn phát (Source).

Với dung lượng 622Mb/s . Theo như bảng chỉ tiêu kỹ thuật của thiết bị SL4 thì ta có :

- Công suất nguồn phát :

$$P_{pmax} = -8 \text{ dB.}$$

$$P_{pmin} = -15 \text{ dB.}$$

- Luồng quang giữa S và R :

Suy hao cho phép từ $\alpha_{cp} = 0 \div 18 \text{ dB}$. Các chỉ tiêu khác không đáng kể .

- Như vậy với suy hao sợi là : $\alpha_{sợi} = 0,4 \text{ dB}$.

- Trên khoảng cách là 6 Km thì suy hao trên sợi là : $0,4 \times 6 = 2,4 \text{ dB}$

Suy hao mỗi hàn . $\alpha_{hàn} = 0,1 \text{ dB / mỗi}$. Mỗi cuộn cáp dài 500m tuyến ngoại thành cho nên suy hao trên toàn tuyến là : $\{(6000 : 500) - 1 \} \cdot 0,1 = -1,1 \text{ dB}$.

Tổng suy hao là : $\alpha_1 = 2,4 + 1,1 = 3,5 \text{ dB}$ (t/m trong khoảng $\alpha_{cp} = 0 \div 18 \text{ dB}$).

- Thông số tại đầu thu R (Receiver):

- Độ nhạy thấp nhất được cho là : $P_{tmin} = -28 \text{ dB}$.

- Mức thu tối đa (an toàn) là: $P_{tmax} = -8 \text{ dB}$.

Như vậy , với công suất phát là : $P_{pmax} = -8 \text{ dB}$.

- Suy giảm đầu nối : -2 dB .

Dự trữ già hoá : -1 dB .

Tổng suy hao trên sợi : $3,5 \text{ dB}$.

Công suất tới đầu thu là : $P_{thu} = -14,5 \text{ dBm}$.

Thoả mãn $P_{thu} < P_{tmax}$ [$-14,5 < -8 \text{ dBm}$].

Khi thiết bị mới lắp đặt chưa có hiện tượng già hoá thì công suất tới đầu thu là : $-8 - 2 - 3,5 = -13,5 \text{ dBm}$.

\Rightarrow Đầu thu được an toàn .

Sau 25 năm $P_p = P_{min} = -15 \text{ dBm}$, thì công suất tới đầu thu là : $-15 - 1 - 1 - 3,5 = -20,5 \text{ dBm} > P_{tmin}$ (-28 dBm) \Rightarrow đầu thu vẫn hoạt động tốt .

Kết luận: Với thiết bị SL4 đã lựa chọn thì tuyến truyền dẫn hoạt động tốt.

Chuyên đề: **Mạng truyền dẫn quang**

Bài 1: Thông tin quang

TS. Võ Viết Minh Nhật
Khoa Du Lịch - Đại học Huế
vominhnhat@yahoo.com

Mục tiêu

- o Bài này nhằm cung cấp cho học viên các kiến thức và kỹ năng về:
 - khái niệm về thông tin quang
 - cấu trúc và thành phần cấu thành một hệ thống thông tin quang
 - lịch sử phát triển của thông tin quang
 - ưu và nhược điểm của thông tin quang

Nội dung trình bày

1.1. Dẫn nhập

1.2. Mô hình hệ thống thông tin quang

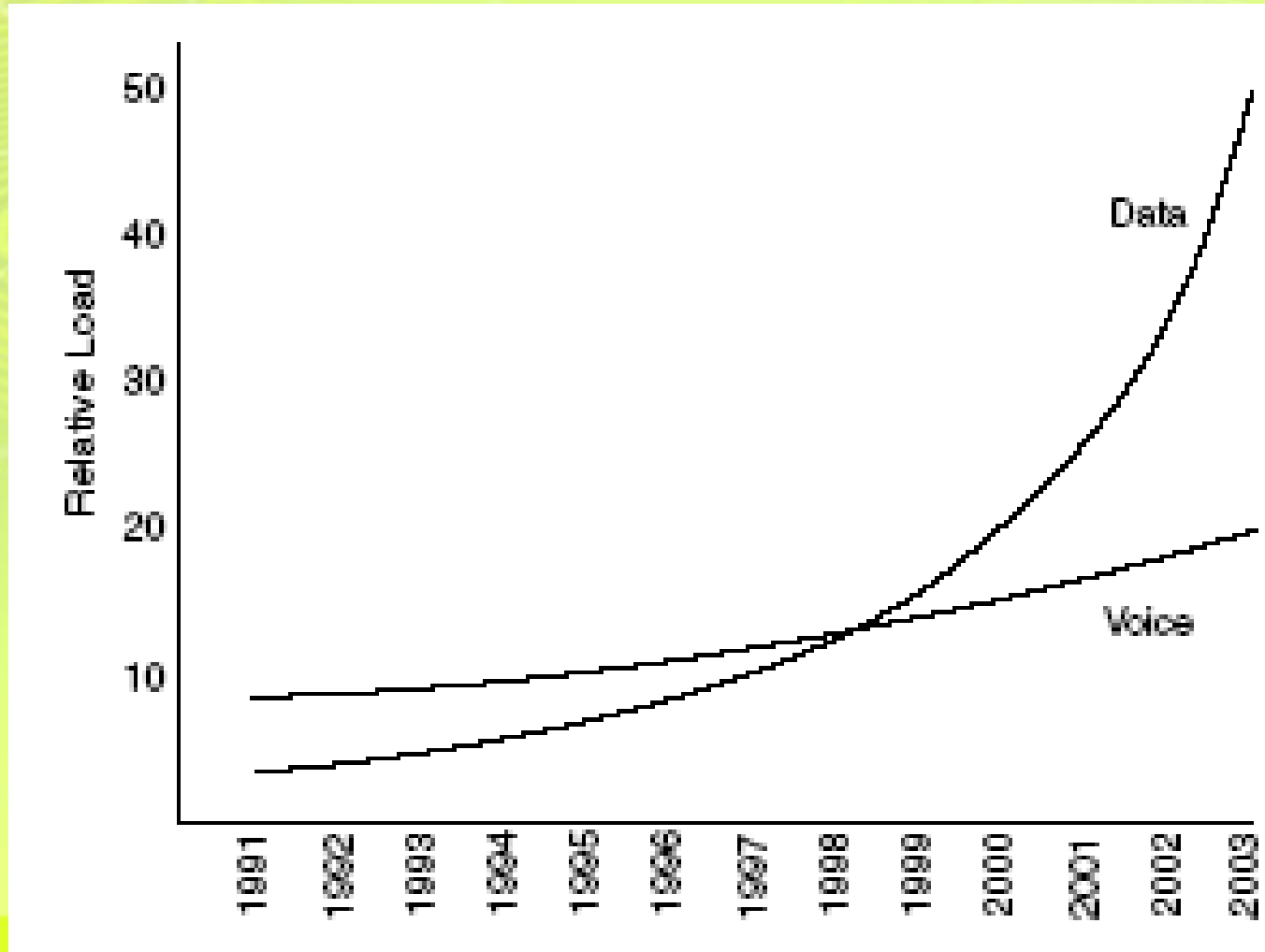
1.3. Lịch sử phát triển thông tin quang

1.4. Ưu và nhược điểm của thông tin quang

1.1. Dẫn nhập

- o Lượng thông tin trao đổi bên trong các hệ thống thông tin ngày càng tăng lên nhanh chóng.
- o Bên cạnh gia tăng về số lượng, dạng lưu lượng truyền thông trên mạng cũng thay đổi.
- o Chúng ta đang hướng tới một xã hội mà việc truy cập thông tin có thể được đáp ứng mọi nơi, mọi lúc.
- o Tuy nhiên, mạng Internet ngày nay không còn đủ khả năng để đáp ứng cho nhu cầu băng thông đang bùng nổ.

Sự gia tăng lưu lượng dữ liệu (data) và âm thanh (voice) qua các năm



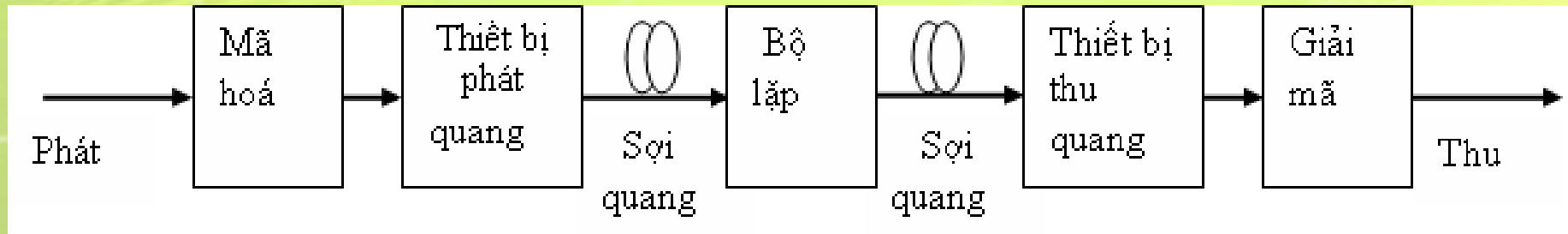
1.1. Dẫn nhập

- o Thông tin quang được xem là giải pháp cứu tinh trong việc giải quyết vấn đề bùng nổ nhu cầu băng thông bởi:
 - tiềm năng băng thông khổng lồ (gần 50Tbps),
 - mức độ suy giảm tín hiệu thấp (khoảng 0.2dB/km),
 - mức độ méo tín hiệu thấp,
 - đòi hỏi năng lượng cung cấp thấp,
 - không bị ảnh hưởng của nhiễu điện từ,
 - khả năng bảo mật cao
 - ...

1.1. Dẫn nhập

- o Hơn nữa, các hệ thống thông tin quang không chỉ đặc biệt phù hợp với các kiểu truyền thông đường dài mà còn có thể triển khai trong các mạng nội hạt, đáp ứng với mọi loại hình dịch vụ hiện tại, cũng như tương lai.
- o **Thông tin quang là gì?**
 - *Thông tin quang là một dạng truyền thông sử dụng ánh sáng (lazer) như là phương tiện truyền dẫn (mang tín hiệu).*
- o Như vậy, một hệ thống thông tin quang (optical communication system) bao gồm một bộ phát (transmitter), có nhiệm vụ mã hóa các thông điệp (message) dưới dạng tín hiệu quang, một kênh truyền (channel), có nhiệm vụ mang tín hiệu đến đích, và một bộ nhận (receiver), có nhiệm vụ tái tạo lại thông điệp ban đầu từ tín hiệu quang nhận được.

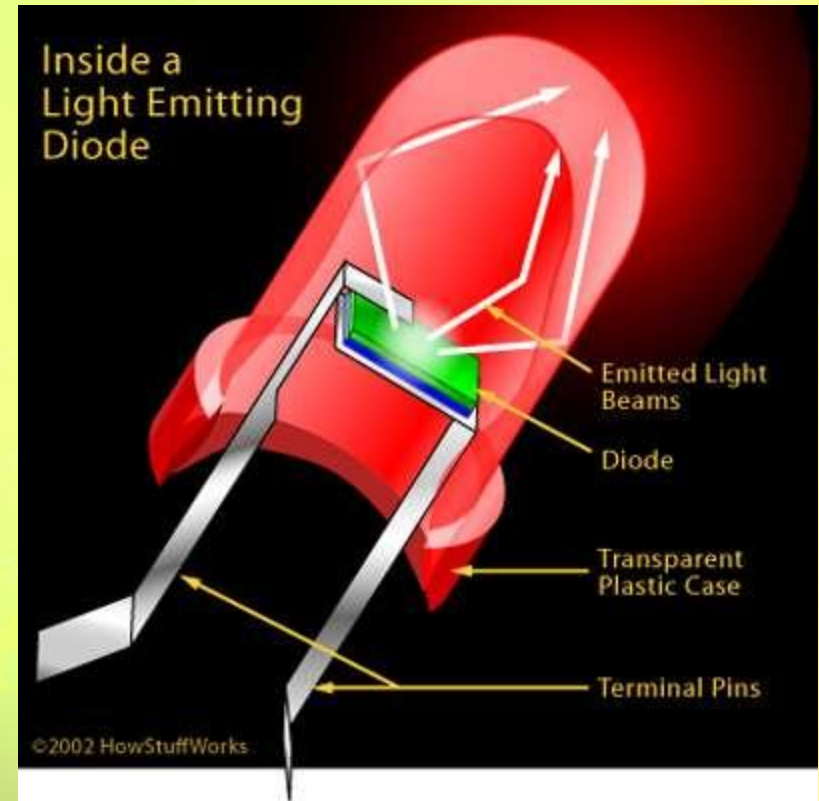
1.2. Mô hình hệ thống thông tin quang



- o **Phần phát quang:** gồm nguồn phát tín hiệu quang và các mạch điều khiển liên kết với nhau.
- o **Cáp quang:** gồm các sợi dẫn quang và các lớp vỏ bọc xung quanh để bảo vệ khỏi tác động có hại từ môi trường bên ngoài.
- o **Phần thu quang:** gồm bộ tách sóng quang và các mạch khuếch đại, tái tạo tín hiệu hợp thành.

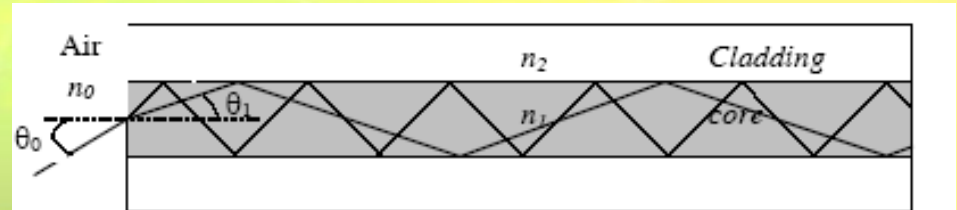
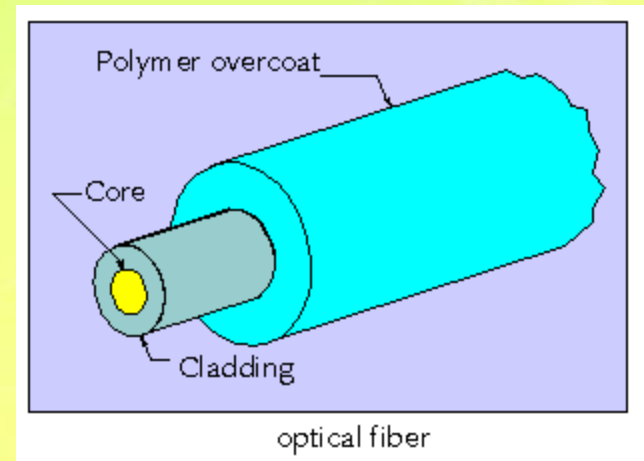
Phần phát quang

- o Phần tử phát xạ ánh sáng có thể là: Diode Laser (LD) hay Diode phát quang LED (Light Emitting Diode).
- o LED phù hợp cho hệ thống thông tin quang có tốc độ bit không quá 200Mbps và sử dụng loại sợi dẫn quang đa *mode*.
- o LD có nhiều ưu điểm hơn so với LED như: phổ phát xạ của LD rất hẹp, góc phát quang hẹp, hiệu suất ghép ánh sáng vào sợi cao.



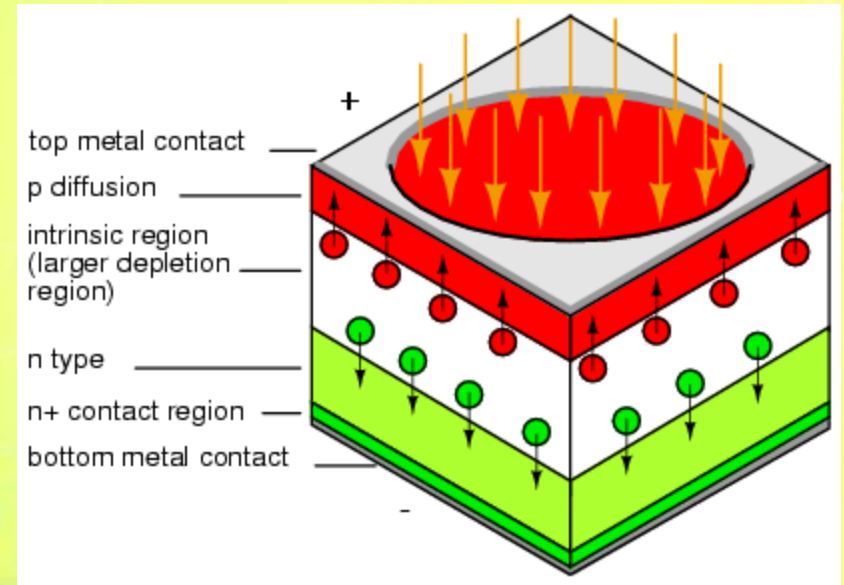
Cáp quang

- o Các loại sợi quang: đa *mode* chiết suất nhảy bậc, đa *mode* chiết suất giảm dần, đơn *mode*.
- o Sợi quang là những dây nhỏ và dẻo truyền các ánh sáng nhìn thấy được và các tia hồng ngoại.
- o Chúng có lõi thủy tinh (*core*) ở giữa và phần bảo vệ (*polymer overcoat*) bao bọc xung quanh.
- o Để ánh sáng có thể phản xạ toàn phần thì chiết suất của lõi phải lớn hơn chiết suất áo (*cladding*).



Phần thu quang

- o Trong hệ thống thông tin quang, các bộ tách sóng quang là các diod quang PIN và APD được chế tạo từ các chất bán dẫn Si, Ge, InP.
- o Ngoài các thành phần chủ yếu này, tuyến thông tin quang còn có các bộ nối quang, các mối hàn, các bộ chia quang và các trạm lặp. Tất cả tạo nên một hệ thống thông tin hoàn chỉnh



1.3. Lịch sử phát triển thông tin quang

- o Hình thức sơ khai của thông tin quang : lửa, hải đăng, đèn hiệu
- o Các nghiên cứu hiện đại về thông tin quang được bắt đầu từ phát minh laser vào năm 1960 và đề xuất của Kao và Hockham vào năm 1966 về việc chế tạo sợi quang có độ tổn thất thấp.
- o 1970, Kapron đã chế tạo thành công các sợi quang trong suốt có độ suy hao khoảng 20dB/km.
- o Ngày nay, với sự phát triển của công nghệ, các nguồn phát và thu quang, các kỹ thuật về tách/ghép kênh quang trên cùng sợi dẫn quang ngày càng được hoàn thiện

1.4. Ưu và nhược điểm của thông tin quang

- o Tiềm năng băng thông khổng lồ
- o Sợi quang kích thước nhỏ và nhẹ
- o Cách li về điện
- o Không bị ảnh hưởng bởi nhiễu và xuyên âm
- o Bảo mật thông tin
- o Suy hao thấp
- o Tính linh hoạt
- o Độ tin cậy của hệ thống và dễ bảo dưỡng
- o Giá thành thấp đầy tiềm năng

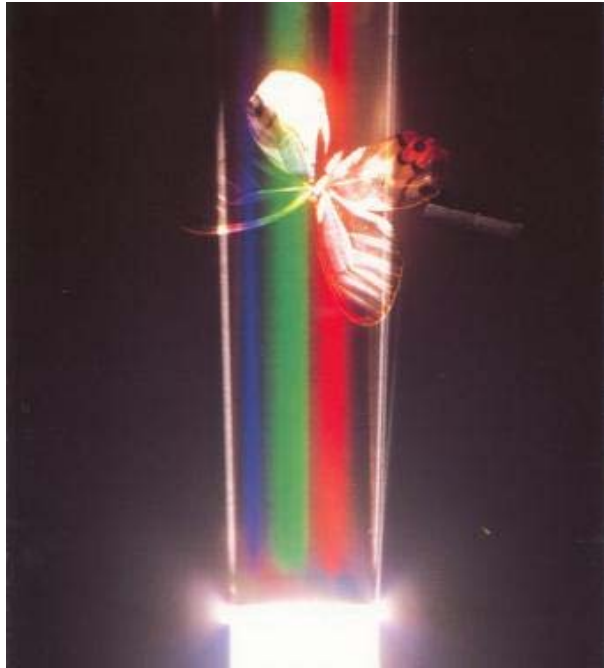
1.5. Kết luận

- o Bài này đã trình bày các kiến thức và kỹ năng về:
 - khái niệm về thông tin quang
 - cấu trúc và thành phần cấu thành một hệ thống thông tin quang
 - lịch sử phát triển của thông tin quang
 - ưu và nhược điểm của thông tin quang

Câu hỏi ?



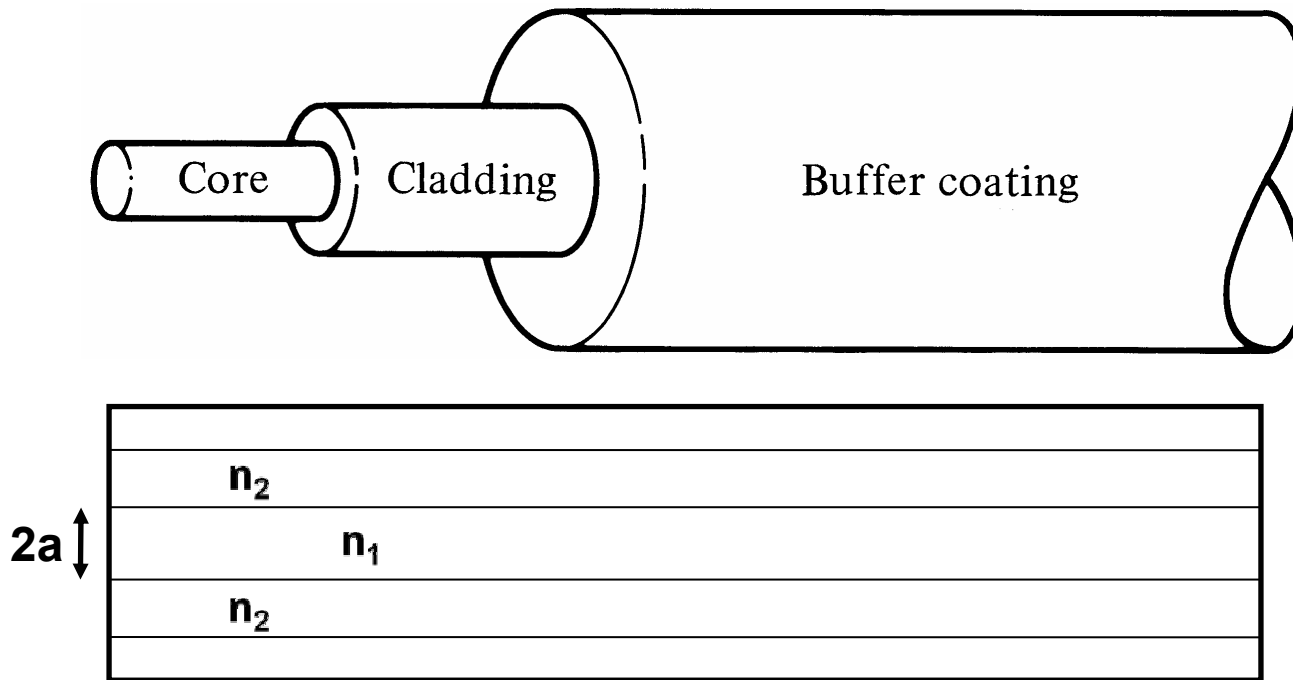
Sợi quang



- ❑ Cấu trúc của một sợi quang?
- ❑ Quá trình truyền sóng ánh sáng trong sợi quang
- ❑ Phân loại sợi quang
- ❑ Các đặc tính sợi quang
- ❑ Hàn nối sợi quang
- ❑ Cáp quang

Cấu trúc một sợi quang

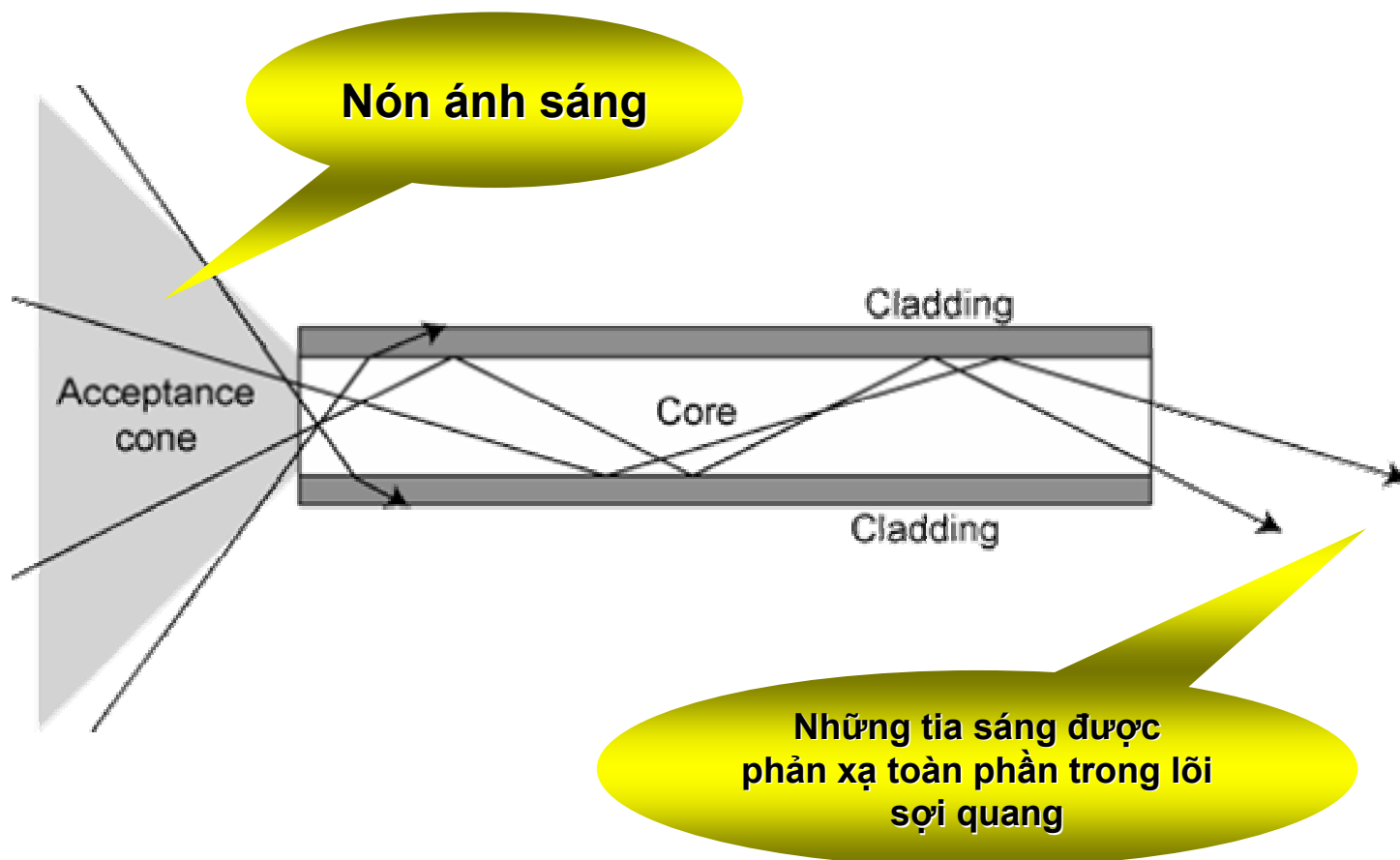
- Sợi quang là ống dẫn sóng điện môi hình trụ hoạt động tại tần số quang, dẫn ánh sáng theo hướng song song với trục của nó
- Lõi có chiết suất lớn hơn vỏ 0,1% - 0,3%
- Sợi quang có đường kính rất nhỏ, nhẹ, đặc tính truyền dẫn cao



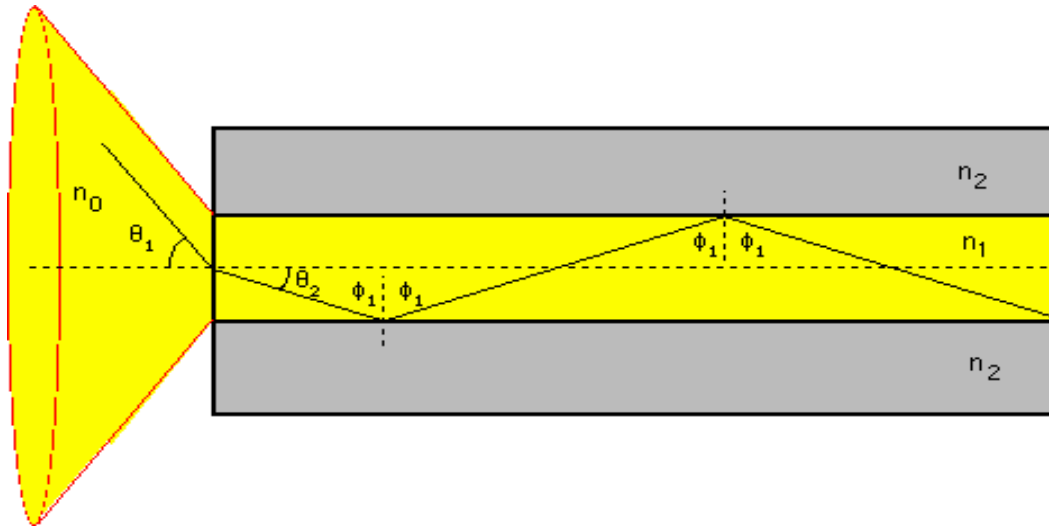
Cấu trúc một sợi quang (tiếp)

- Lõi sợi quang (core): bán kính a , chiết suất n_1
- Vỏ (cladding): chiết suất $n_2 < n_1$
- Tác dụng của vỏ:
 - Giảm suy hao tán xạ do sự không liên tục của điện môi tại bề mặt lõi
 - Làm khỏe sợi
 - Bảo vệ lõi khỏi ảnh hưởng hấp thụ bề mặt
- Sợi suy hao thấp và trung bình: vật liệu lõi là thủy tinh, vỏ thủy tinh hoặc nhựa
- Sợi suy hao cao: lõi nhựa và vỏ nhựa

Ánh sáng truyền trong sợi quang



Ánh sáng truyền trong sợi quang



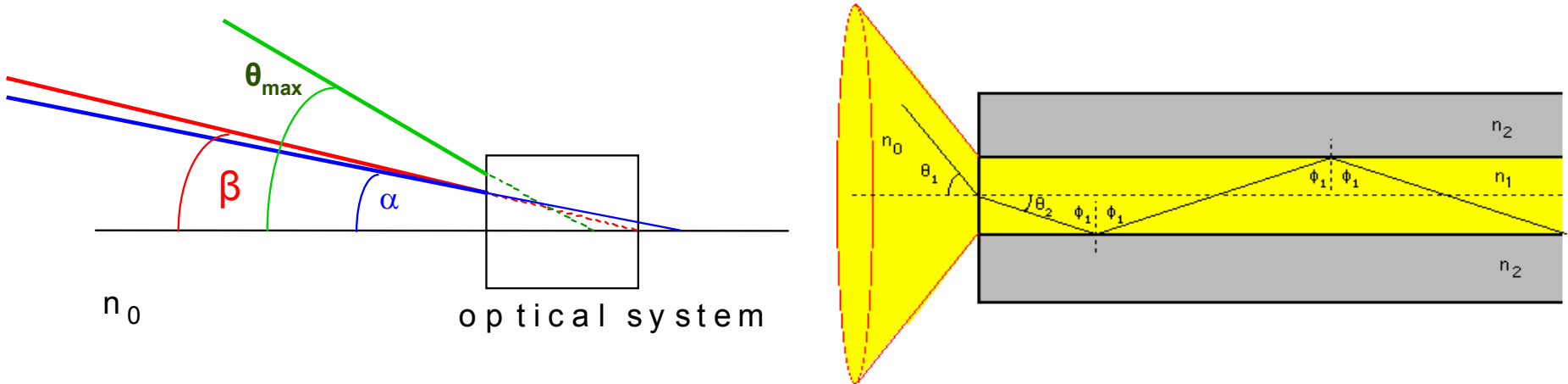
θ 'theta' Φ 'phi'
 θ_1 : góc tới
 θ_2 : góc khúc xạ
 Φ_1 : góc tới gây phản xạ
toàn phần

- Định luật Snell : $n_0 \sin \theta_1 = n_1 \sin \theta_2 = n_1 \cos \Phi_1$ (1)
- Phần lõi và vỏ có chiết suất n_1 và n_2 ($n_1 > n_2$)
- Góc tới hạn của lõi: $n_1 \sin \phi_c = n_2 \sin 90^\circ$

$$\sin \phi_c = \frac{n_2}{n_1}$$

- Phản xạ toàn phần xảy ra với điều kiện: $\phi_1 > \phi_c$

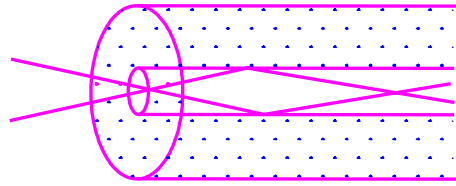
Độ mở số NA – Number Aperture



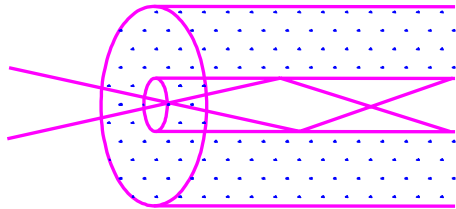
- Phản xạ toàn phần chỉ xảy ra đối với những tia sáng có góc tới đi vào sợi quang nhỏ hơn góc mở θ_{\max} : $\theta_1 < \theta_{\max}$
- θ_{\max} = góc mở lớn nhất = góc giới hạn lớn nhất của cáp quang
- Để đặc trưng cho khả năng ghép luồng bức xạ quang vào sợi, người ta định nghĩa một đại lượng đặc trưng cho sợi là độ mở NA:

$$NA = \text{Sin } \theta_{\max}$$

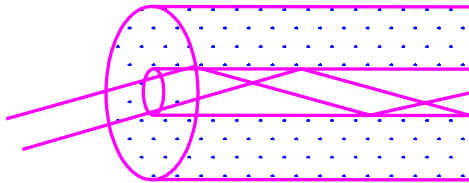
Độ mở số NA & đường kính lõi 2a



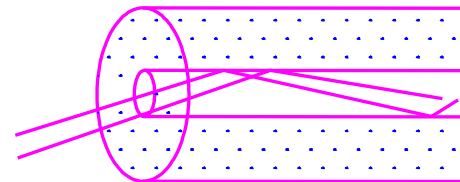
Đường kính nhỏ



Đường kính lớn



NA lớn



NA nhỏ

- **Ý nghĩa NA:** phải hội tụ một chùm tia sáng để bơm vào sợi quang với nón ánh sáng $\leq 2NA$. Nếu không hội tụ tốt, nón ánh sáng $> 2NA$ → mất thông tin.
- Đường kính 2a của lõi càng lớn và NA càng lớn sẽ cho lượng ánh sáng đi vào sợi quang càng lớn.

Độ chênh lệch chiết suất hay vi sai chiết suất lõi – vỏ Δ

- Định nghĩa:

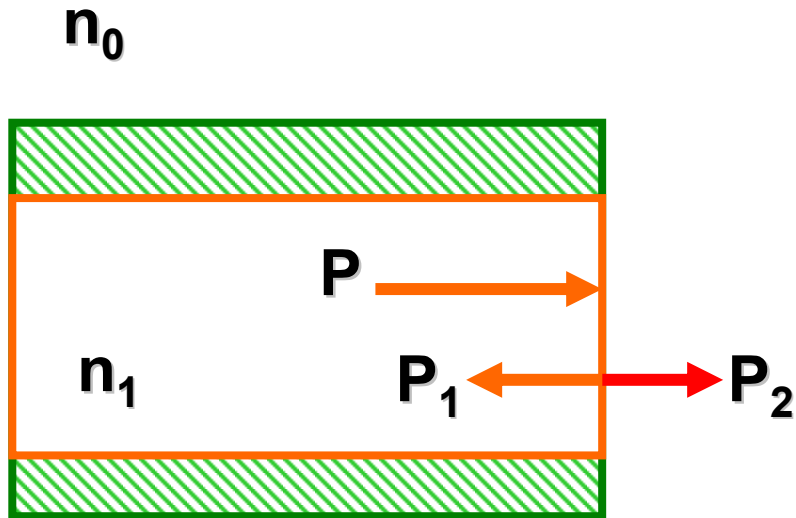
$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} = \frac{(n_1 - n_2)(n_1 + n_2)}{2n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

- Ta thấy rằng

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} = \frac{NA^2}{2n_1^2}$$

$$\Rightarrow NA = \sin \theta_{1\max} = n_1 \sqrt{2\Delta}$$

Hệ số phản xạ giữa thủy tinh và không khí



$$R(\%) = \left[\frac{n_1 - n_0}{n_1 + n_0} \right]^2 \cdot 100\%$$

Ý nghĩa của R: khi ánh sáng đi từ môi trường thủy tinh chiếu tới mặt phân cách thì có bao nhiêu % năng lượng ánh sáng bị phản xạ trở lại.

n_0 : chiết suất không khí

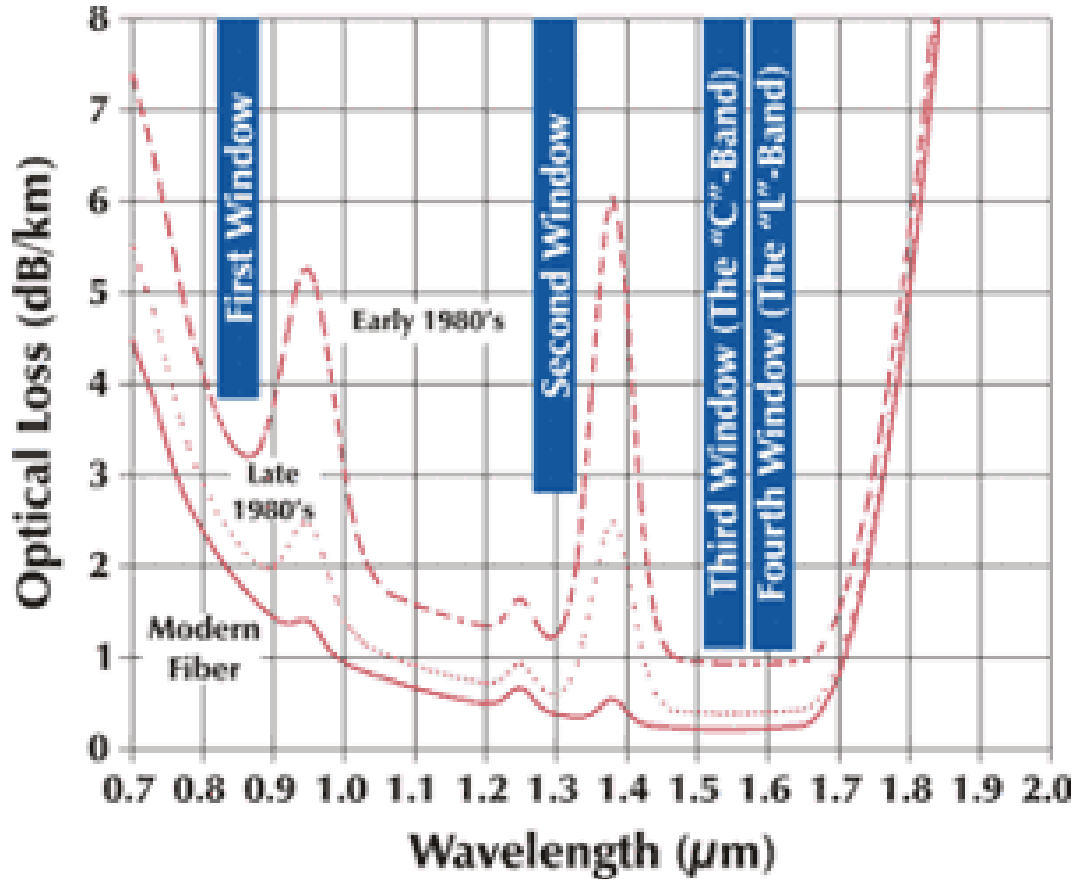
n_1 : chiết suất thủy tinh

R : hệ số phản xạ giữa thủy tinh và không khí

Ví dụ: tính R

với $n_1 = 1,5$

Vùng suy hao thấp của bước sóng λ



- Cửa sổ 1:
xung quanh 850 nm
- Cửa sổ 2:
xung quanh 1310 nm
- Cửa sổ 3:
1530 nm ÷ 1565 nm
(băng thông thường hay băng C)
- Cửa sổ 4:
1565nm ÷ 1625 nm
(bước sóng dài hay băng L)
- Cửa sổ 5:
1380 nm ÷ 1525 nm

Phân loại sợi quang

Phân loại theo vật liệu	Sợi quang thủy tinh đa vật liệu Sợi quang thạch anh Sợi quang nhựa
Phân loại theo mode	Sợi đơn mode Sợi đa mode
Phân loại theo phân bố chiết suất khúc xạ	Sợi quang chiết suất bậc Sợi quang chiết suất biến đổi

Phân loại sợi quang theo vật liệu

- ❑ Sợi quang thủy tinh đa vật liệu
- ❑ Sợi quang thạch anh (SiO_2 + tạp chất)

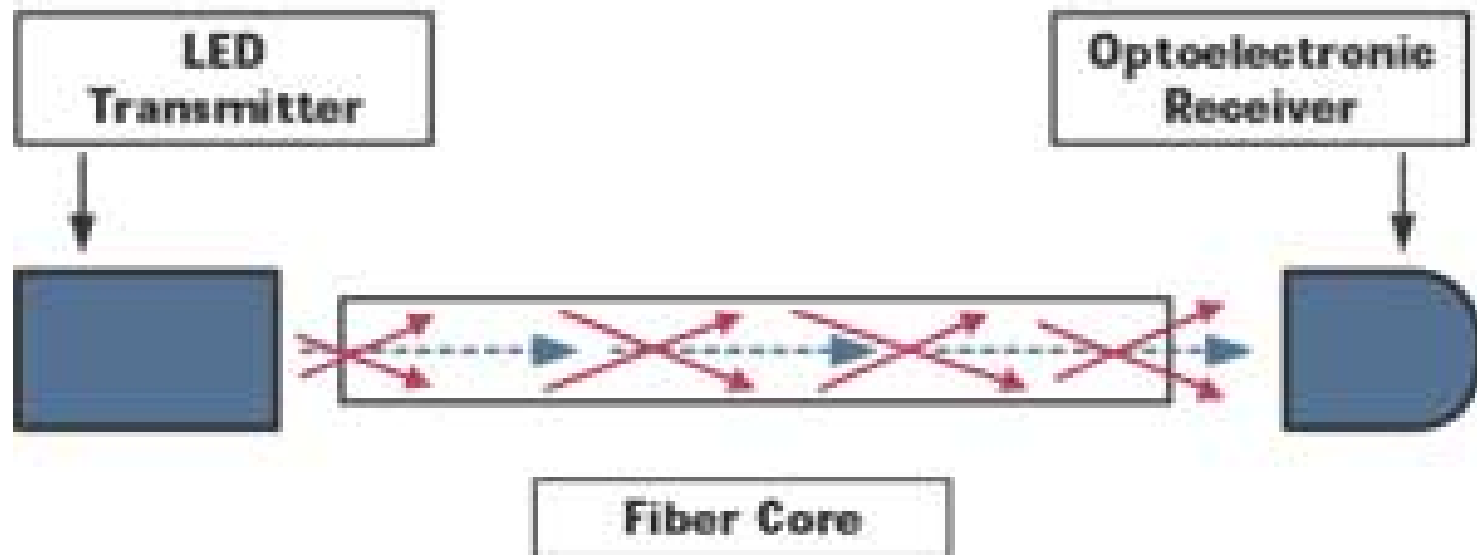
Sợi quang thủy tinh kết hợp thạch anh được sử dụng nhiều nhất vì có độ suy hao thấp, các đặc tính truyền dẫn ổn định trong thời gian dài

- ❑ Sợi quang nhựa

Sử dụng ở những nơi cần truyền dẫn ở cự li ngắn, khó đi cáp bằng máy vì thuận tiện cho việc lắp đặt bằng tay, dễ hàn nối, có khả năng chịu bẻ gập cao

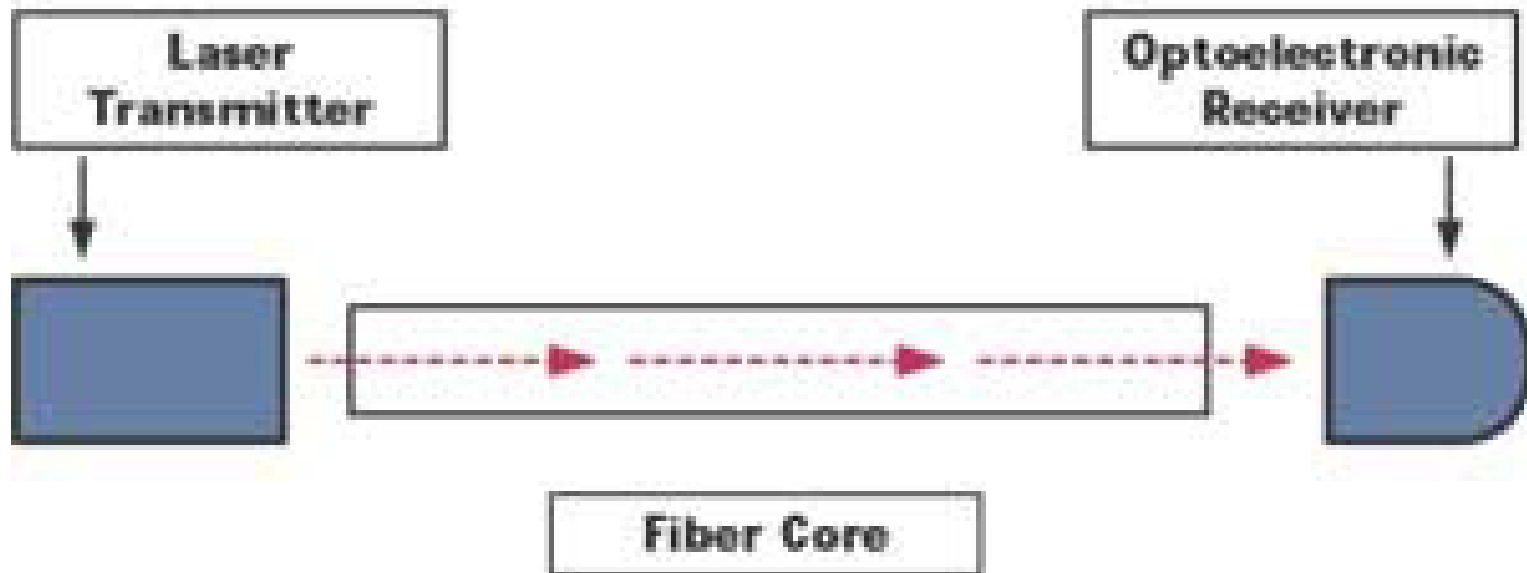
Phân loại theo mode - Sợi đa mode MMF

Multimode Fiber



Sợi đơn mode – SMF

SINGLEMODE FIBER



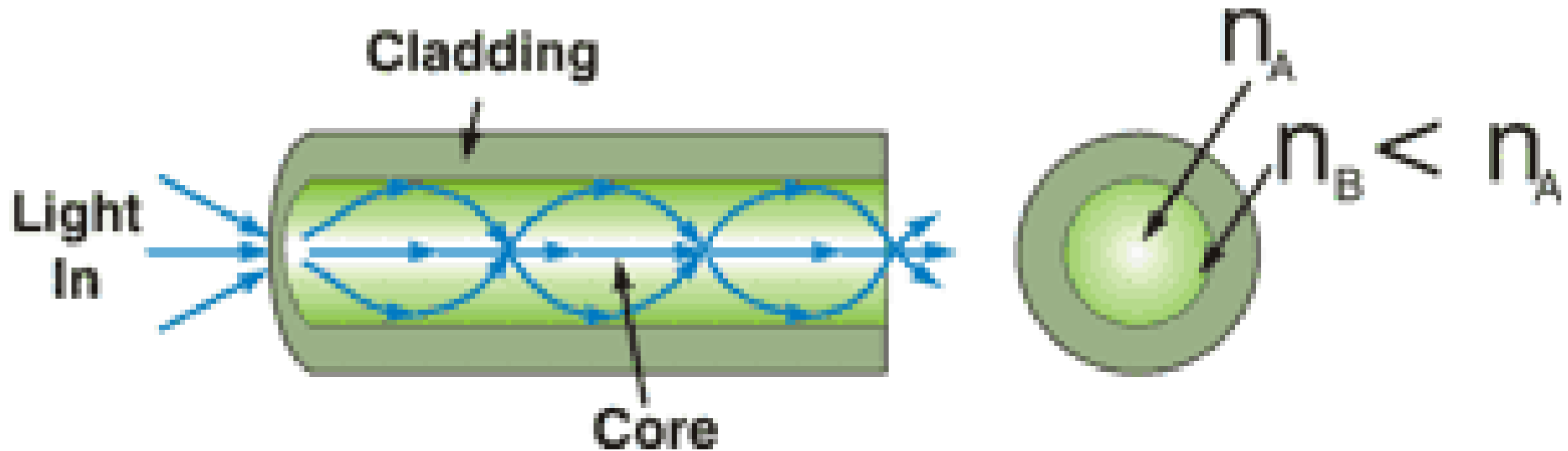
Sợi đa chiết suất nhảy bậc SI (Step Index)

n = Index of Refraction

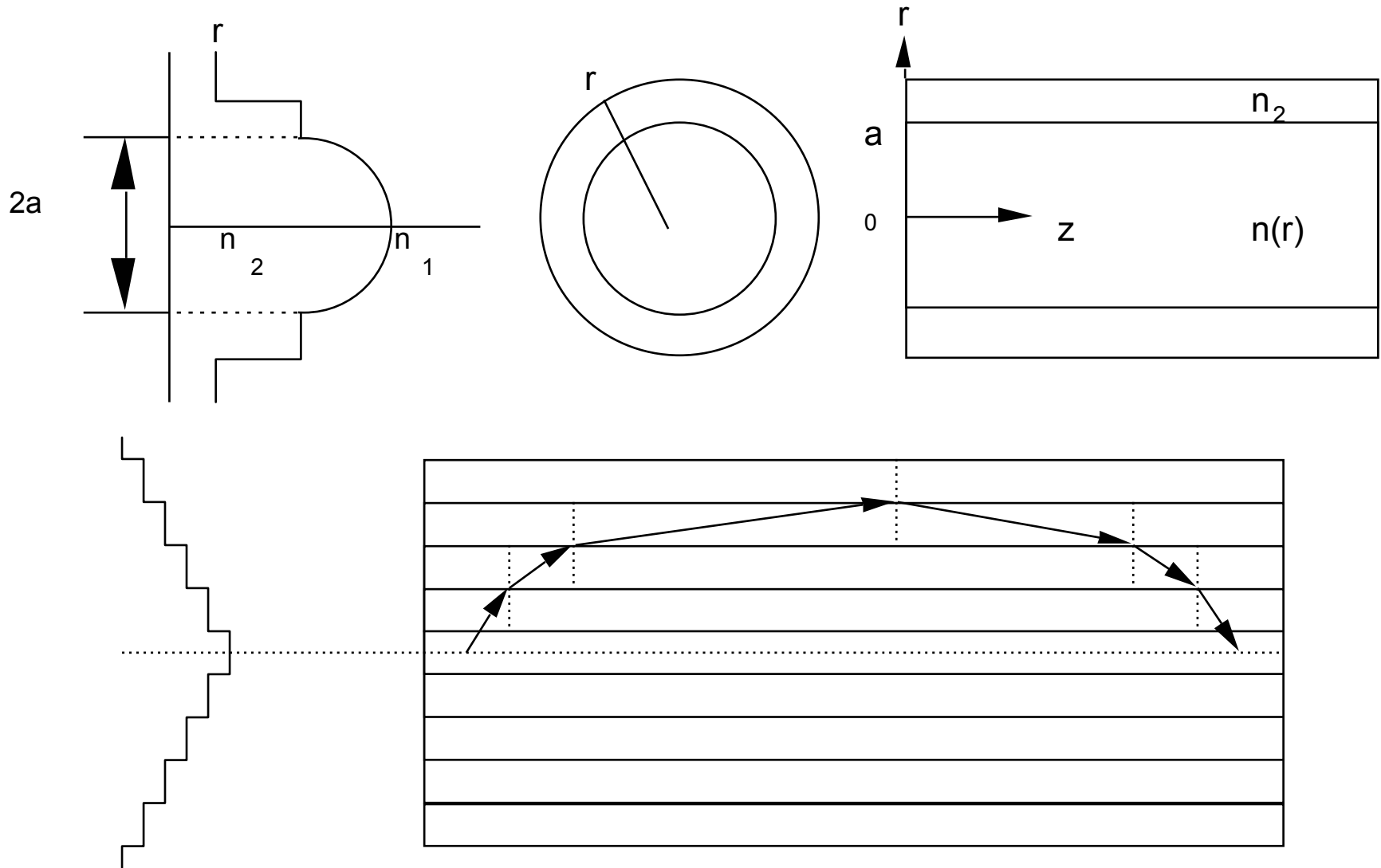


$$n_0 = 1.000 \quad n_1 = 1.47 \quad n_2 = 1.45$$

Sợi đa mode chiết suất biến đổi GI (Graded Index)



Mô tả chiết suất biến đổi



Các dạng phân bố chiết suất trong sợi quang

- Nếu chiết suất của bước sóng quang được coi như một hàm của bán kính r , nó mô tả sự biến thiên chiết suất theo bán kính (tính theo trục sợi quang từ tâm lõi thủy tinh ra ngoài vỏ thủy tinh): $\mathbf{n} = \mathbf{n}(r)$

Ta có:

$$n^2(r) = n_1^2 \left[1 - 2 \cdot \Delta \cdot \left(\frac{r}{a} \right)^g \right] \quad \text{Với } r < a \text{ trong lõi sợi}$$

$$n^2(r) = n_2^2 = \text{constant} \quad \text{Với } r \geq a \text{ trong vỏ sợi}$$

- Trong đó: n_1 : chiết suất khúc xạ tại trục lõi sợi
 n_2 : chiết suất khúc xạ của vỏ
 Δ : độ chênh lệch chiết suất

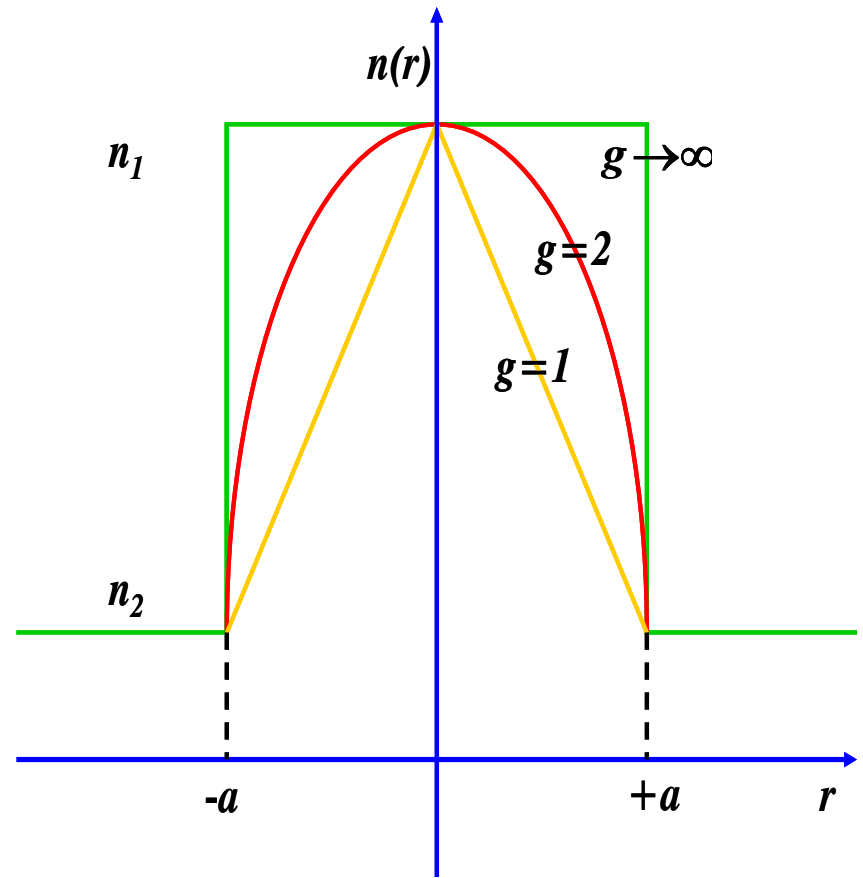
- r : khoảng cách tính từ trục của sợi quang (μm)
- a : bán kính lõi (μm)
- g : số mũ quyết định dạng biến thiên ($g \geq 1$)

Các giá trị thông dụng của g :

$g = 1$: phân bố dạng tam giác

$g = 2$: phân bố dạng parabol hay
dạng chiết suất liên tục

$g \rightarrow \infty$: phân bố **dạng nhảy bậc** \rightarrow
phương trình quy về sợi nhảy bậc
 $n(r) = n_1$



Sự truyền các mode phụ thuộc vào dạng của phân bố chiết suất

Tần số chuẩn hóa V (V number)

$$V = 2\pi \cdot \frac{a}{\lambda} \cdot NA = k \cdot a \cdot NA$$

a: bán kính lõi sợi

NA: khẩu độ số

λ : bước sóng

k: số sóng

- Sợi chiết suất bậc có Tần số chuẩn hóa giới hạn – $V_{c\infty}$

(c = cut-off value): $V_{c\infty} = 2.405$

- Sợi đơn mode chiết suất bậc có V nằm trong dải giá trị:

$$0 < V < V_{c\infty} = 2.405$$

- Sợi chiết suất biến đổi có Tần số chuẩn hóa giới hạn – V_c :

$$V_c \approx V_{c\infty} \cdot \sqrt{\frac{g+2}{g}}$$

$$g = 2 \Rightarrow V_c \approx 2.405 \cdot \sqrt{2} = 3.4$$

Số mode N

- Số mode lan truyền trong sợi quang:

$$N \approx \frac{V^2}{2} \cdot \frac{g}{g+2}$$

- Số mode trong sợi SI:

$$g \rightarrow \infty \Rightarrow N \approx \frac{V^2}{2}$$

- Số mode trong sợi GI:

$$g = 2 \Rightarrow N \approx \frac{V^2}{4}$$

- Trong sợi SI:

$N \sim V^2$: công suất đi vào vỏ giảm khi V tăng. Khi V lớn, công suất quang trung bình trong vỏ được xác định:

$$\frac{P_{clad}}{P} \approx \frac{4}{3\sqrt{M}}$$

Bước sóng cắt λ_c

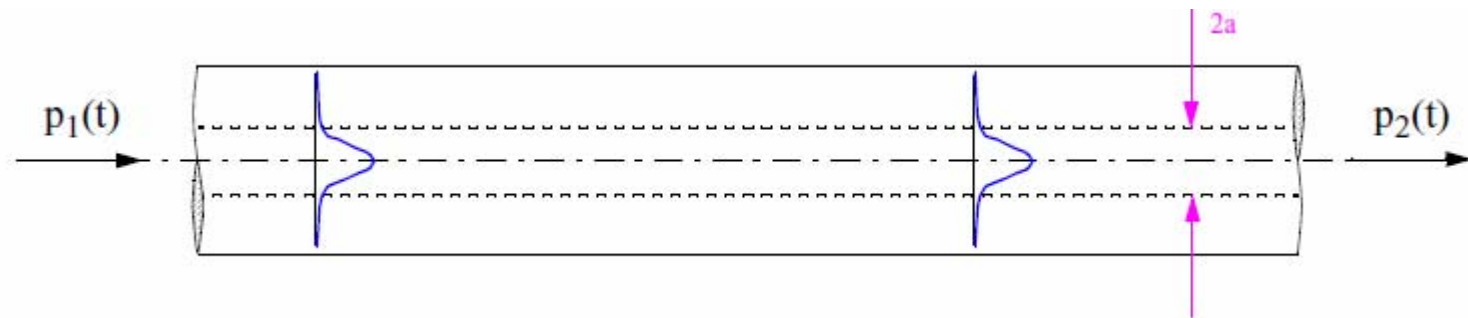
- Từ $V_c \rightarrow \lambda_c =$ bước sóng giới hạn / ngưỡng / cắt

$$\lambda_c = \frac{\pi \cdot 2a \cdot NA}{V_c}$$

- Ý nghĩa:
 - Ống dẫn sóng quang là đơn mode tại những bước sóng $\lambda_i \geq \lambda_c$
 - Ống dẫn sóng quang là đa mode tại những bước sóng $\lambda_i < \lambda_c$

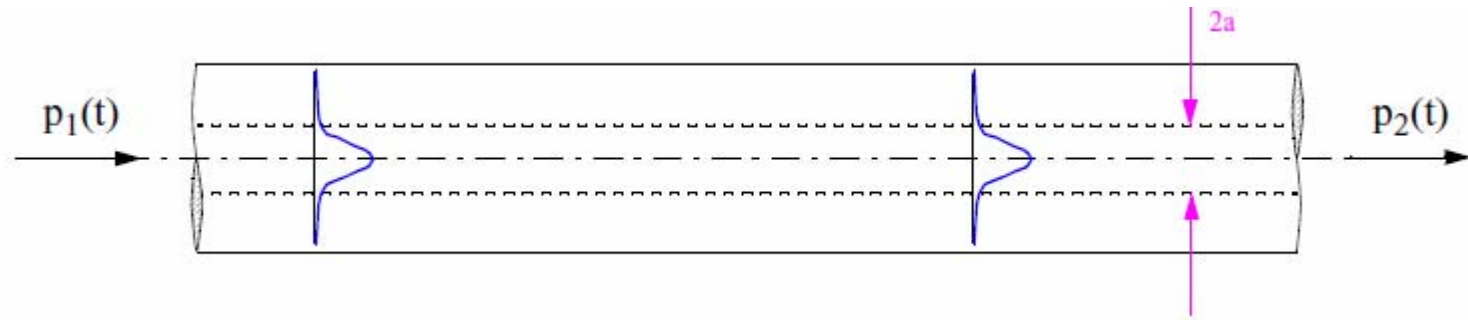
Ví dụ: sợi quang có thông số $n_1=1,463$; $n_2=1,46$; $2a=10\mu\text{m}$ và $\lambda_c=1,22\mu\text{m}$ không thể sử dụng như một sợi đơn mode tại các bước sóng ngắn hơn $1,22\mu\text{m}$.

Điều kiện truyền dẫn đơn mode trong sợi quang

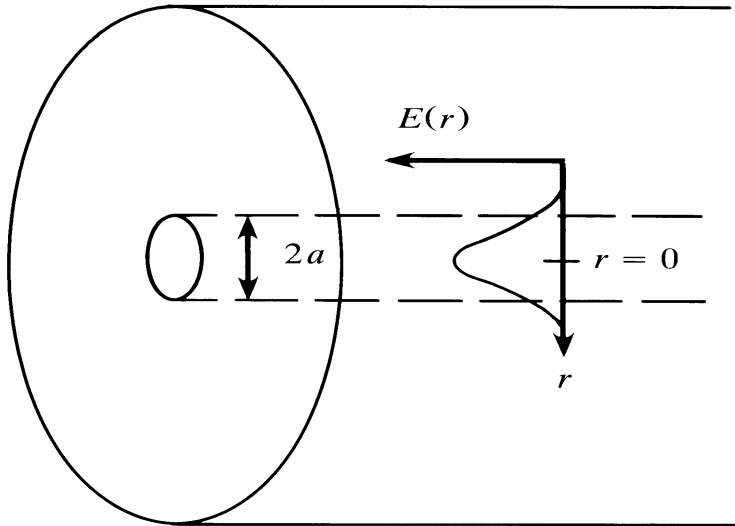


- Kích thước đường kính lõi trong khoảng một vài bước sóng
- Vi sai chiết suất lõi – vỏ nhỏ: 0,1- 0,2%
 - Ví dụ: sợi đơn mode tiêu chuẩn có bán kính lõi $3\mu\text{m}$, khẩu độ số $\text{NA}=0,1$ tại bước sóng $0,8\mu\text{m}$ và $V=2,356$

Điều kiện truyền dẫn đơn mode trong sợi quang (tiếp)



- Đường kính trường mode $2w_0$ (MDF: mode field diameter)
 - Tham số cơ bản của sợi đơn mode, được xác định từ phân bố trường mode của mode cơ bản
 - Định nghĩa MDF theo phân bố Gaussian: $MDF = e^{-2}$ độ rộng của công suất quang



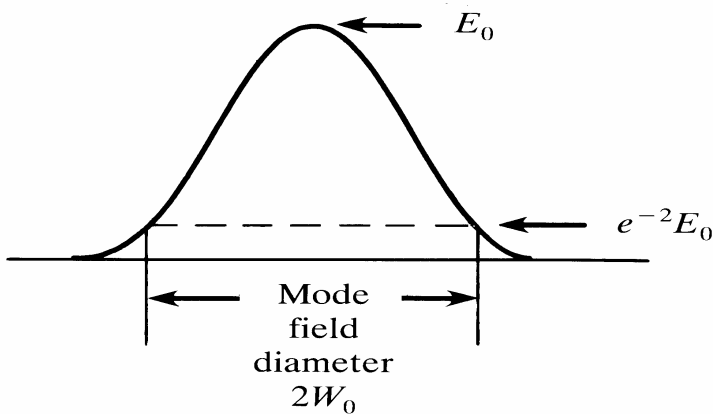
Cho một phân bố Gauss:

$$E(r) = E_0 \exp\left(-\frac{r^2}{w_0^2}\right)$$

r : bán kính

E_0 : trường tại bán kính $r=0$

w_0 : bán kính trường mode

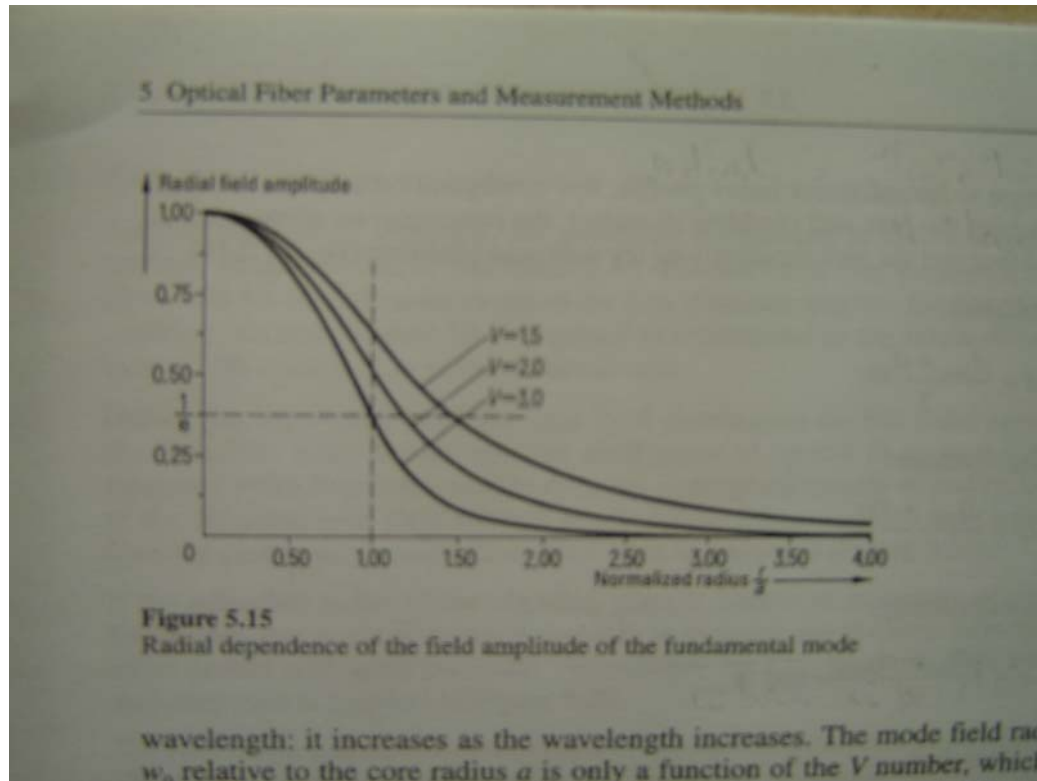


MDF của mode LP_{01} :

$$2w_0 = 2 \left[\frac{2 \int_0^{\infty} r^3 E^2(r) dr}{\int_0^{\infty} r E^2(r) dr} \right]^{1/2}$$

□ Định nghĩa MDF theo Petermann:

Bán kính trường mode w_0 là bán kính mà tại đó biên độ tia sáng giảm đến giá trị $1/e$ ($\approx 37\%$ vì $e \approx 2,71828$) so với giá trị biên độ lớn nhất tại $r = 0$.



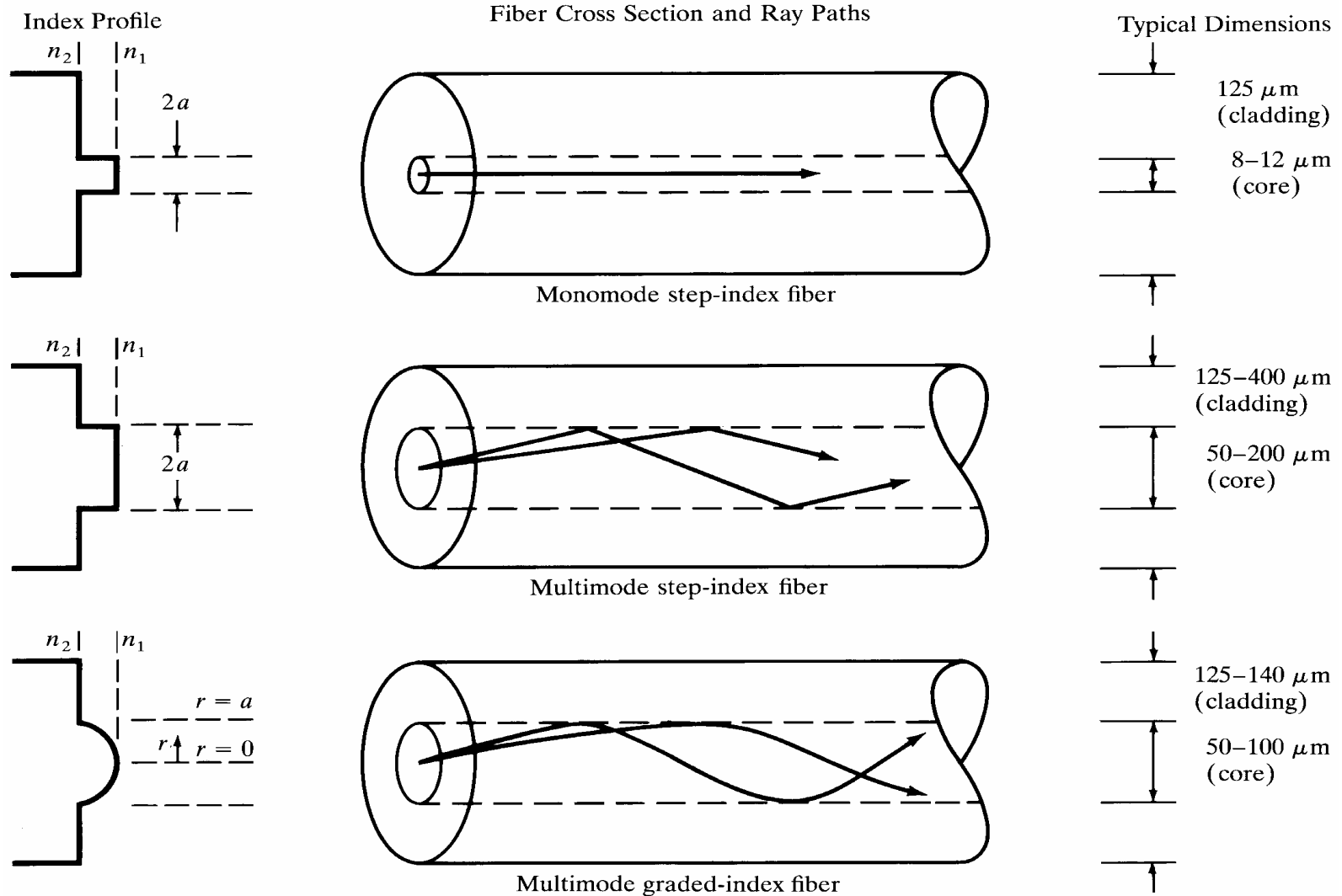
Định nghĩa theo Petermann (tiếp)

- Bán kính trường mode w_0 của sợi quang SI-SMF tỷ lệ thuận với bước sóng λ (= tỷ lệ nghịch với tham số V) và bán kính lõi sợi a
- Trong dải giá trị tham số V : $1,6 < V < 2,6$ có công thức sau mô tả khá chính xác mối liên hệ giữa w_0 , a và V :

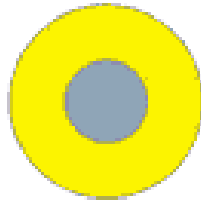
$$w_0 = \frac{2,6}{V} \cdot a$$

- Dải giá trị V trên tương ứng với dải bước sóng (1150nm – 1875nm), và dải bước sóng này hoàn toàn bao phủ những bước sóng hoạt động 1300nm và 1550nm.

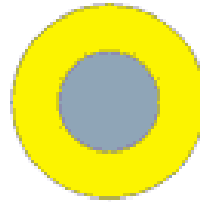
So sánh các cấu trúc sợi khác nhau



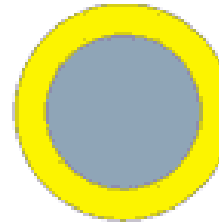
Kích thước lõi sợi quang



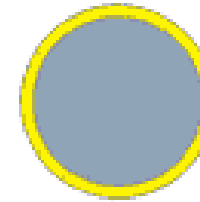
Multimode
50/125 μm



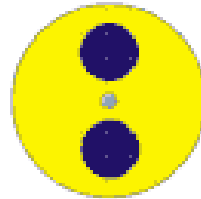
Multimode
62.5/125 μm



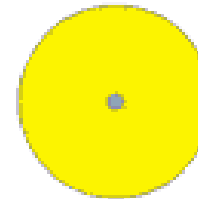
Multimode
100/140 μm



Multimode
110/125 μm

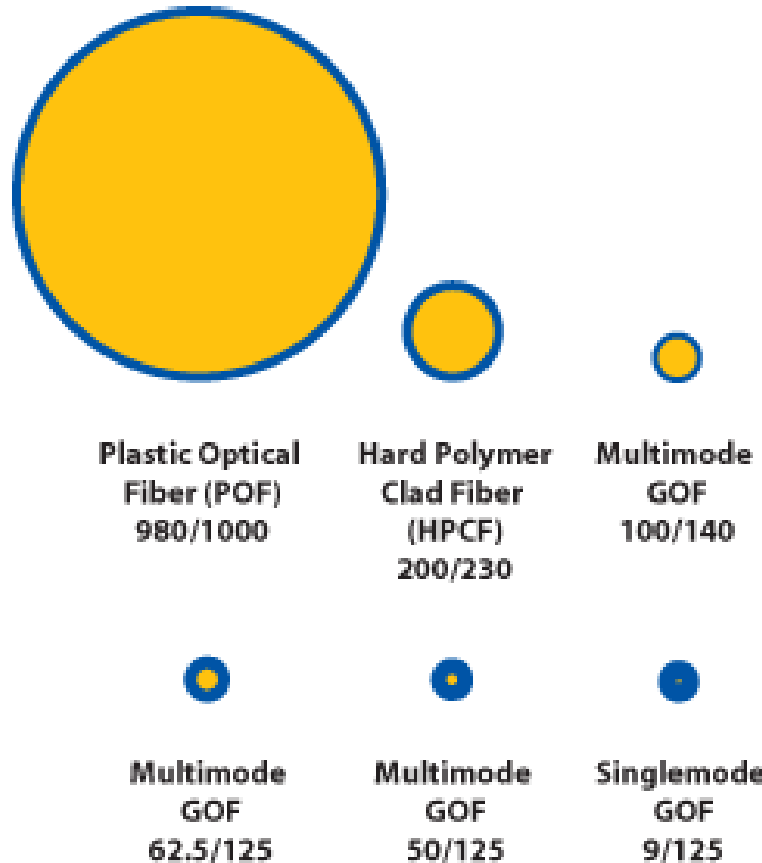


PM Single-mode
9/125 μm



Single-mode
9/125 μm

Kích thước sợi quang

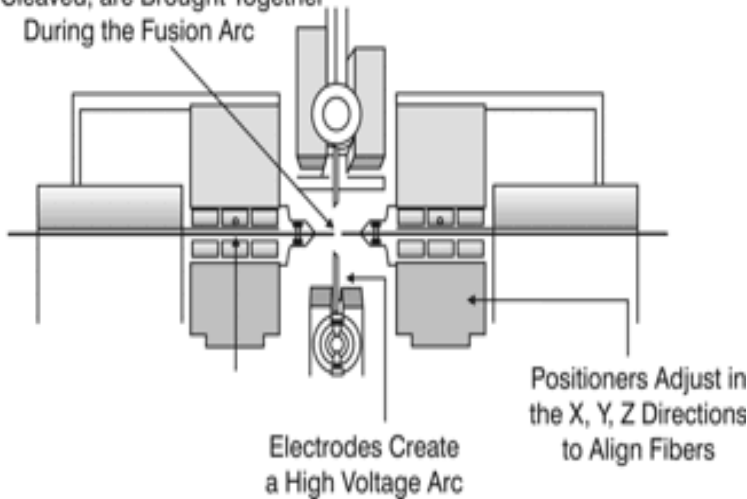


GOF=Glass Optical Fiber

Hàn nối sợi quang

- **Hàn nhiệt nóng chảy vĩnh viễn:**
Hàn nối bằng cách phóng điện hồ quang (tia lửa điện phóng điện) trong không khí.
- **Fusion Splicer:** Thiết bị hàn nối vĩnh viễn hai sợi quang

Fibers Stripped of Coating, Cleaned, and Cleaved, are Brought Together During the Fusion Arc

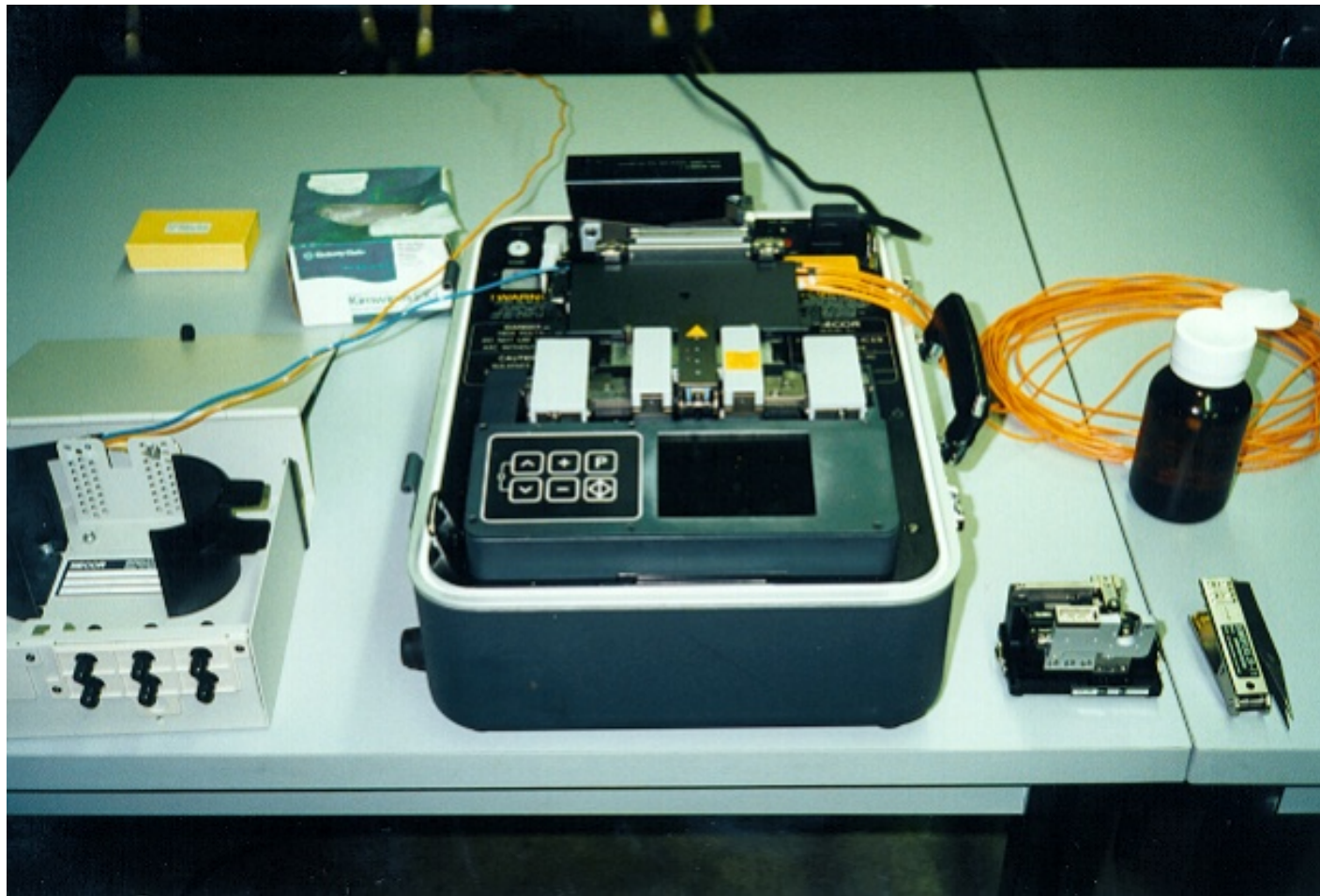


Fusion Splicer instrument

Các bước hàn nối bằng hồ quang

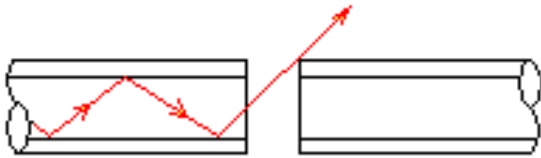
- Tách lớp vỏ bảo vệ ở hai đầu sợi cần nối.
- Dùng hóa chất làm sạch hai đầu sợi.
- Kẹp hai đầu sợi vào máy hàn và điều chỉnh cho chúng sát nhau (đồng trục, đồng tâm).
- Đậy nắp và cho đóng mạch tia lửa điện. Hai đầu sợi nóng chảy và sẽ dính chặt vào nhau. Quá trình này xảy ra tự động. Thời gian phóng điện đã được tính toán phù hợp loại sợi và kích thước sợi.
- Kiểm tra mối nối qua màn hình. Máy hàn sẽ tính toán suy hao của mối nối. Mối nối tốt có suy hao $\leq 0,05\text{dB}$. Nếu suy hao vượt giá trị cho phép, máy hàn hiển thị thông báo hàn lại. Mối hàn tốt nhìn đều đặn như đoạn sợi thông thường.
- Gia cố cơ học bảo vệ mối nối. Ví dụ dùng một ống bọc nhựa co nóng, có đệm đoạn vật liệu gia cường.

Các thiết bị dùng hàn nối sợi viễn

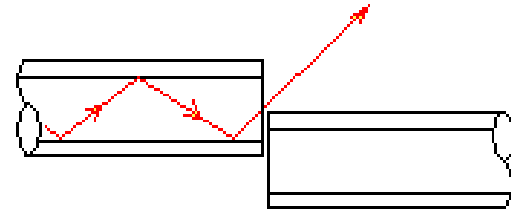


Hàn nối sợi quang

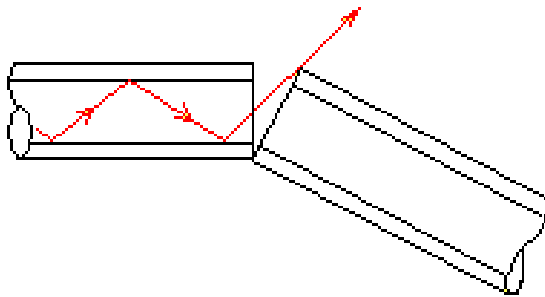
Có 4 kiểu hàn lỗi



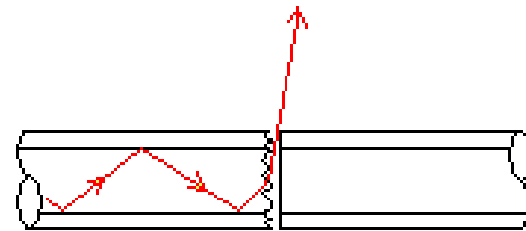
1. Lỗi cạnh (lateral)



2. Lỗi trục (axial)



3. Lỗi góc (angular)



4. Lỗi do mặt tiếp xúc không đồng đều
(poor end finish)

Bảo vệ mối nối giữa hai cáp quang

- Để các chỗ nối ổn định và an toàn, dùng các hộp bảo vệ chỗ nối (loại trong nhà, ngoài trời, chôn trực tiếp).
- Quy trình lắp ráp:
 - Các sợi sau khi hàn được xếp vào trong **hộp chứa sợi**. Đóng hộp và nối thêm các phần tử gia cường, dùng băng quấn chặt cố định sợi trong hộp.
 - Đặt toàn bộ đoạn cáp vừa được nối trong **ống măng sông** có cấu tạo hai nửa ống, các đai hãm cố định và hai vòng chốt.
 - Đặt ống măng sông khóa cố định vào **hộp bảo vệ bằng nhựa cứng**. Đổ chất làm đầy vào trong hộp để lèn chặt ống. Quấn băng bảo vệ ở hai đầu hộp, chỗ có cáp đi vào, chống nước đi vào.

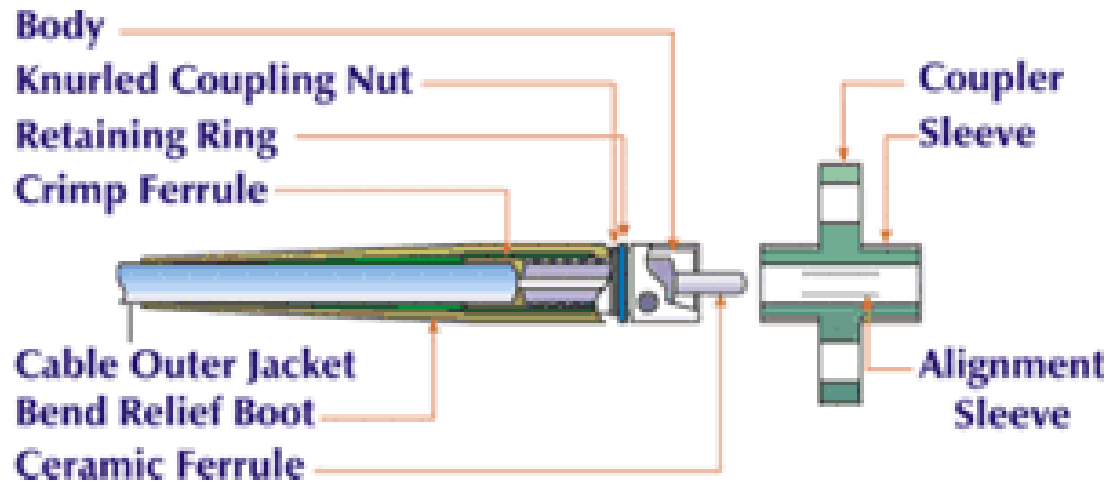
Connector – Thiết bị nối quang

- Dùng các đầu nối **connector**
 - Connector là thiết bị quang dùng đầu nối 2 sợi quang hoặc sợi quang với nguồn phát quang / bộ thu quang.
 - Connector phải hướng vào nguồn sáng và tập trung ánh sáng; có thể gắn vào / tách rời ra từ các thiết bị dễ dàng.

Adapter – Thiết bị tiếp hợp hay ống nối

- Cho phép kết nối các connector với nhau
- Có 3 loại:
 - Mating sleeve adapter – dùng nối các connector cùng loại
 - Hybrid adapter – cho phép chuyển từ connector loại này sang loại khác
 - Bare fiber adapter – cho phép kiểm tra nhanh và dễ dàng thông số sợi quang

Cấu tạo chung của Connector và Adapter



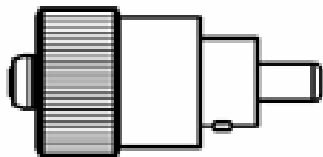


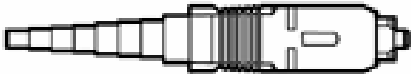


Connector

Adapter

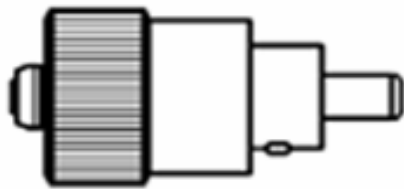
- **Body:** Phần thân
- **Knurled Coupling nut:** Khóa tròn của đai nối
- **Retaining Ring:** Vòng giữ chặt
- **Crimp Ferrule:** Vòng sắt đệm, vòng sắt nối
- **Cable Outer Jacket Bend Relief Boot:** Vỏ bao bên ngoài giữ chặt sợi cáp
- **Ceramic Ferrule:** Đầu gốm

- **Sleeve:** ống bọc ngoài
- **Coupler:** bộ nối
- **Alignment Sleeve:** Ống giữ 2 đầu cáp nối thẳng hàng

Phân loại đầu nối sợi quang

 <p>FC Connector</p>	 <p>LC Connector</p>	 <p>MT-RJ Connector</p>
 <p>SC Connector</p>	 <p>SC Duplex</p>	 <p>ST Connector</p>

FC connector



FC Connector

- ❑ FC Connector sử dụng cho sợi đơn mode và đa mode.
- ❑ FC connector có một vòng đệm kim loại nổi, khoảng 500 vòng đệm bên trong bằng gốm ghép với nhau, có khả năng cách ly cơ học tốt.
- ❑ Suy hao mỗi nối:
 $0.50 \rightarrow 1.00\text{dB}$.
- ❑ Ứng dụng trong truyền dữ liệu, viễn thông.

LC connector



LC Connector

- ❑ LC sử dụng cho sợi đơn mode và đa mode.
- ❑ LC được đặt trong vỏ nhựa, có đầu chốt, cho sự liên kết chính xác qua khoảng 500 vòng đệm gôm.
- ❑ Suy hao mỗi nối: 0,15 dB (SM) và 0.10 dB (MM).
- ❑ Ứng dụng cho những liên kết mật độ cao

MT-RJ connector



MT-RJ Connector

- ❑ MT-RJ dùng cho sợi đơn mode và đa mode.
- ❑ MT-RJ đặt trong vỏ nhựa, cho mỗi liên kết chính xác qua các trục kim loại và khoảng 1000 vòng đệm nhựa.
- ❑ Suy hao mỗi nối: 0.25 dB (SM) và 0.35 dB (MM).

SC connector



SC Connector

- ❑ Các bộ nối SC dùng cho sợi đơn mode và đa mode.
- ❑ Chúng có giá thành thấp, đơn giản và bền.
- ❑ SC có một đầu chốt, khả năng liên kết chính xác qua khoảng 1000 vòng ghép đệm bằng gốm.
- ❑ Suy hao mỗi nối 0.20 dB → 0.45 dB.
- ❑ Ứng dụng cho truyền dữ liệu.

ST connector



ST Connector

- ❑ Bộ nối ST có ngạnh khoá, sử dụng cho sợi đơn mode, sợi đa mode.
- ❑ Nó có thể được ghép vào hay tháo ra từ sợi cáp quang vừa nhanh vừa dễ dàng.
- ❑ Các bộ nối ST có hai kiểu: ST và ST-II. Hai loại này có khoá và lò xo. Chúng là loại ấn vào và loại xoay.
- ❑ ST có vòng kim loại mạ niken nổi và khoảng 500 vòng đệm bằng gốm ghép với nhau.
- ❑ Suy hao mỗi nối: 0.40 dB (SM) và 0.50 dB (MM).

- Optic Fiber Adapter - Hybrid-FC/ST Adapter

- Hybrid adapter – cho phép chuyển từ connector loại này sang loại khác

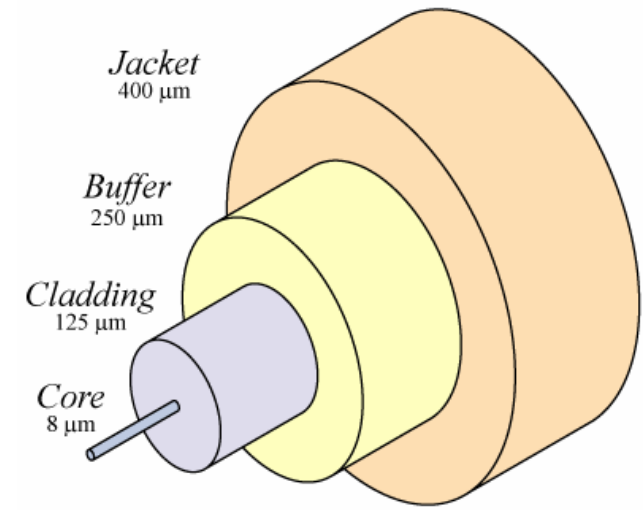
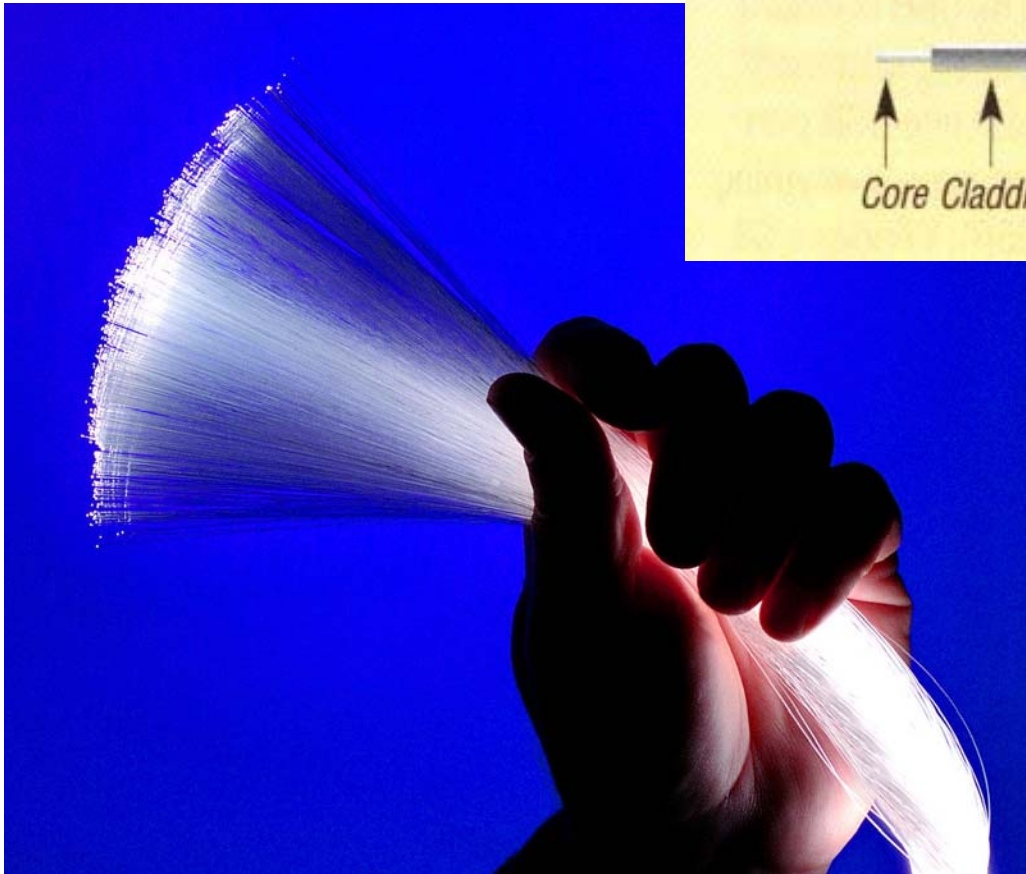
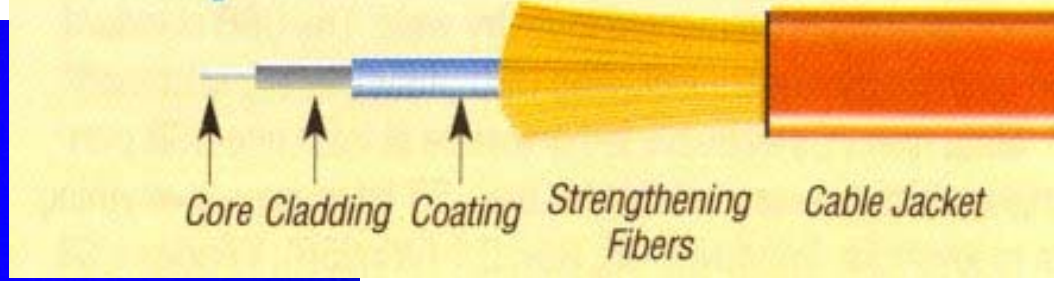


- Fiber Optic Adapter-Mating Sleeve (ST/ST 3/8" D Mounting Hole Type)



Cấu trúc sợi quang

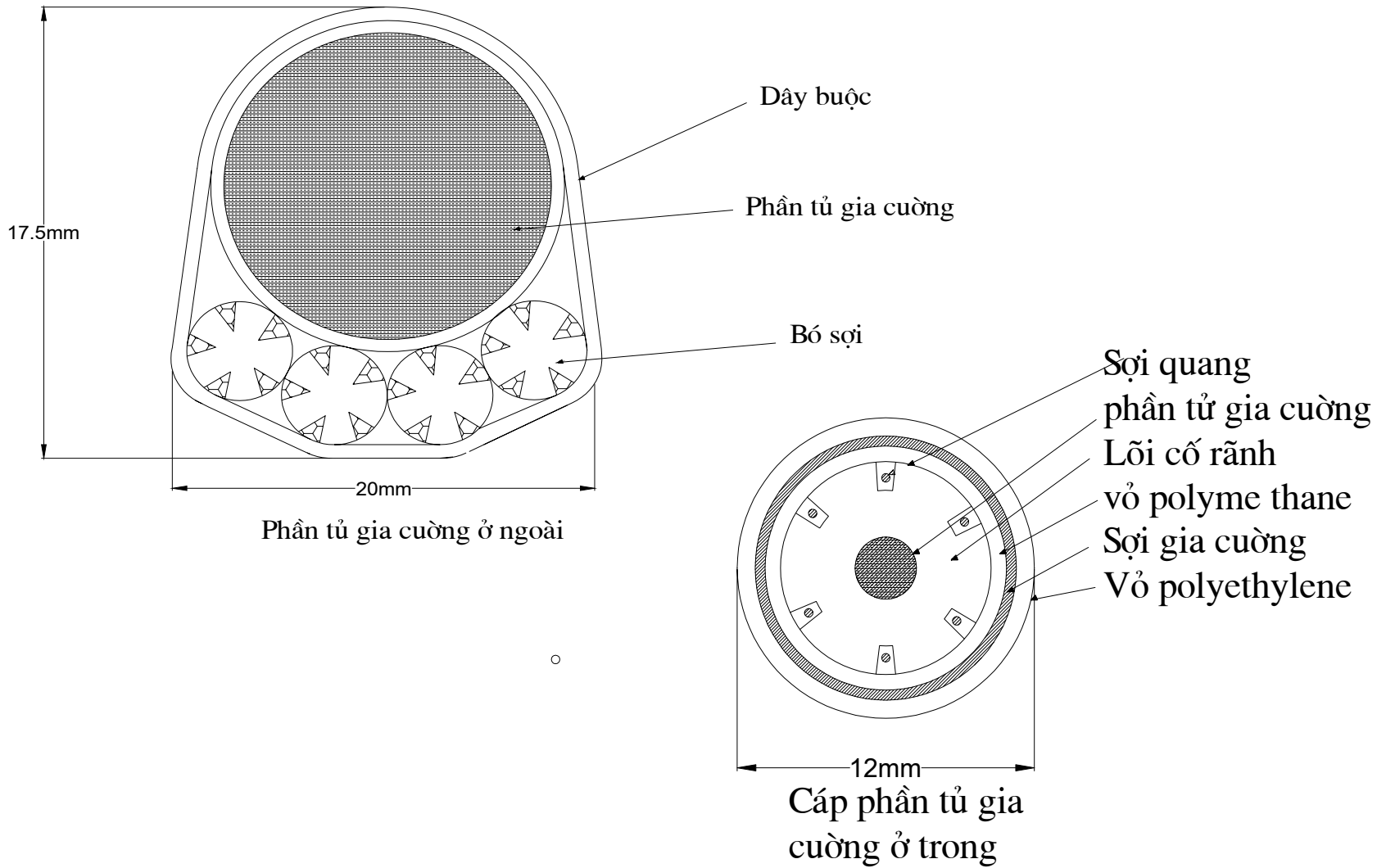
Fiber optic cable construction.



Phân loại cáp quang

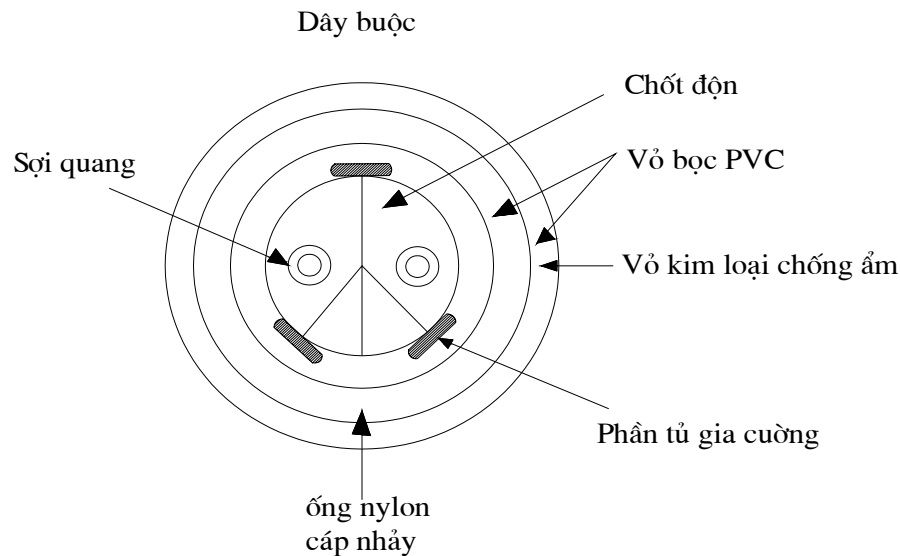
- ❑ Cáp treo
- ❑ Cáp kéo trong cống
- ❑ Cáp chôn trực tiếp
- ❑ Cáp trong nhà
- ❑ Cáp ngập nước và cáp thả biển
- ❑ Ngoài ra còn có một số loại cáp đặc biệt chuyên sử dụng cho các mục đích riêng.

Cáp treo

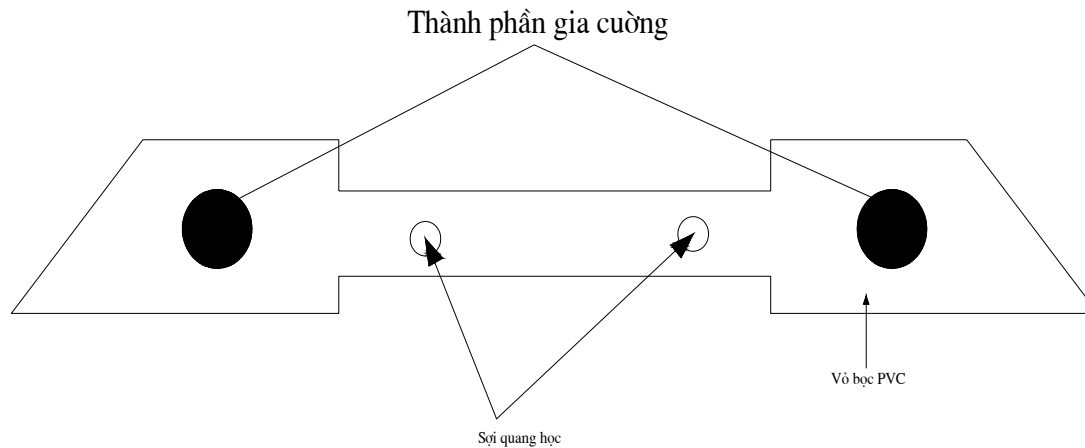
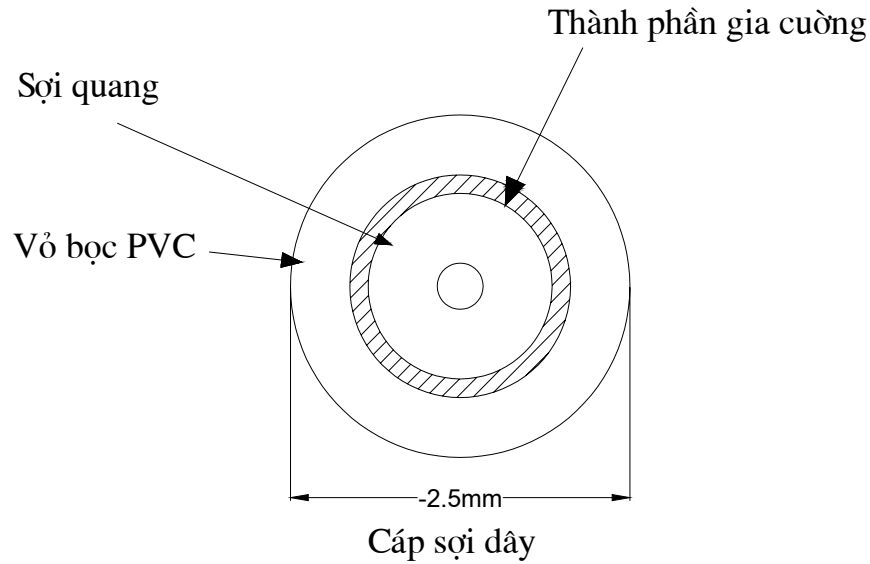


Cáp đặt trong nhà

- Có số sợi quang ít
- Đặc tính chính: kích thước bên ngoài nhỏ, mềm dẻo, dễ uốn cong, dễ hàn nối, chống gặm nhấm tốt.
- Loại cáp này thường bám sát tường nhà và thiết bị nên chống dẫn lửa. không phát ra khí độc.
- Cấu trúc dạng bọc chặt để đảm bảo kích thước nhỏ và chắc.

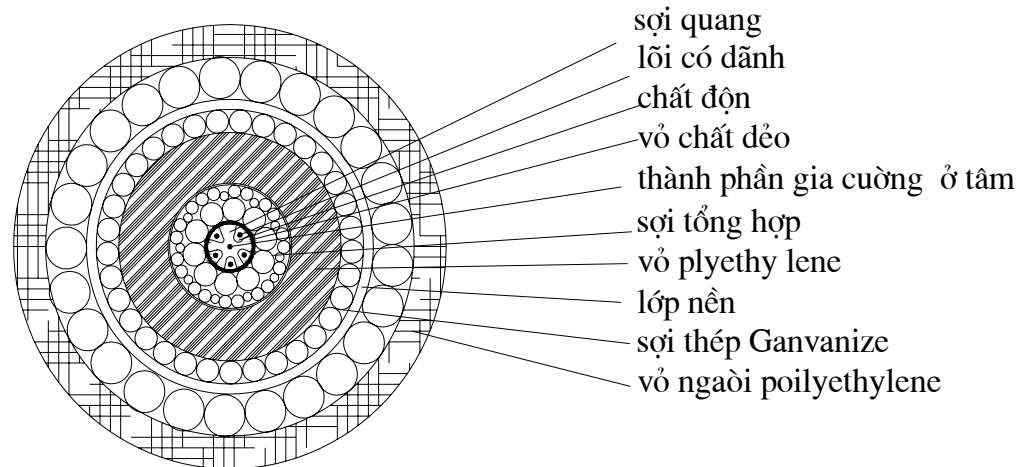


Cáp đặt trong nhà



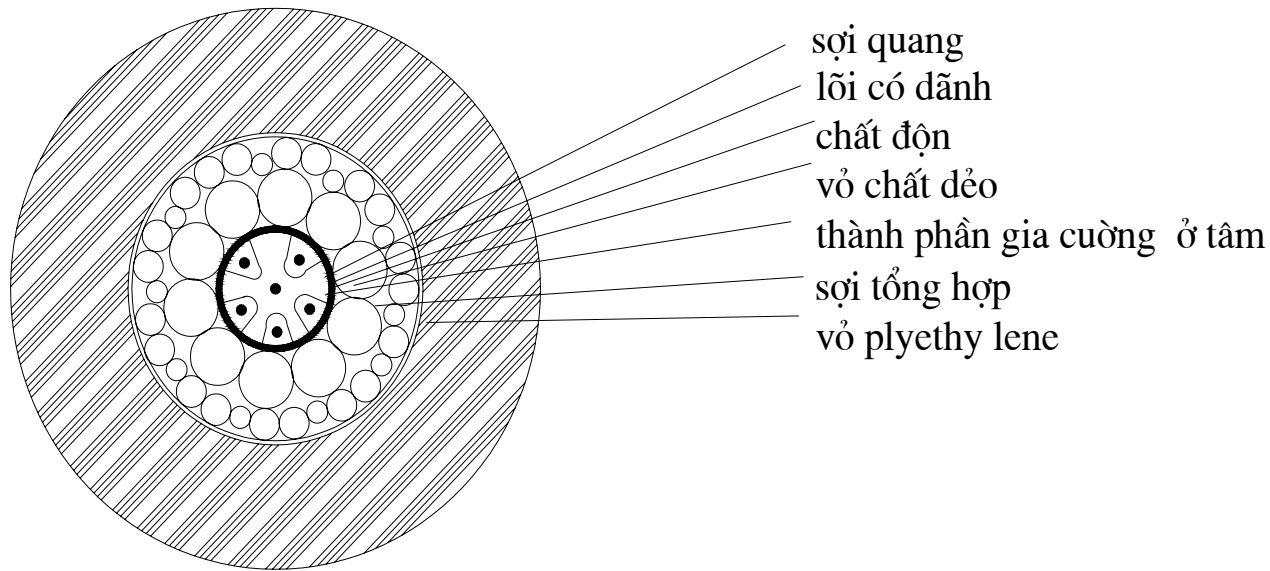
Cáp ngậm nước

- Cáp ngậm nước được sử dụng để thả qua sông, đầm lầy → cần đáp ứng các yêu cầu khắt khe:
 - Tính chống ẩm và chống thấm nước tại các vùng có áp suất đặc biệt lớn.
 - Chống sự dẫn nước dọc theo cáp.
 - Chịu được lực kéo lớn khi lắp đặt và sửa chữa cáp.
 - Chịu được áp lực.
 - Có khả năng hàn nối sửa chữa dễ dàng.
 - Có cấu trúc tương thích với cáp đặt trên đất liền.

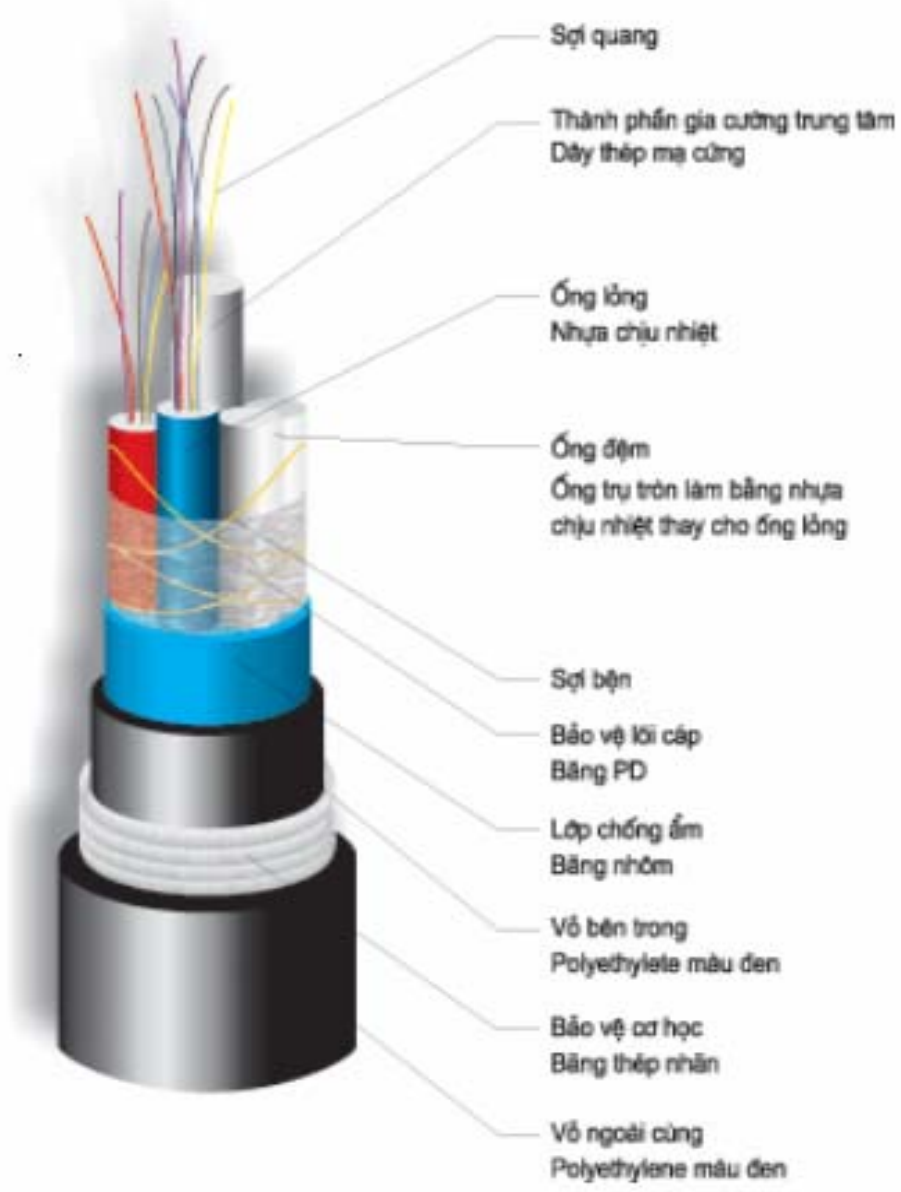


Cáp thả biển

- Cáp thả biển là loại cáp đặc chủng, đòi hỏi yêu cầu khắt khe hơn loại cáp ngập nước. Ngoài các yếu tố trên, cáp thả biển còn chịu tác động đặc biệt khác như khả năng thâm nhập của nước biển, sự phá hoại của các động vật biển, sự cọ sát của tàu thuyền... Bên cạnh đó cần tính tới khả năng sửa chữa cáp bằng tàu.



Cáp quang



Chương 6: THÔNG TIN QUANG

C H Ư Ớ N G 6

1

KẾT CẤU CỦA HỆ THỐNG THÔNG TIN QUANG

2

HỆ THỐNG GHÉP KÊNH QUANG WDM

3

BỘ KHUẾCH ĐẠI QUANG

6.1 Sự phát triển của thông tin quang

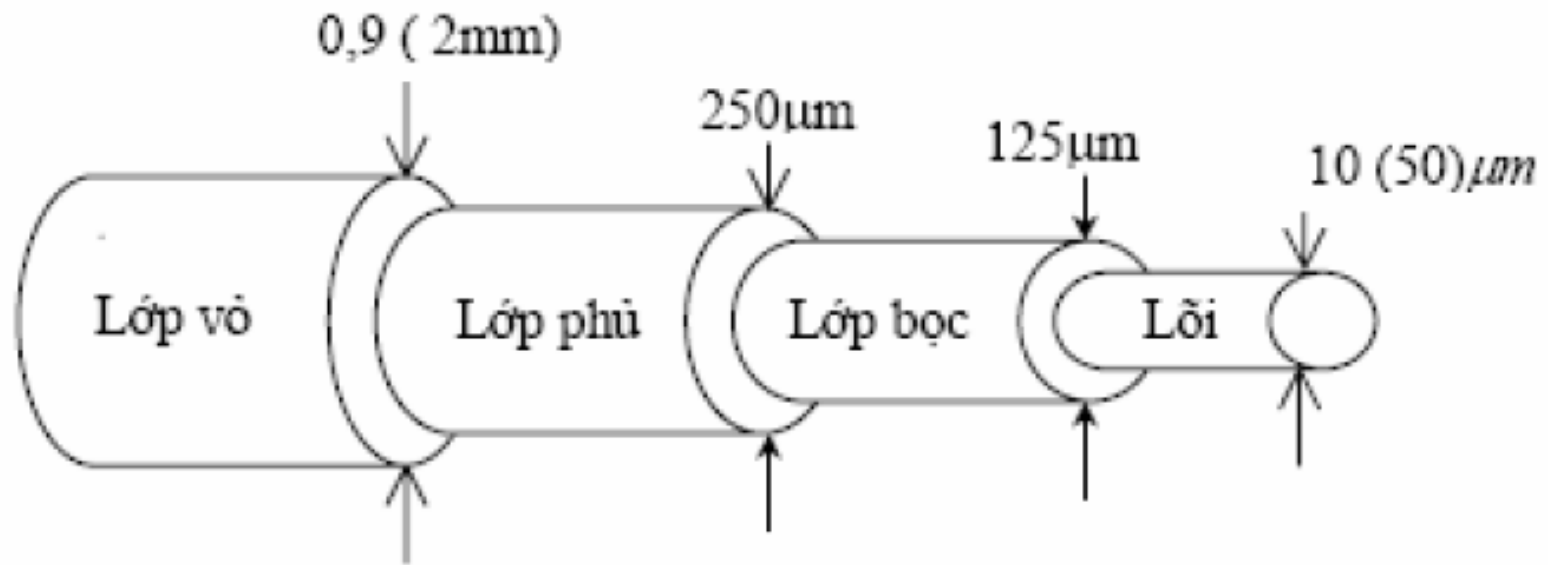
- ❑ Thông tin quang được bắt đầu bằng sự phát minh thành công của Laser năm 1960
- ❑ Năm 1966 chế tạo sợi quang có độ tổn thất thấp
- ❑ Phát triển thành công trong những năm 70, độ tổn thất của suy hao sợi quang đã được giảm đến 0.18dB/km
- ❑ Hiện nay các hệ thống thông tin quang truyền dẫn tất cả các tín hiệu dịch vụ băng hẹp, băng rộng đáp ứng yêu cầu của mạng số liên kết đa dịch vụ ISDN

Ưu điểm của thông tin quang

- ❑ Băng thông khổng lồ đầy tiềm năng
- ❑ Sợi quang kích thước nhỏ và nhẹ
- ❑ Sự cách li về điện
- ❑ Không bị ảnh hưởng bởi nhiễu và xuyên âm
- ❑ Bảo mật thông tin: ánh sáng từ sợi quang bị bức xạ một cách không đáng kể nên chúng có tính bảo mật tín hiệu cao

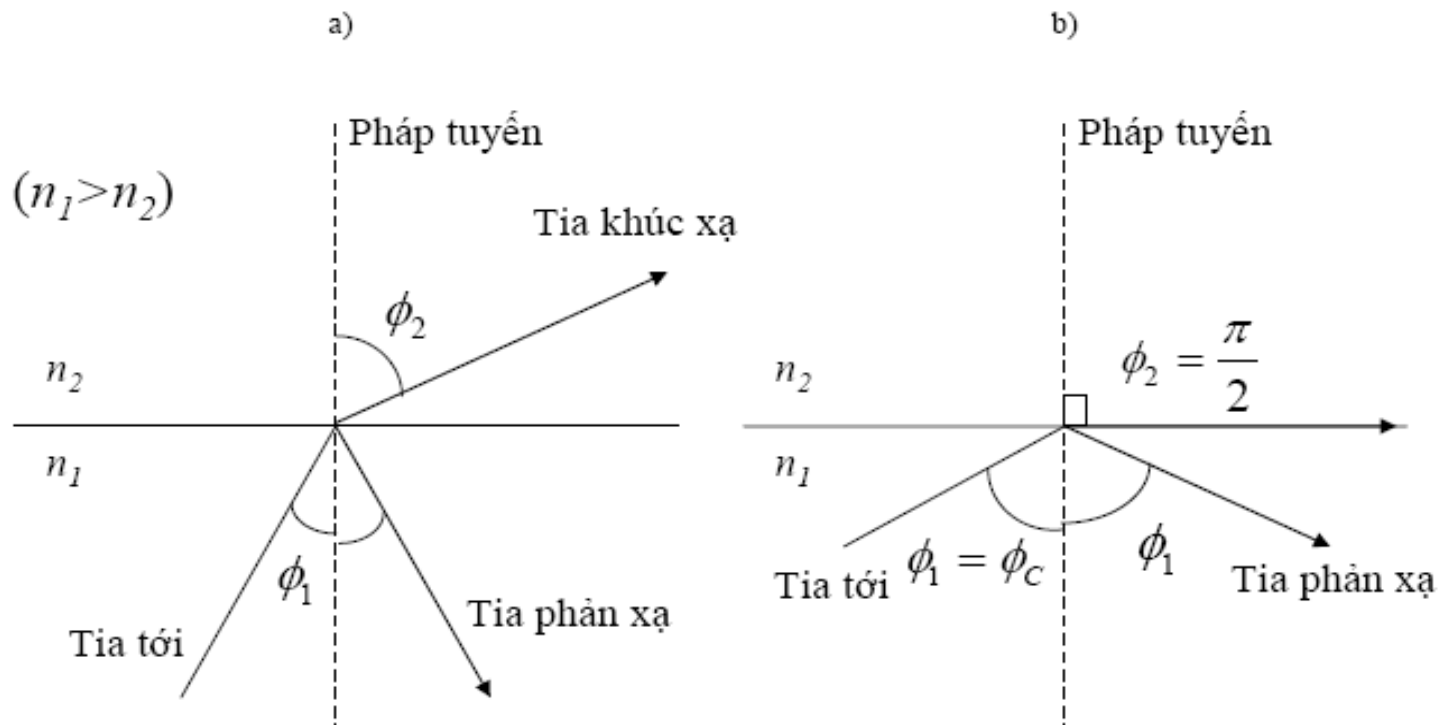
- **Suy hao thấp:** sự phát triển của sợi quang qua nhiều năm đã đạt được kết quả trong việc chế tạo ra sợi quang có độ suy hao rất thấp
- **Tính linh hoạt:** mặc dù các lớp bảo vệ là cần thiết, sợi quang được chế tạo với sức căng cao, bán kính rất nhỏ.
- **Độ tin cậy của hệ thống và dễ bảo dưỡng:** do đặc tính suy hao thấp của sợi quang nên có thể giảm được yêu cầu số bộ lặp trung gian hoặc số bộ khuếch đại trên đường truyền.
- **Giá thành thấp đầy tiềm năng:** thủy tinh cung cấp cho thông tin quang được lấy từ cát, không phải là nguồn tài nguyên khan hiếm.

Các thành phần cơ bản của sợi quang điển hình



Các thành phần cơ bản của sợi quang điển hình

Hiện tượng phản xạ toàn phần



Hiện tượng phản xạ và khúc xạ ánh sáng trong sợi quang:

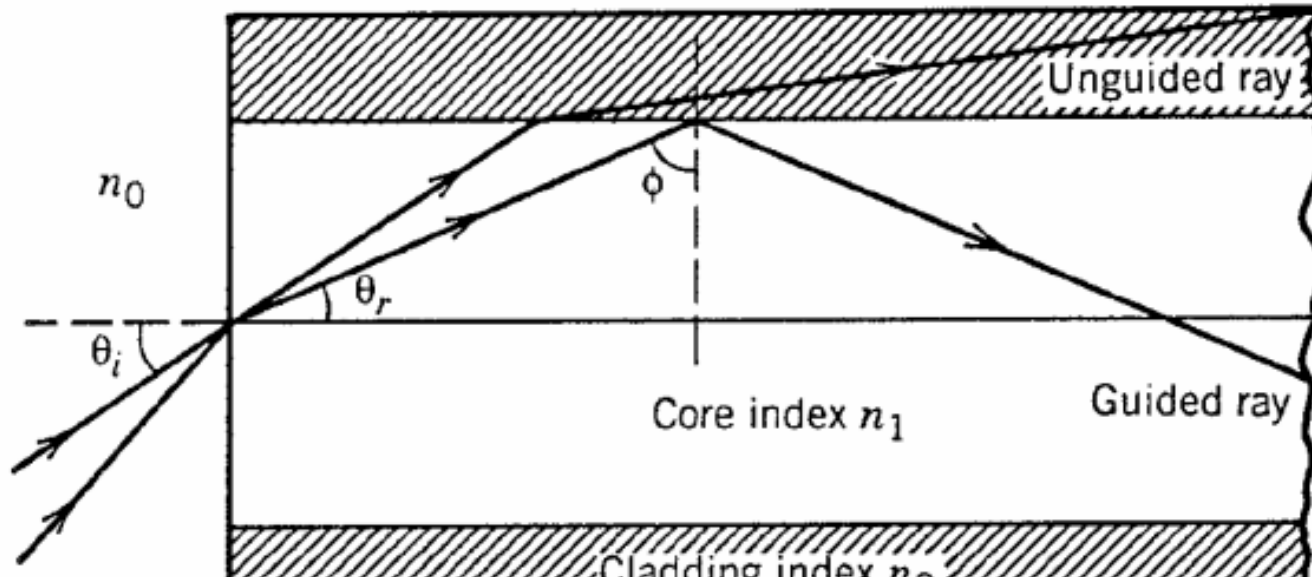
$$n_1 \sin \phi_1 = n_2 \sin \phi_2$$

$$\sin \phi_c = n_2 / n_1$$

Hiện tượng phản xạ toàn phần (tt)

- Như vậy, điều kiện để xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần như sau:
- Các tia sáng phải đi từ môi trường có chiết suất lớn hơn sang môi trường có chiết suất nhỏ hơn.
- Góc tới của tia sáng phải lớn hơn góc tới hạn.

Khẩu độ số



$$n_0 \sin \theta_i = n_1 \sin \theta_r \quad \sin \phi_c = \frac{n_2}{n_1} \quad \phi > \phi_c$$

$$n_0 \sin \theta_i = n_1 \cos \phi_c = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)}$$

Khẩu độ số (NA) của sợi

$n_0 \sin \theta_i$ được gọi là khẩu độ số (NA) của sợi. Nó đặc trưng khả năng tập trung ánh sáng vào sợi.

Vì $n_1 \approx n_2$ thì NA xấp xỉ bằng:

$$NA = n_1 \sqrt{2\Delta}$$

với

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

Khẩu độ số (NA) của sợi

Ví dụ 2.1:

Tính khẩu độ số của sợi quang:

- (i) có $n_1 = 1,46$ và $n_2 = 1$ (không khí)
- (ii) có $n_1 = 1,465$ và $n_2 = 1,45$.

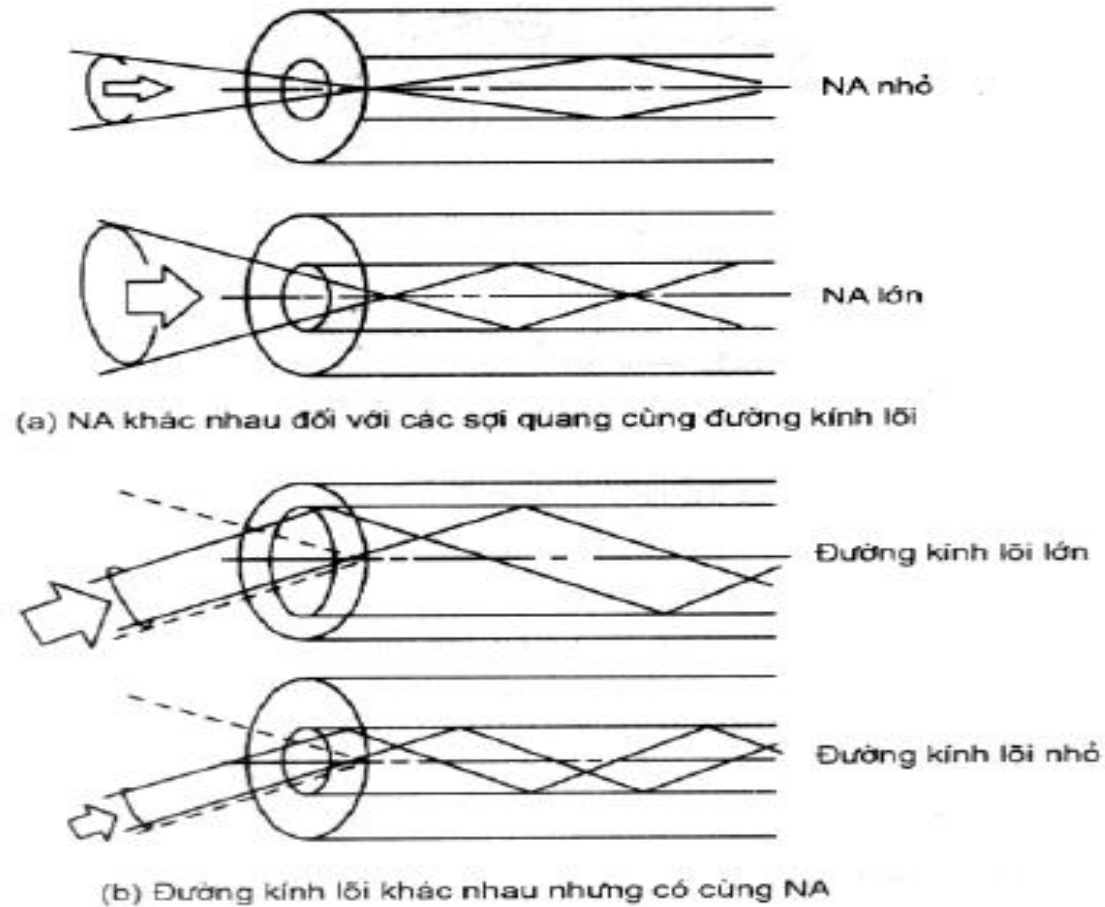
Giải

Áp dụng biểu thức (2.8) ta có:

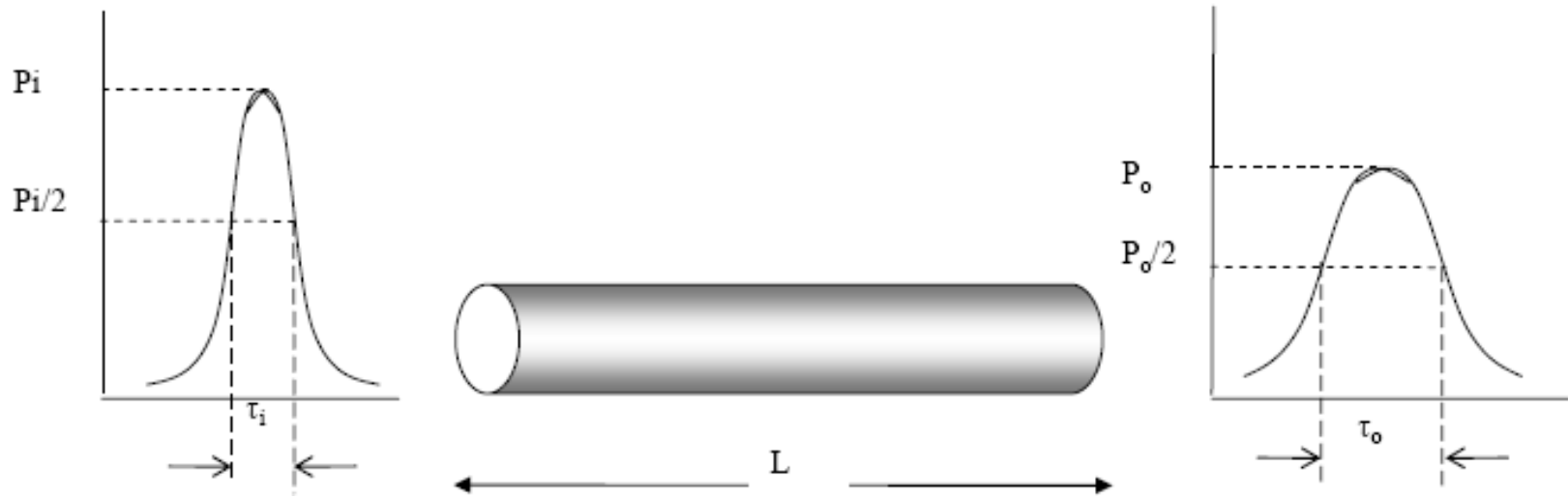
$$(i) NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sqrt{1,46^2 - 1^2} = 1,07$$

$$(ii) NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \sqrt{1,465^2 - 1,45^2} = 0,2091$$

Ảnh hưởng của NA và đường kính lõi đến hiệu suất ghép nối giữa nguồn sáng và sợi quang



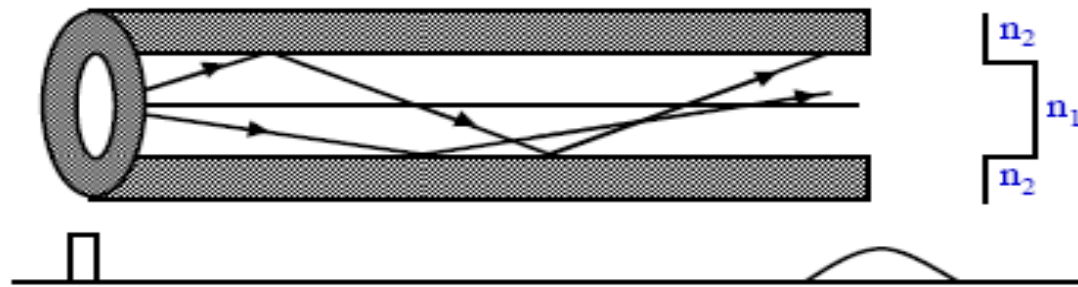
Tán sắc trong hệ thống sợi quang



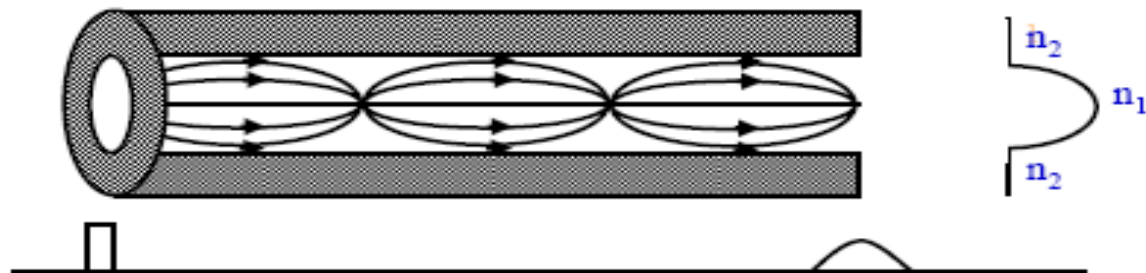
Minh họa sự giãn rộng xung do tán sắc khi ánh sáng được truyền trong sợi.

$$D = \sqrt{\tau_o^2 - \tau_i^2}$$

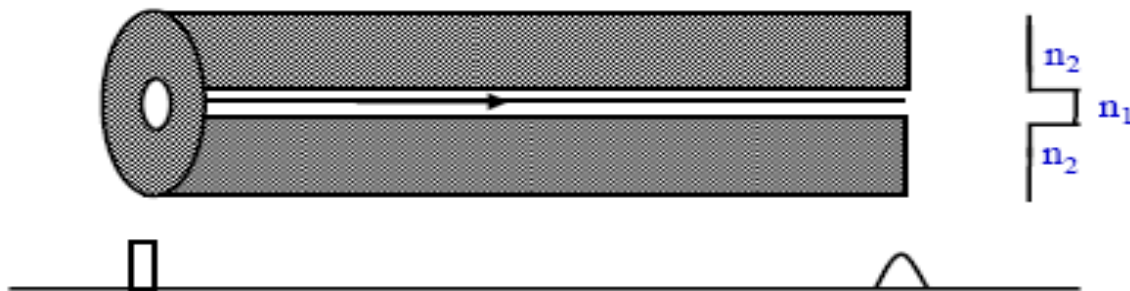
Ánh sáng truyền trong các loại sợi



! Ánh sáng truyền trong sợi quang MM-SI



ánh sáng truyền trong sợi quang MM-GI¹

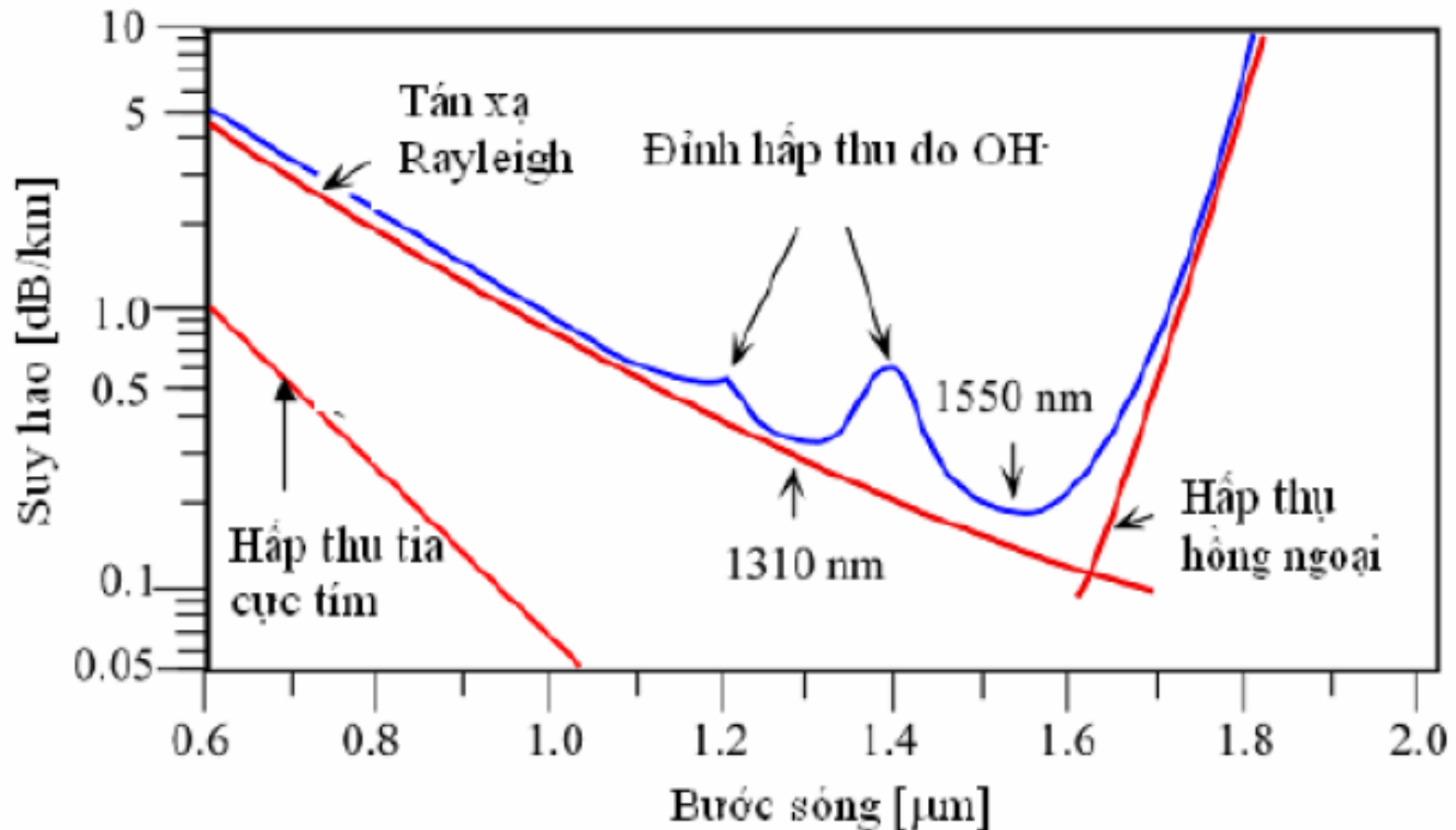


ánh sáng truyền trong sợi quang SM

Các thành phần chính của một tuyến thông tin quang

- **Thiết bị phát quang** được cấu tạo từ nguồn phát tín hiệu quang và các mạch điện điều khiển liên kết với nhau.
- **Cáp sợi quang** gồm có các sợi dẫn quang và lớp vỏ bọc xung quanh để bảo vệ khỏi tác động có hại từ môi trường bên ngoài.
- **Thiết bị thu quang** được cấu tạo từ bộ tách sóng quang và các mạch khuếch đại, tái tạo tín hiệu hợp thành.
- Ngoài các thành phần chủ yếu trên, tuyến thông tin quang còn có các bộ ghép nối quang (connector), các mối hàn, các bộ chia quang và trạm lặp; ở các tuyến thông tin quang hiện đại còn có thể có các bộ khuếch đại quang, thiết bị bù tán sắc và các trạm xen kẽ kênh

SUY HAO TÍN HIỆU TRÊN SỢI QUANG



Suy hao tín hiệu trong sợi quang theo bước sóng

Đặc điểm chung của LED và Laser

LED

❖ hoạt động theo cơ chế phát xạ tự phát

❖ phát ra ánh sáng o kết hợp

❖ có cấu trúc dị thể kép để giam hạt mang trong buồng cộng hưởng

❖ không có gương phản xạ

❖ có phổ rộng: vài chục nm

Laser

❖ hoạt động theo cơ chế phát xạ kích thích

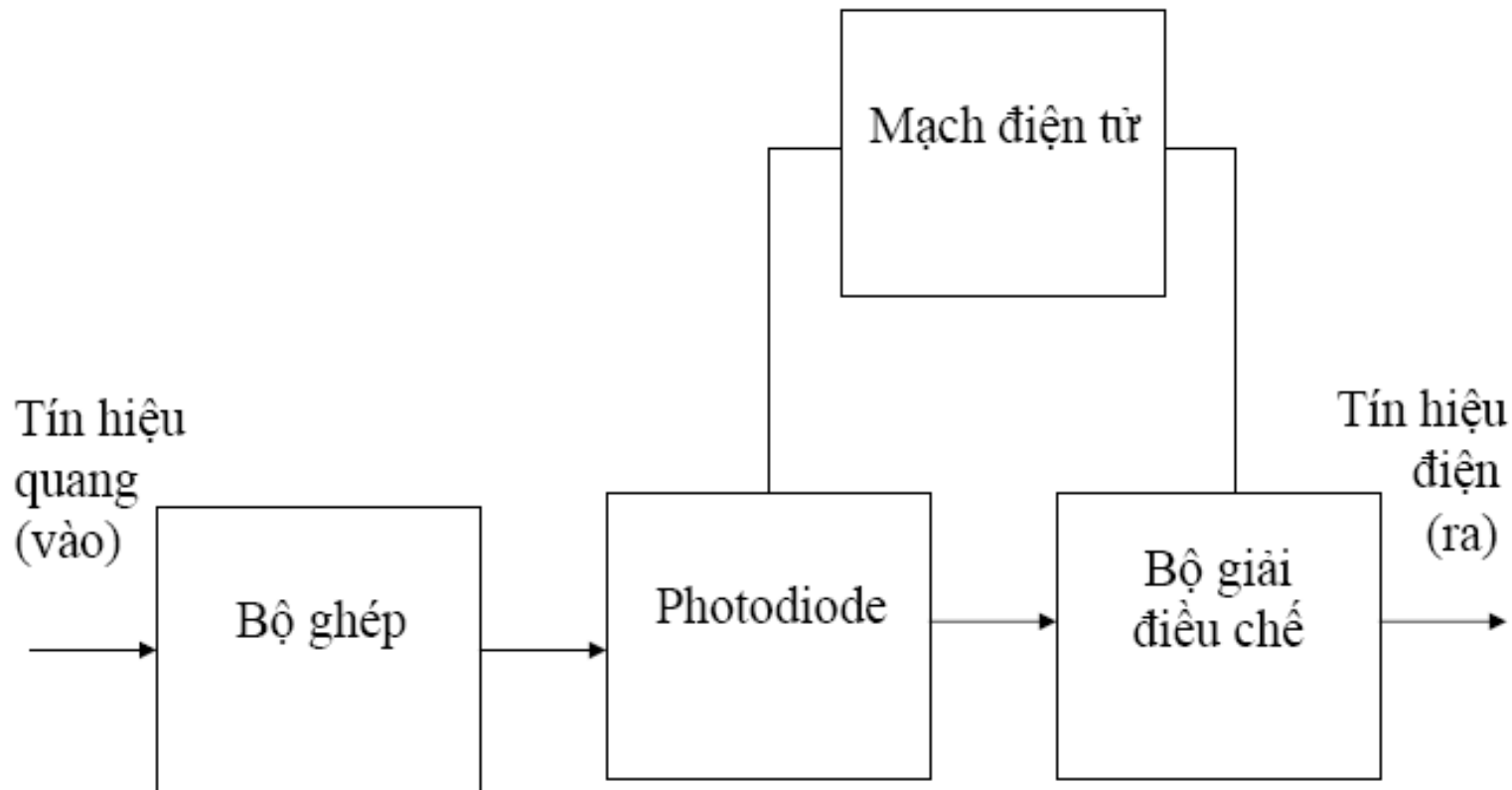
❖ phát ra ánh sáng kết hợp

❖ có cấu trúc dị thể kép để giam hạt mang trong buồng cộng hưởng

❖ có 2 gương phản xạ + cơ chế bơm để giam và khuếch đại photon tạo ra ánh sáng kết hợp cường độ cao

❖ có phổ hẹp: vài nm

Đặc điểm chung của máy thu quang



Sơ đồ khối tổng quát của máy thu quang

Đặc điểm chung của máy thu quang

- Có nhiệm vụ **chuyển đổi tín hiệu quang** nhận được tại đầu ra của sợi quang thành **tín hiệu điện ban đầu**
- Bộ ghép **tập trung tín hiệu quang** vào **bộ tách sóng quang**
- Việc thiết kế của bộ giải điều chế phụ thuộc vào dạng điều chế của tín hiệu ở máy phát.
- Bộ tách sóng được thực hiện bởi mạch quyết định nhằm phát hiện bit 1 hay bit 0 dựa vào biên độ tín hiệu đến.
- Tính **chính xác của mạch** quyết định phụ thuộc vào **SNR**
- Một số hệ thống thông tin sợi quang yêu cầu $BER < 10^{-14}$
- **Độ nhạy máy thu: công suất quang trung bình nhỏ nhất** đến máy thu sao cho **máy thu vẫn làm việc bình thường** nghĩa là thoả mãn **tỉ số BER** cho trước ứng với **tốc độ bit nhất định**. Độ nhạy phụ thuộc SNR, nghĩa là phụ thuộc vào các loại nguồn nhiễu khác nhau tác động vào máy thu

Các thông số cơ bản của các loại photodiode PIN

Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Si	Ge	InGaAs
Dài bước sóng		nm	400-1100	800-1650	1100-1700
Hệ số chuyển đổi quang-điện	R	A/W	0,4-0,6	0,4-0,5	0,4-0,75
Dòng tối	I_D	nA	1-10	50-500	0,5-2
Thời gian lên	t_r	ns	0,5-1	0,1-0,5	0,05-0,5
Băng thông	BW	GHz	0,3-0,7	0,5-3	1-2
Điện áp phân cực	V_B	V	5	5-10	5

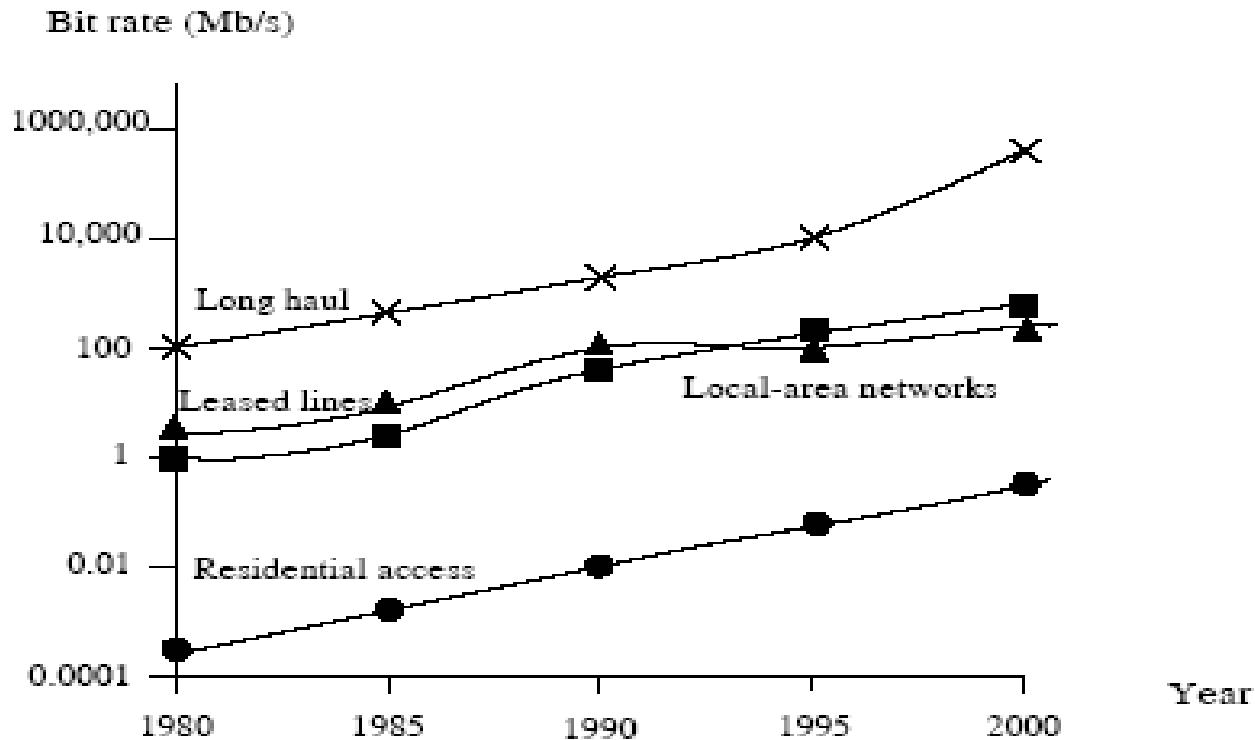
Các thông số cơ bản của các loại photodiode APD

Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Si	Ge	InGaAs
Dài bước sóng		nm	400-1100	800-1650	1100-1700
Hệ số nhân	M	lần	20-400	10-200	10-40
Dòng tối	I_D	nA	0,1-1	50-500	10-50 tại M=10
Thời gian lên	t_r	ns	0,1-2	0,5-0,8	0,1-0,5
Hệ số khuếch đại x Băng thông	MxB	GHz	100-400	2-10	20-250
Điện áp phân cực	V_B	V	150-400	20-40	20-30

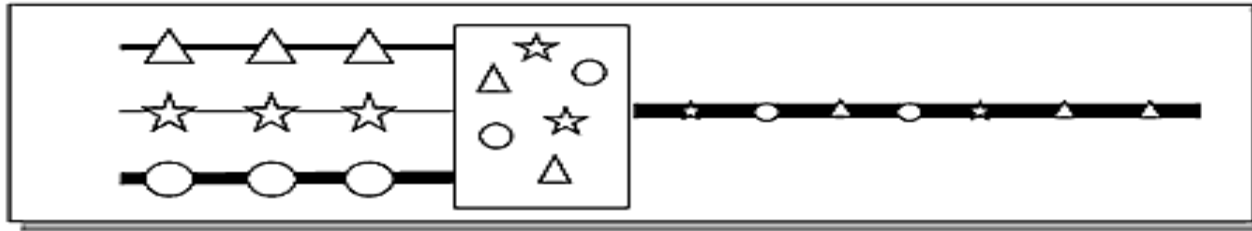
So sánh PIN và APD

- Hai loại diode quang PIN và APD đều được **phân cực ngược**, **đề khi không có ánh sáng thì chỉ có dòng trôi rất nhỏ**. Khi có ánh sáng vào, dòng này tăng tuyến tính với dòng ánh sáng và công suất bức xạ.
- Diode PIN có **tạp âm nội nhỏ**, song **không có khả năng khuếch đại dòng điện** nên không nâng cao độ nhạy máy thu được. Ngược lại **diode APD có tạp âm nội lớn** nhưng có khả năng **khuếch đại dòng điện** nên nâng cao độ nhạy, song diode Ge-APD lại có tạp âm nội lớn, nên hạn chế công suất thu tối thiểu cho phép.
- Các diode PIN chỉ hoạt động với **tốc độ bit không lớn đến vài ba trăm Mbit/s**, còn APD có thể hoạt động với **tốc độ bit tới hàng Gbit/s**.
- Diode PIN cần **điện áp cung cấp nhỏ**, ngược lại **APD cần điện áp cung cấp lớn hàng trăm volt**, đặc tính làm việc của APD phụ thuộc vào nhiệt độ nhiều do đó cần sử dụng nguồn áp để điều chỉnh nhiệt độ, nên chi phí tăng.

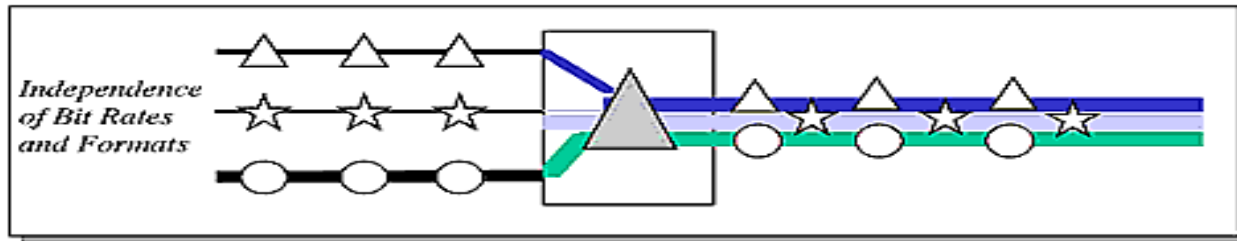
Phương thức ghép kênh quang theo bước sóng WDM



Hình 4: Sự gia tăng băng thông của các mạng khác nhau qua các năm



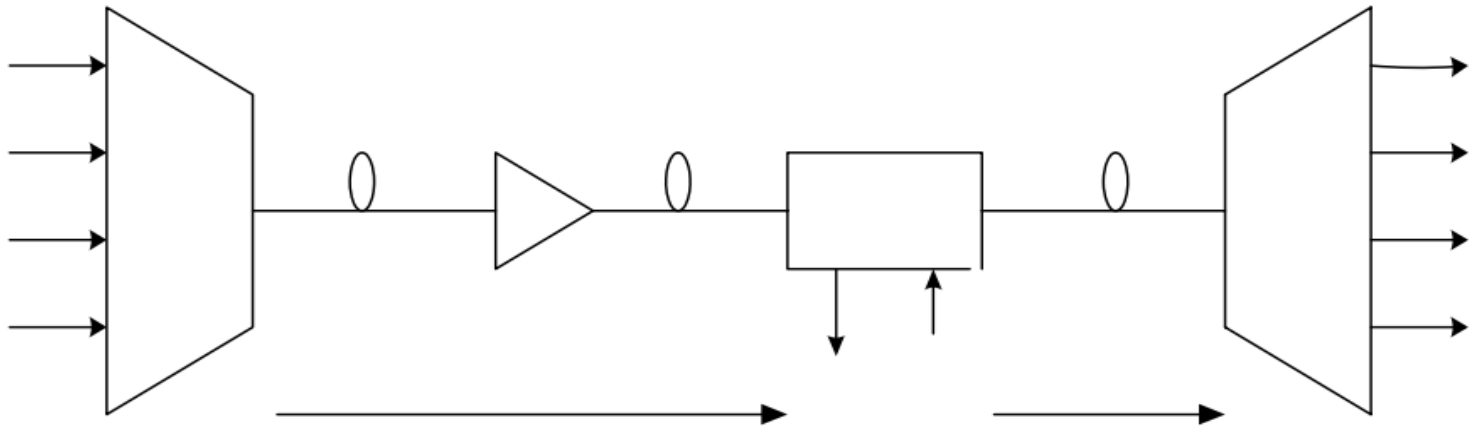
Hình 5: Hệ thống TDM



Hình 6: Hệ thống WDM

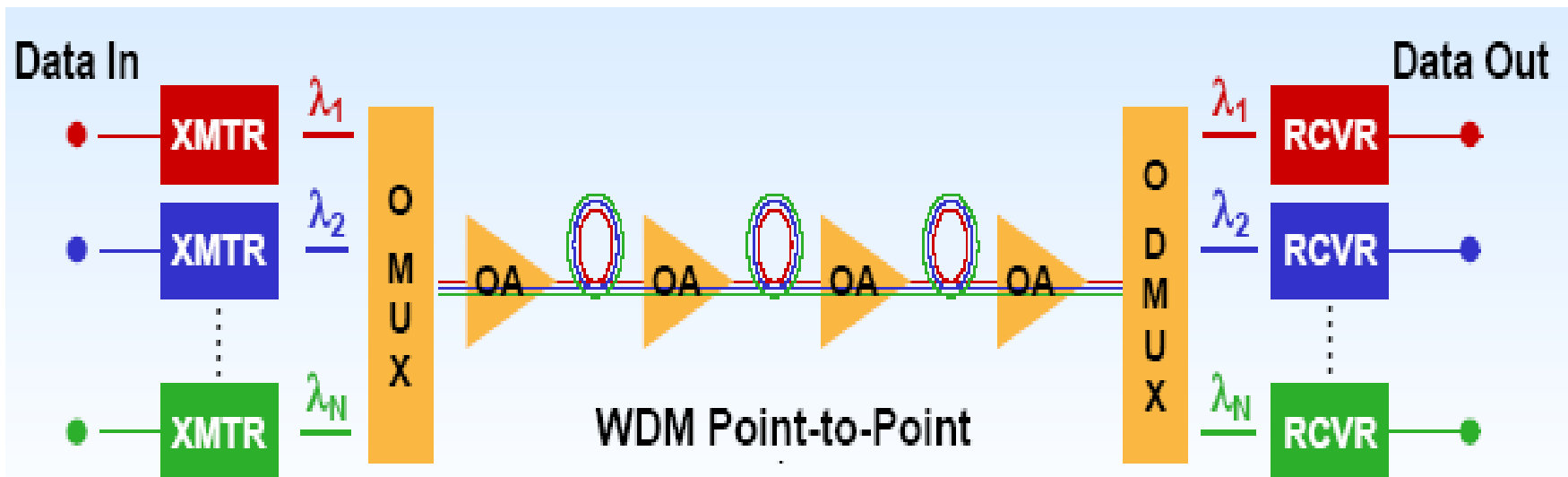
➤ WDM là tiến bộ rất lớn trong công nghệ truyền thông quang, nó cho phép **tăng dung lượng kênh** mà **không cần tăng tốc độ bit đường truyền** cũng như **không cần dùng thêm sợi dẫn quang**

Cấu trúc hệ thống WDM



Hình 7: Cấu trúc hệ thống WDM cơ bản

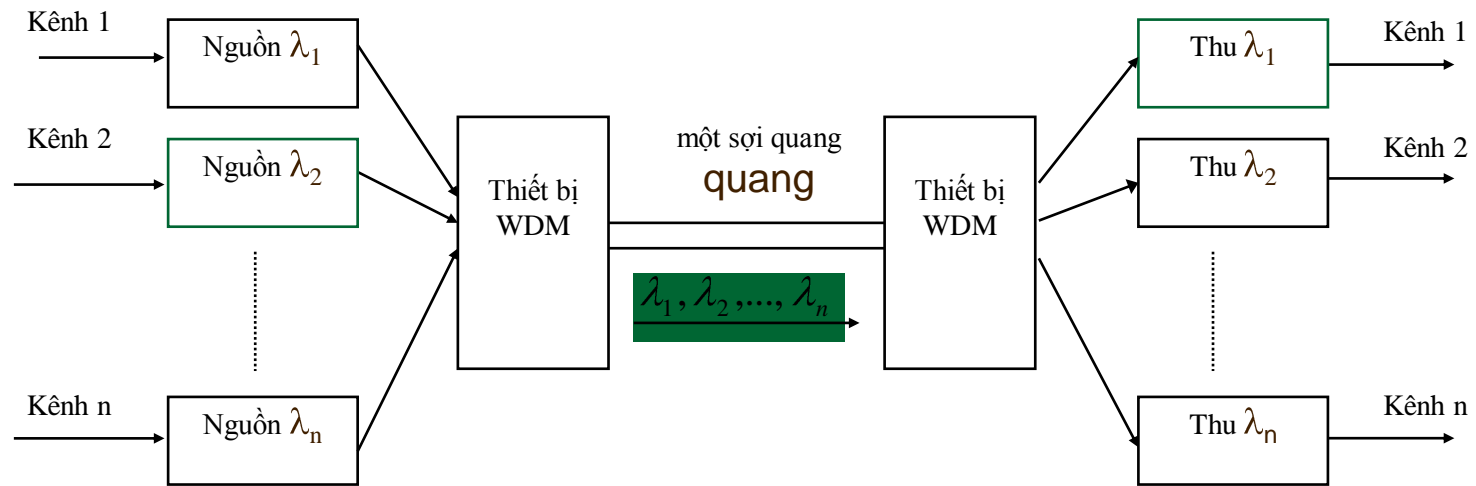
Nguyên lí hoạt động của hệ thống WDM



Hình 8: Nguyên lí ghép kênh phân chia theo bước sóng

- Các thiết bị tích cực/ chủ động cần thiết để ghép, phân bố, cách li và khuếch đại công suất quang tại các bước sóng khác nhau

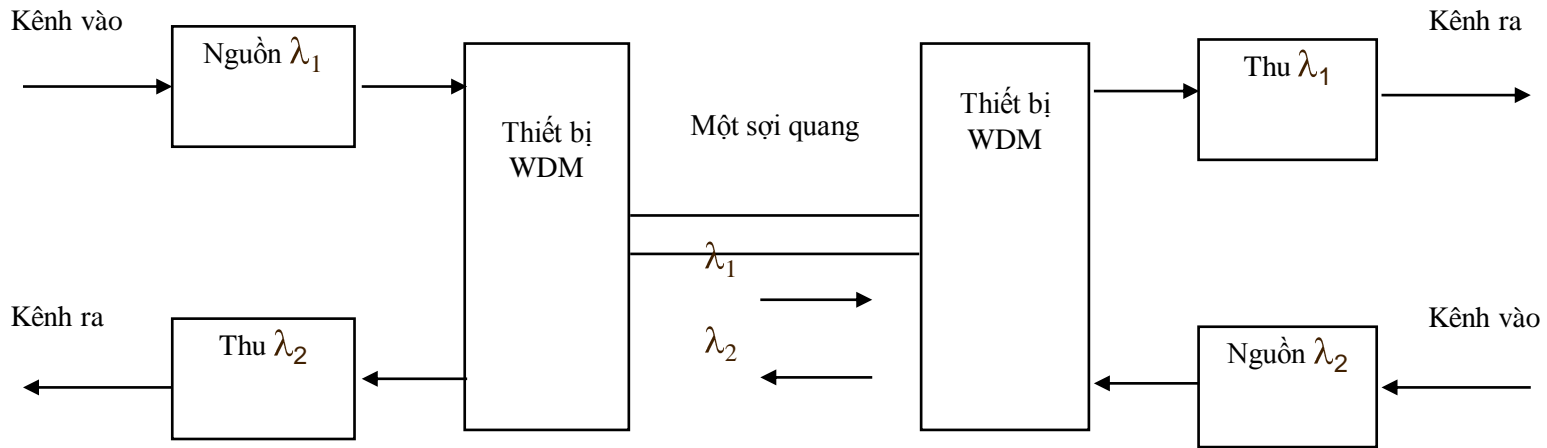
- Thành phần then chốt trong hệ thống WDM là các bộ ghép và tách kênh
- Tín hiệu quang được tạo ra từ laser diode có bước sóng khác nhau $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$
- WDM kết hợp những tín hiệu đầu vào thành một tín hiệu nhiều bước sóng ở đầu ra, quá trình này gọi là ghép kênh
- Tín hiệu ghép này sẽ truyền trên sợi quang và đến bên thu.
- Bên thu sẽ tiến hành tách kênh các bước sóng khác nhau $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$



(a)

Hình 9: Hệ thống WDM theo một hướng (a)

➤ Hệ thống WDM một chiều: có nghĩa là tất cả các kênh cùng trên một sợi quang truyền dẫn theo cùng một chiều.



(b)

Hình 9: Hệ thống WDM theo hai hướng (b)

- Hệ thống WDM hai chiều: có nghĩa là kênh quang trên mỗi sợi quang truyền dẫn theo hai hướng khác nhau, dùng các bước sóng tách rời nhau để thông tin hai chiều.
- Hệ thống WDM hai chiều giảm được số lượng bộ khuếch đại và đường dây

Ưu điểm của hệ thống WDM

+ Dung lượng truyền dẫn lớn, hệ thống WDM có dung lượng truyền dẫn lớn hơn nhiều so với hệ thống TDM. Hiện nay nhiều hệ thống cáp sợi quang đã truyền dẫn dung lượng lên đến hàng ngàn Gbit nhờ công nghệ WDM với hàng chục đến hàng trăm bước sóng, chẳng hạn như hệ thống cáp quang biển SEA-ME-WE-3[10] và SEA-ME-WE-4[11] đã được đề cập trong chương 1.

+ Truyền dẫn hai chiều trên cùng một sợi, điều này cũng cho phép tăng dung lượng của hệ thống lên đáng kể.

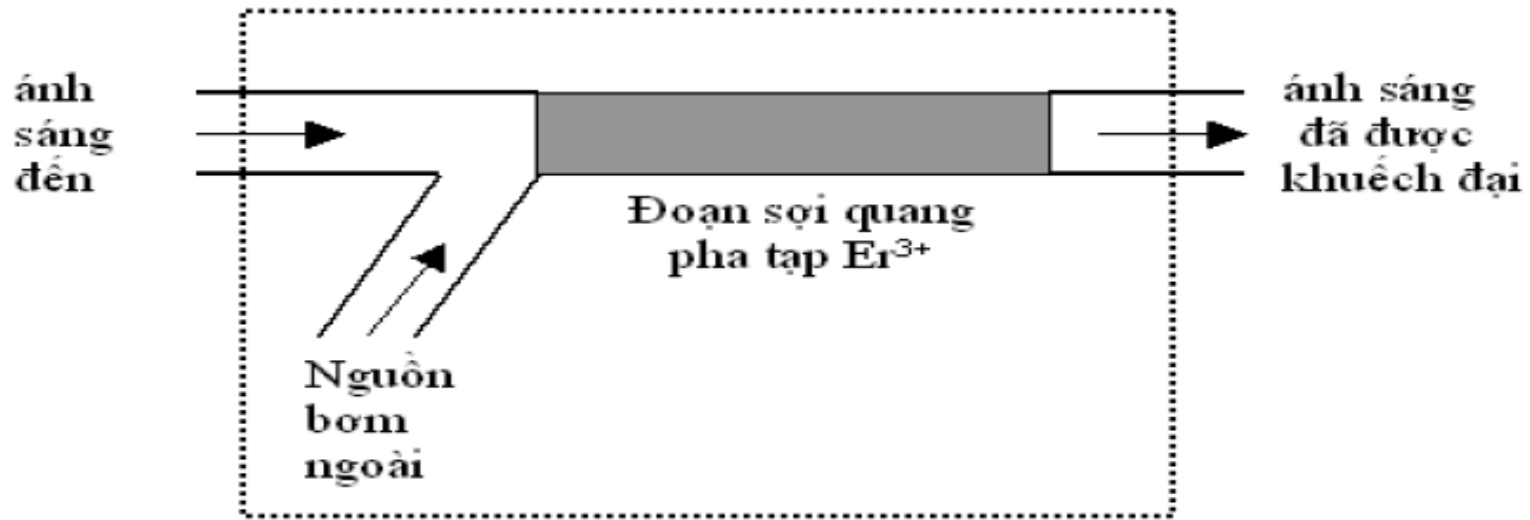
+ Truyền dẫn đồng thời các dạng tín hiệu khác nhau, các loại hình thông tin đa dịch vụ băng rộng chẳng hạn như dữ liệu, hình ảnh, âm thanh dạng số và tương tự...

+ Nhờ việc phân chia dung lượng truyền dẫn thành nhiều kênh nên giảm được tốc độ truyền trong mỗi kênh, từ đó giảm được ảnh hưởng của tán sắc đến chất lượng hệ thống nên có thể kéo dài cự ly các trạm trung gian, giảm giá thành hệ thống.

+ Đáp ứng linh hoạt việc nâng cấp dung lượng hệ thống, kỹ thuật WDM cho phép tăng dung lượng của mạng hiện có mà không cần phải lắp đặt thêm sợi quang. Việc nâng cấp dung lượng đơn giản là cắm thêm card mới trong khi hệ thống vẫn hoạt động, giảm được chi phí đầu tư mới.

+ Quản lý băng tần và cấu hình mềm dẻo, linh hoạt nhờ việc định tuyến và phân bố bước sóng trong mạng WDM nên có khả năng quản lý hiệu quả băng tần truyền dẫn và cấu hình lại dịch vụ mạng.

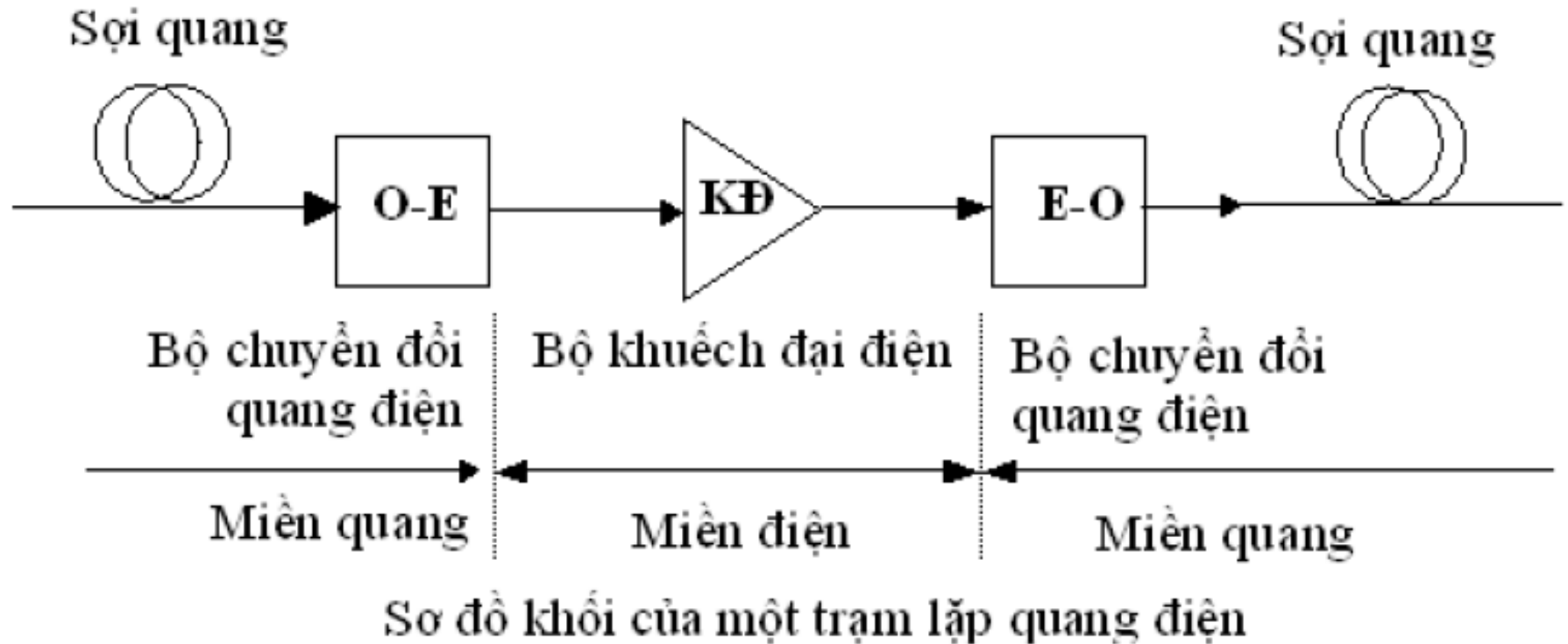
Nguyên lý hoạt động của EDFA



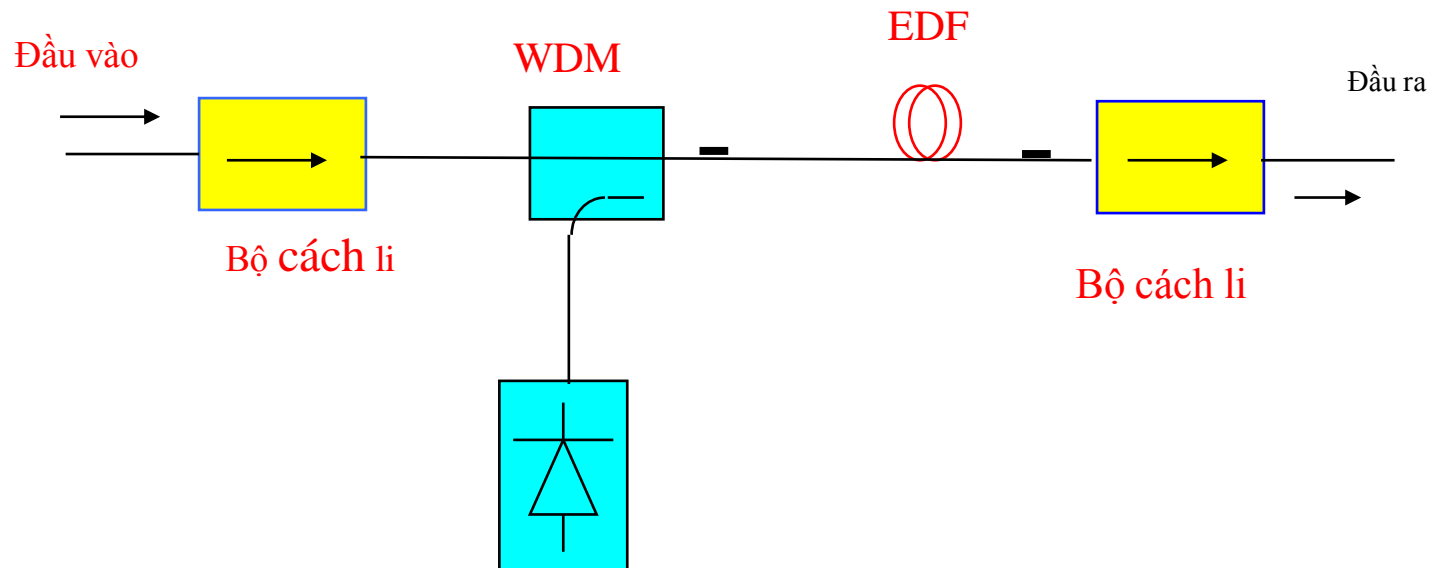
Sơ đồ nguyên lý của bộ khuếch đại quang EDFA

- Bộ khuếch đại quang bao gồm một đoạn ngắn được pha tạp bằng các ion Erbium (gọi là sợi EDF).
- Erbium là một nguyên tố đất hiếm có tính năng quang tích cực làm tác nhân cho sự bức xạ cưỡng bức

Trạm lặp quang-điện



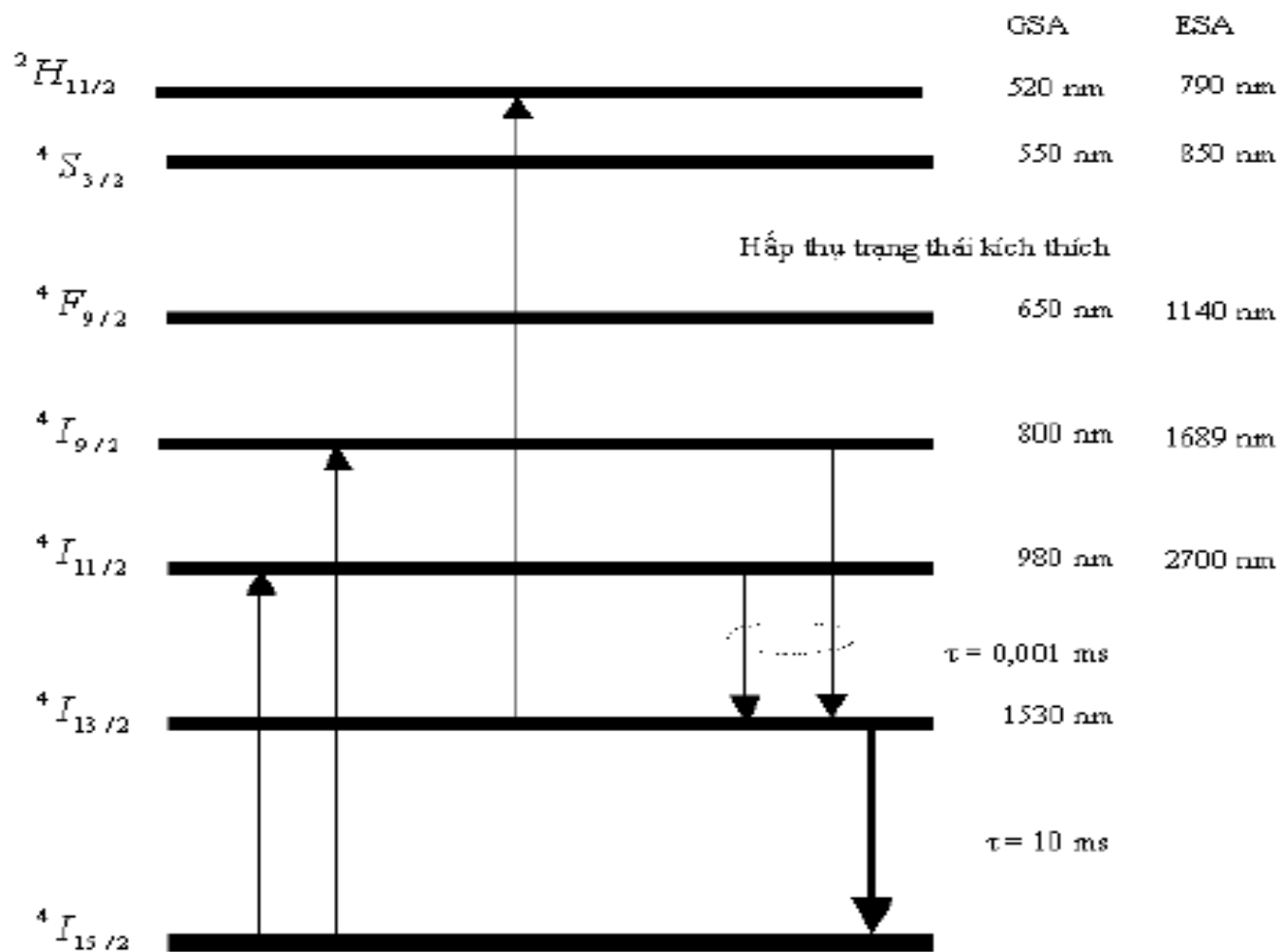
KHUẾCH ĐẠI QUANG EDFA



Hình 14: Khuếch đại EDFA

- Cấu trúc cơ bản của bộ khuếch đại quang sợi EDFA gồm sợi pha tạp Erbium, Laser bơm, bộ ghép bước sóng quang WDM và bộ cách li quang
- Sợi pha Erbium thường có độ dài lớn hơn hoặc bằng 10m

- Trên thực tế, ánh sáng bơm sử dụng cho EDFA chỉ được sử dụng tại hai bước sóng 980nm và 1480nm
- Vùng bước sóng hoạt động của EDFA: 1530-1565nm
- Độ khuếch đại giảm nhanh chóng ở vùng bước sóng lớn hơn 1565nm và 0dB tại bước sóng 1616nm



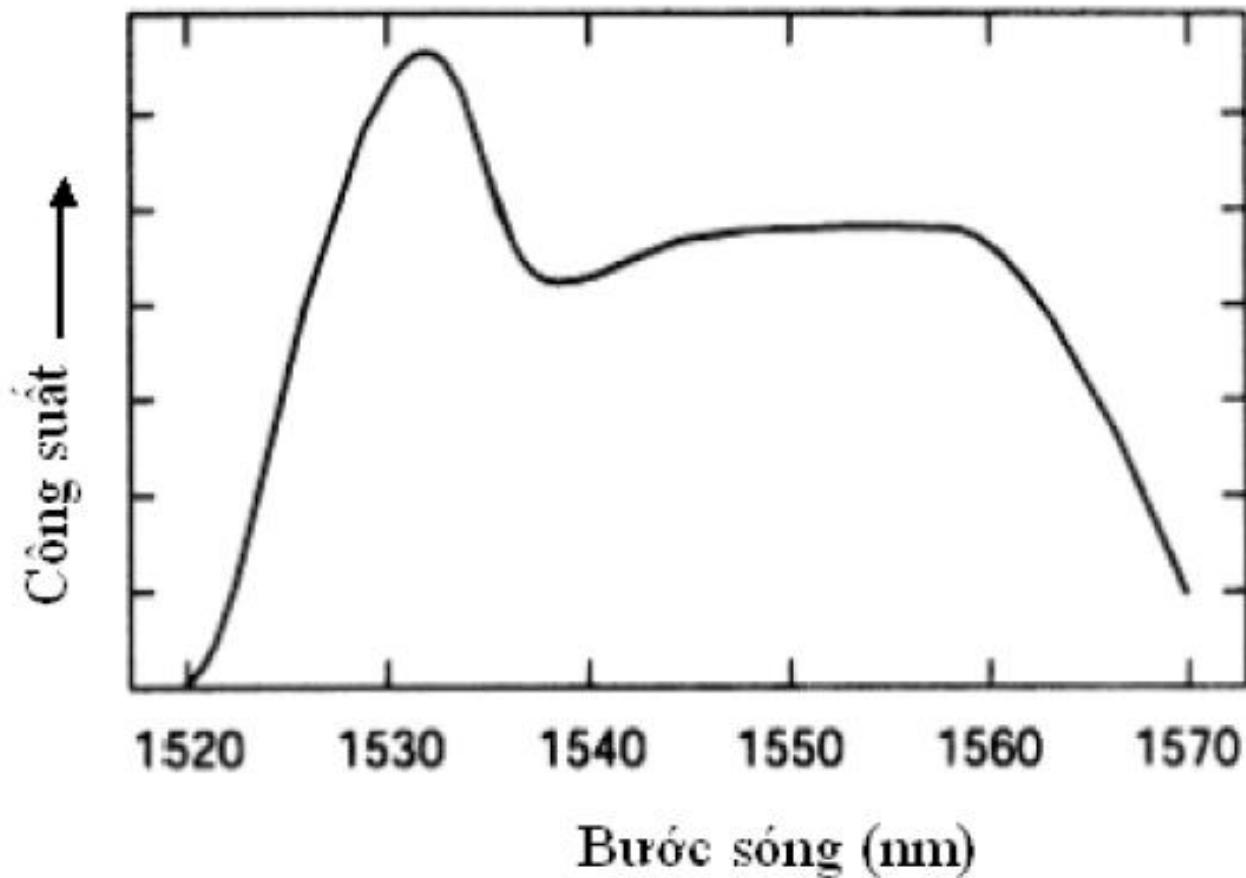
Giản đồ năng lượng của Ion Er^{3+} . [2]

(GSA: Hấp thụ trạng thái đất, ESA: Hấp thụ trạng thái kích thích)

- Trạng thái đất (mức có năng lượng thấp nhất) được ký hiệu $^4I_{15/2}$, mức $^4I_{13/2}$ là mức siêu bền tương ứng với mức năng lượng mà ion Er^{3+} có thời gian sống lâu nhất
- Thông qua sự hấp thụ năng lượng của ánh sáng bơm sẽ chuyển từ trạng thái đất lên mức năng lượng tương ứng $^4I_{13/2}$, $^4I_{11/2}$, $^4I_{9/2}$...
- Các ion ở các mức $^4I_{11/2}$, $^4I_{9/2}$... sẽ phân rã không phát xạ và chuyển xuống trạng thái siêu bền.
- Khi tín hiệu quang tới đầu vào sợi EDF đến gặp các ion Er^{3+} được kích thích và phân bố dọc theo lõi sợi sẽ xảy ra quá trình bức xạ kích thích
- Quá trình này sẽ tạo ra các photon phụ có cùng pha và hướng với tín hiệu tới chính vì thế ta thu được cường độ ánh sáng tín hiệu tại đầu ra EDF lớn hơn đầu vào

Các đặc tính của EDFA

- Dải khuếch đại của EDFA





KỸ THUẬT THÔNG TIN QUANG

Bài 1:

GIỚI THIỆU TỔNG QUÁT



LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN

- 1790: Claude Chappe (Pháp)
 - Điện báo quang
 - 200km trong vòng 15 phút
- 1870: John Tyndall (Anh)
 - Chứng minh ánh sáng có thể dẫn theo vò nước bị uốn cong
 - *Định luật phản xạ toàn phần*
- 1880: Alexander Graham Bell (Mỹ)
 - Photophone: không thành công
 - *Cần phải có một môi trường dẫn ánh sáng thích hợp*



LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN

- 1934: Norman R. French (Mỹ)
 - Nhận bằng sáng chế về hệ thống thông tin quang
 - Dùng thanh thủy tinh để truyền ánh sáng
 - *Môi trường truyền ánh sáng thích hợp*
- 1958: A. Schawlow và Charles H. Townes (Mỹ)
 - Xây dựng và phát triển laser
 - Ứng dụng trong nhiều lĩnh vực: y học, quân sự ...
 - *Nguồn quang dùng trong thông tin quang*
- 1966: Charles H. Kao và George A. Hockham (Mỹ)
 - Dùng sợi thủy tinh để truyền dẫn ánh sáng
 - Suy hao lớn ($> 1000\text{dB/km}$)



LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN

- 1970: Hãng Corning Glass Work (Mỹ)
 - Chế tạo sợi SI có suy hao $< 20\text{dB/km}$, tại $\lambda=633\text{nm}$
→ Thông tin quang ra đời
- 1972: Sợi GI được chế tạo có suy hao 4 dB/km
- 1983: Sợi đơn mode (SM) được chế tạo
→ Sợi quang SM được sử dụng phổ biến ngày nay có suy hao 0.2 dB/km tại $\lambda=1550\text{nm}$



ƯU ĐIỂM CỦA THÔNG TIN QUANG

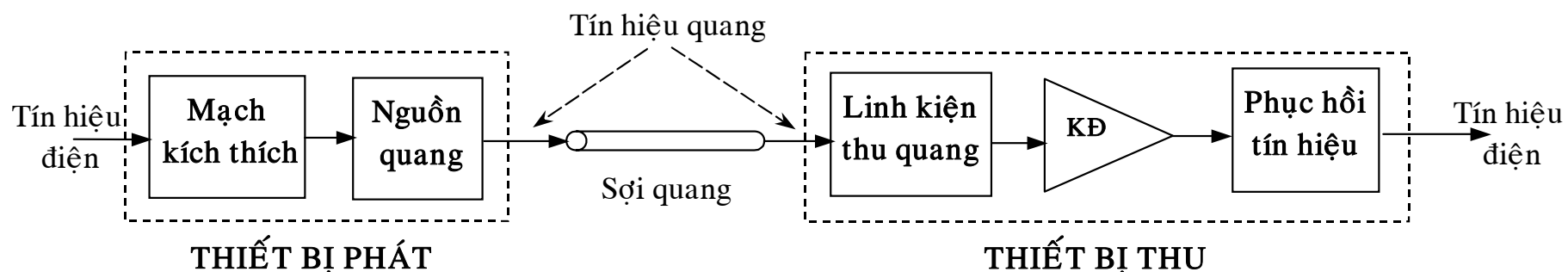
- Suy hao thấp
- Dải thông rộng
- Trọng lượng nhẹ, kích thước nhỏ
- Hoàn toàn cách điện
- Không bị can nhiễu của trường điện từ
- Xuyên âm giữa các sợi quang không đáng kể
- Tính bảo mật cao
- Vật liệu chế tạo có nhiều trong tự nhiên



NHƯỢC ĐIỂM CỦA THÔNG TIN QUANG

- Vấn đề biến đổi quang điện
- Hàn nối, đo thử sợi quang đòi hỏi thiết bị chuyên dụng đắt tiền
- An toàn lao động

CÁC THÀNH PHẦN CỦA MỘT TUYẾN TRUYỀN DẪN SỢI QUANG





CÁC THÀNH PHẦN CỦA MỘT TUYẾN TRUYỀN DẪN SỢI QUANG

- Nguồn quang (Light Source):
 - Biến đổi tín hiệu điện sang tín hiệu quang
 - LED (Light Emitting Diode)
 - LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)
- Mạch kích thích:
 - Mạch điện tử
 - Điều khiển quá trình biến đổi quang điện
- Sợi quang (Optical fiber): môi trường dẫn tín hiệu quang

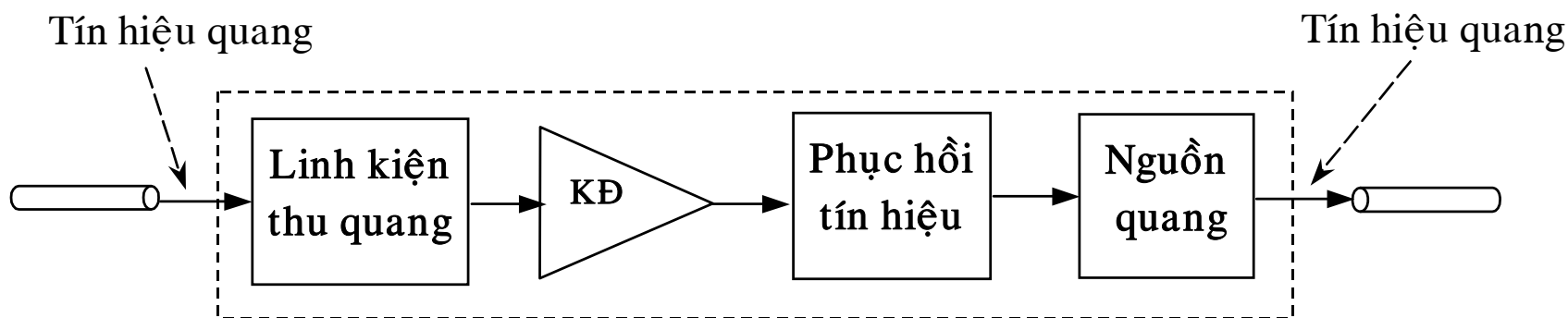


CÁC THÀNH PHẦN CỦA MỘT TUYẾN TRUYỀN DẪN SỢI QUANG

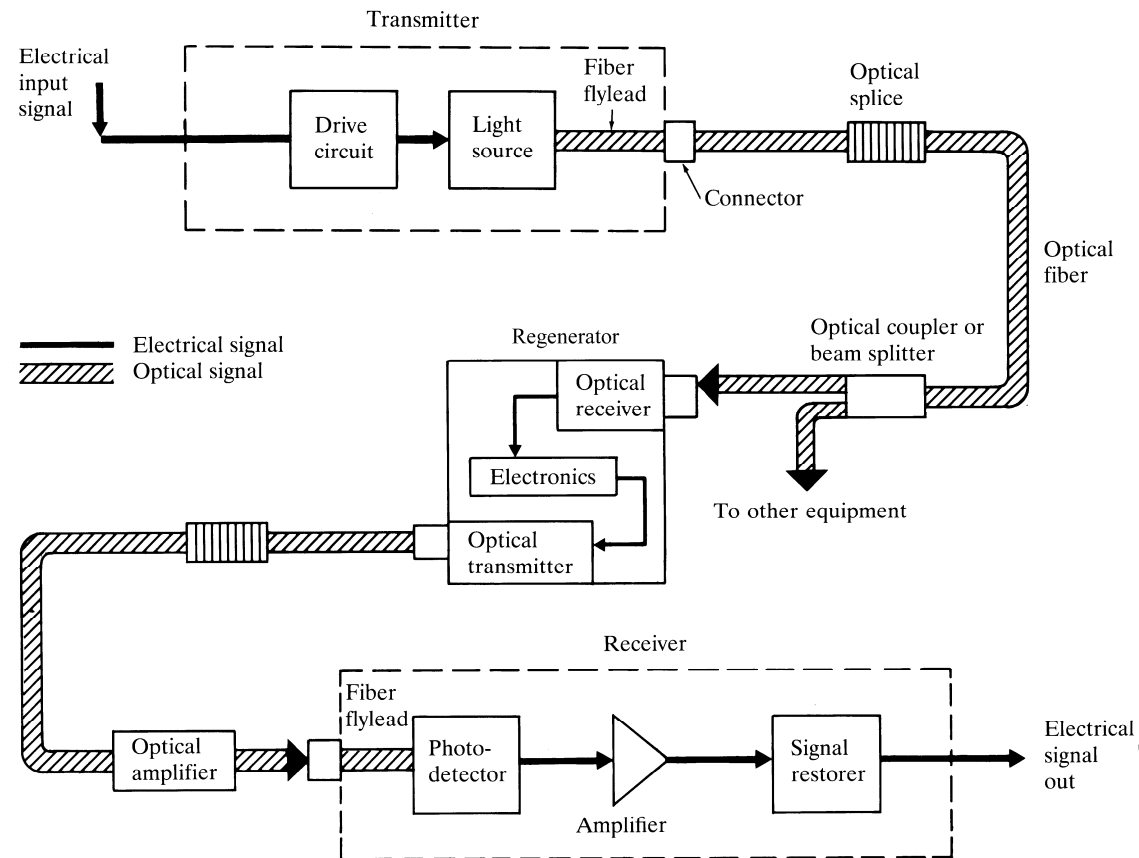
- Linh kiện thu quang (photodiode):
 - Biến đổi tín hiệu quang thành tín hiệu điện
 - PIN
 - Diode thác lũ APD (Avalanche Photodiode)
- Khuếch đại: khuếch đại tín hiệu điện để bù lại những suy hao do đường truyền
- Phục hồi tín hiệu: nhận biết các giá trị 0,1 của chuỗi bit tín hiệu để phục hồi lại như tín hiệu ban đầu

CÁC THÀNH PHẦN CỦA MỘT TUYẾN TRUYỀN DẪN SỢI QUANG

- Nếu cự ly truyền dẫn dài thì giữa hai trạm đầu cuối cần có thêm một hoặc vài trạm lặp (repeater hay regenerator)
 - Khuếch đại quang-điện (hình vẽ)
 - Khuếch đại quang-quang: EDFA



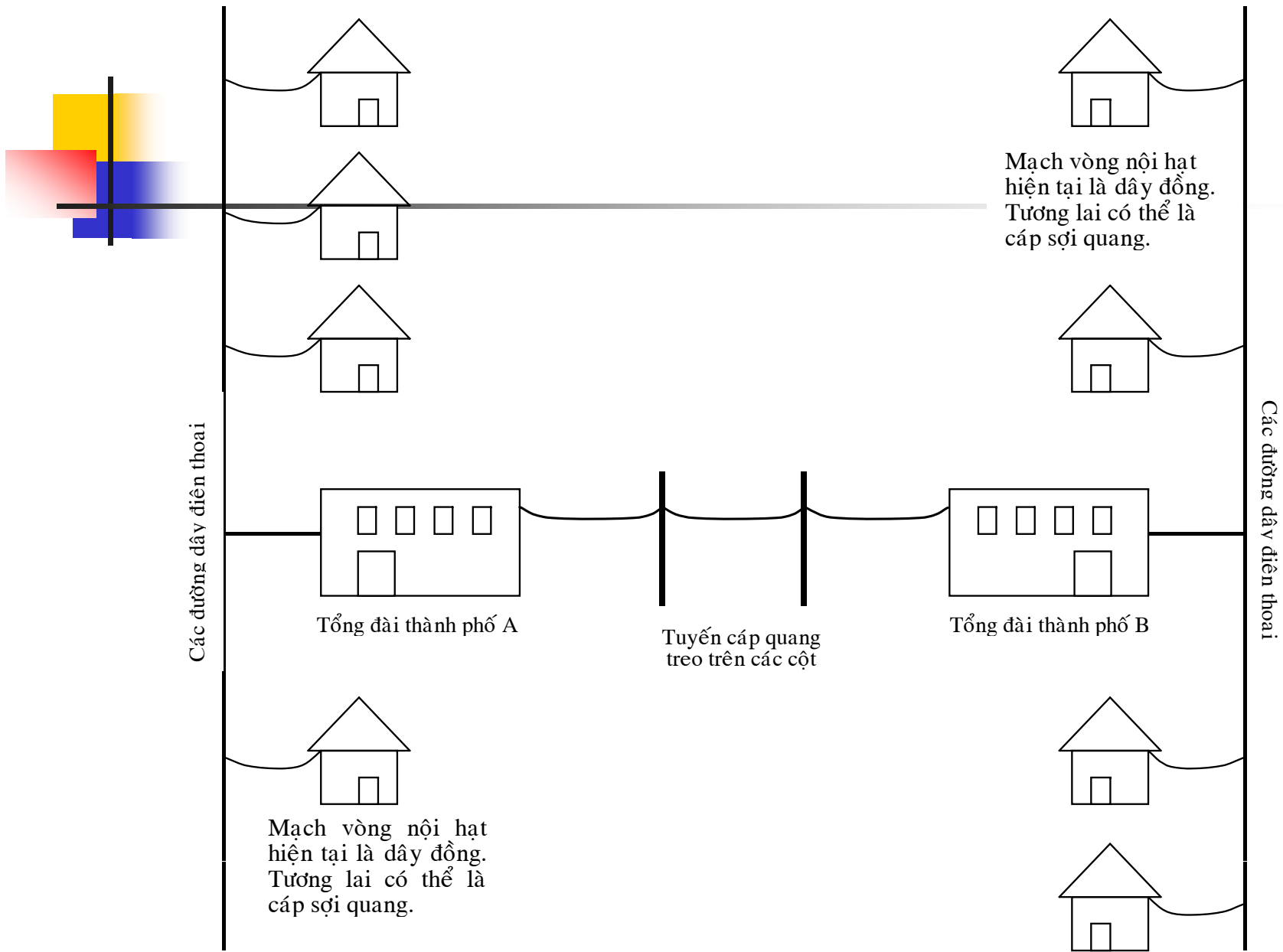
CÁC THÀNH PHẦN CỦA MỘT TUYẾN TRUYỀN DẪN SỢI QUANG





ỨNG DỤNG CỦA THÔNG TIN QUANG

- Mạng đường trục quốc gia
- Đường trung kế
- Đường cáp thả biển liên quốc gia
- Đường truyền số liệu
- Mạng truyền hình





MẠNG TRUYỀN DẪN QUANG SDH TẠI VIỆT NAM

- Mạng truyền dẫn liên tỉnh:
 - Mạng quốc gia (backbone):
 - + Dài 4000 km nối giữa Hà Nội và TP.HCM
 - + Chia làm 4 vòng Ring:
 - Vòng 1: Hà nội-Hà Tĩnh dài 844km
 - Vòng 2: Hà Tĩnh-Đà Nẵng dài 843km
 - Vòng 3: Đà Nẵng-Quy Nhơn dài 817km
 - Vòng 4: Quy Nhơn-TP.HCM dài 1424km
 - + STM-16/2F-BSHR (*hiện nay đã triển khai mạng DWDM 20Gb/s*)
 - + Hai hệ thống truyền dẫn: cáp quang chôn trực tiếp dọc theo quốc lộ 1 (8 sợi) và đường dây điện 500kV (10 sợi)



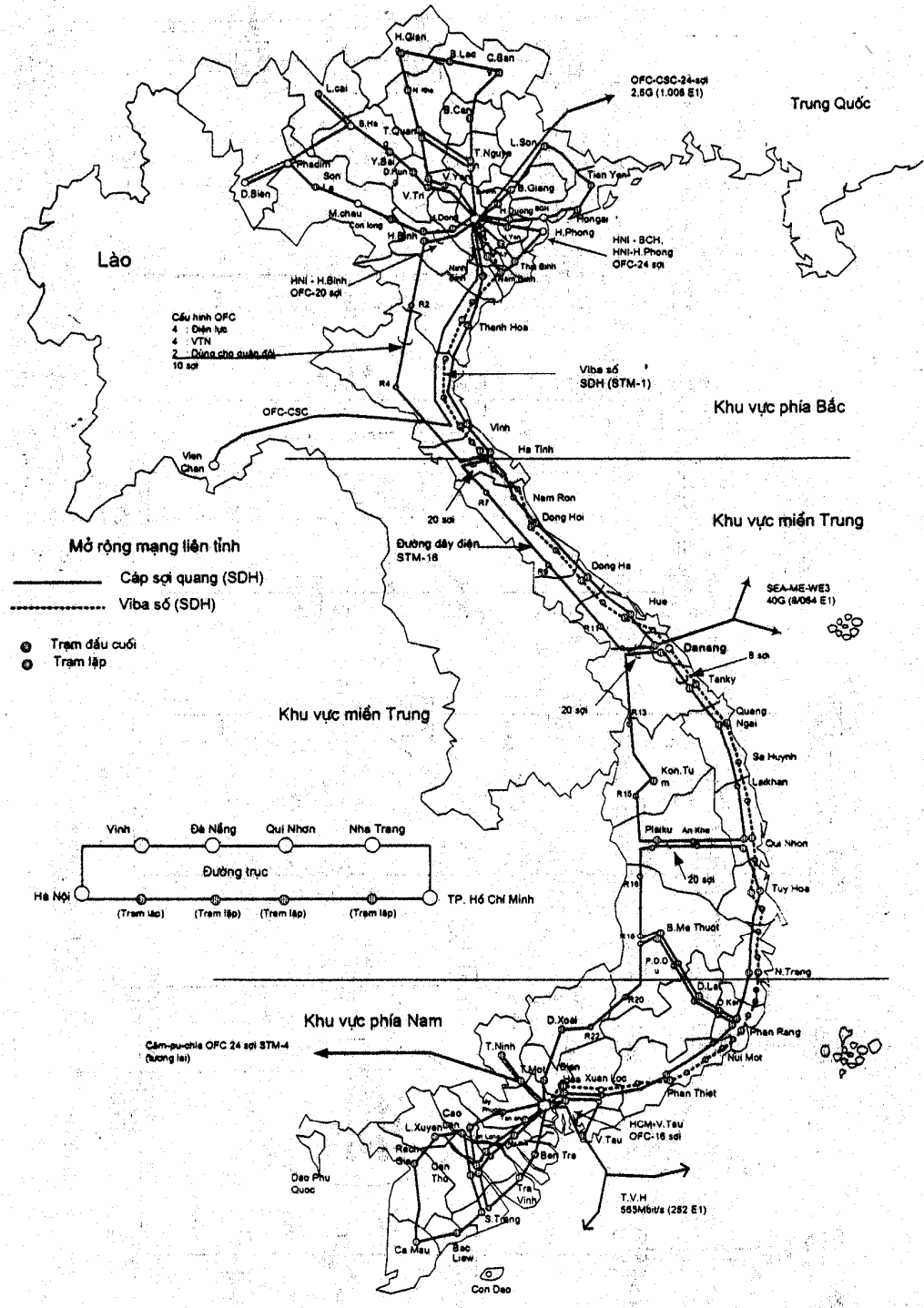
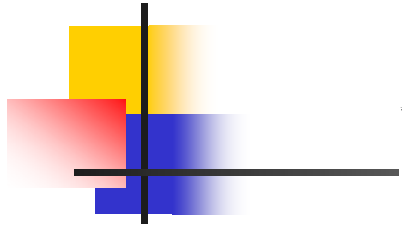
MẠNG TRUYỀN DẪN QUANG SDH TẠI VIỆT NAM

- Mạng truyền dẫn liên tỉnh (tt):
 - Các đường truyền dẫn quang liên tỉnh khác:
 - + Hà Nội-Hải Phòng, Hà Nội-Hoà Bình, TP.HCM-Vũng Tàu, ...
 - + 4F-BSHR (Flat Ring)
 - Mạng quang DWDM sẽ được triển khai trong tương lai



MẠNG TRUYỀN DẪN QUANG SDH TẠI VIỆT NAM

- Mạng truyền dẫn nội tỉnh
- Các tuyến cáp quang quốc tế:
 - TVH (Thái Lan, Việt Nam, Hồng Kông)
 - SEA-MEA-WE 3 (South East Asia–Middle East Asia–West Europe)

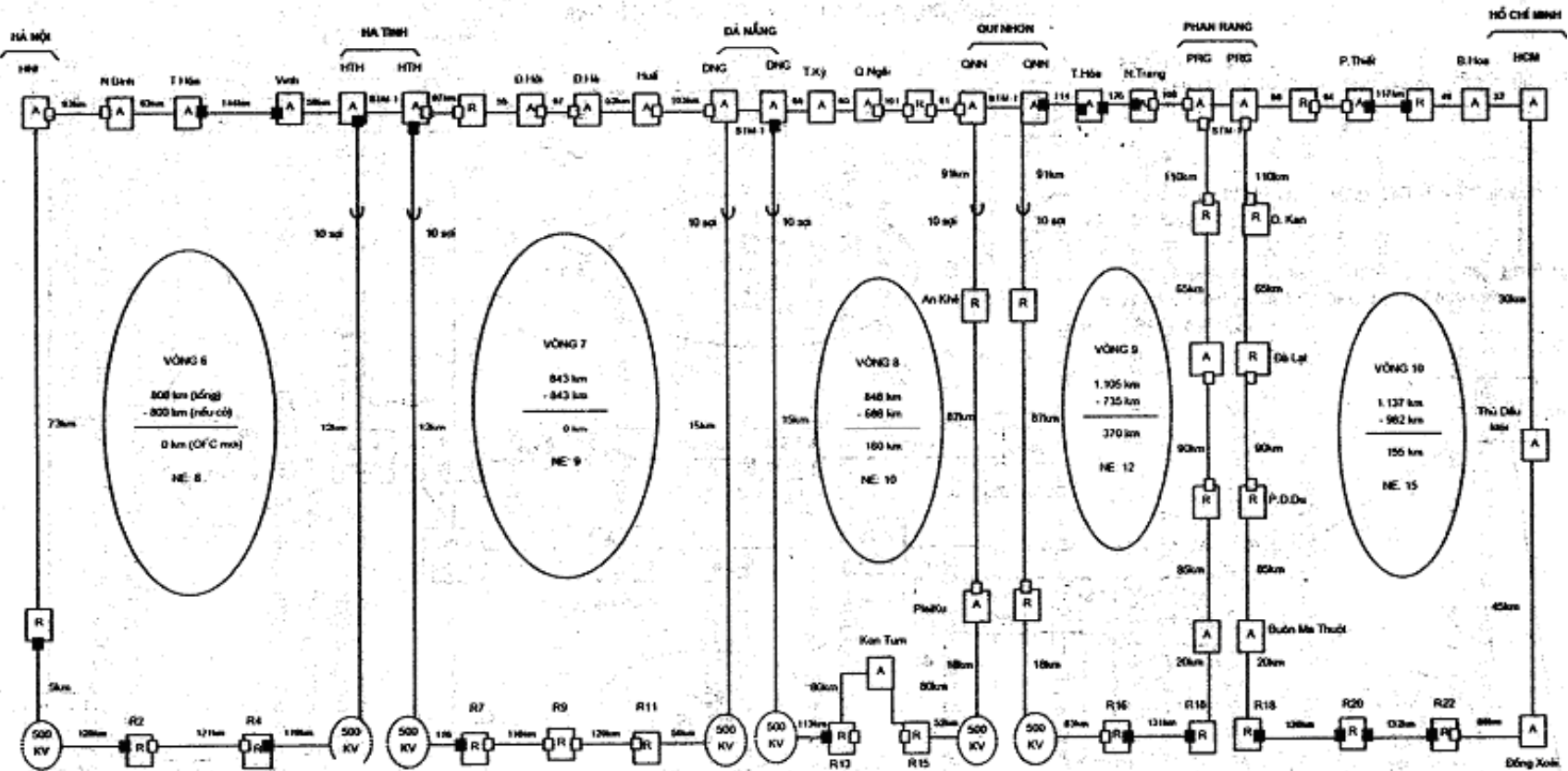


Cấu hình OFC
4 : Điện lực
4 : VTN
2 : Dùng cho quản lý
10 sợi

Mở rộng mạng liên tỉnh
————— Cáp sợi quang (SDH)
- - - - - Viba số (SDH)
● Trạm đầu cuối
○ Trạm lập

Cáp-pu-chia OFC 24 sợi STM-4
(dùng lại)

T.V.H
565Mb/s (282 E1)

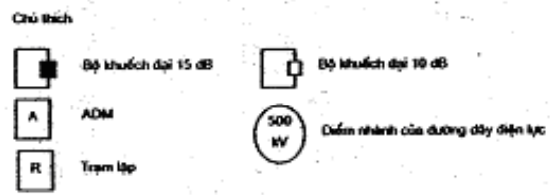


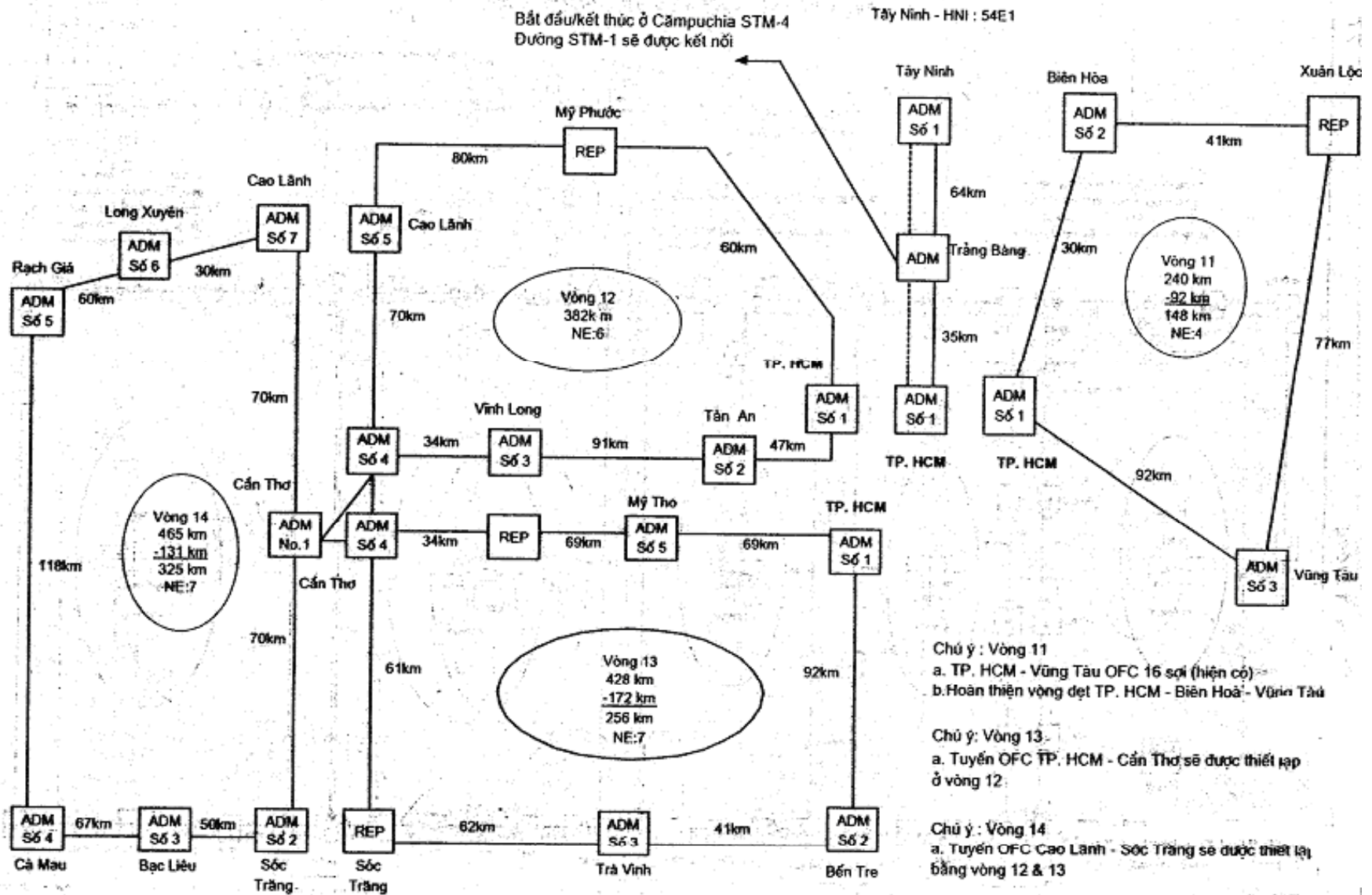
Chú ý: Vòng 6 (OFC hiện có)
 a. HN - Hoà Bình OFC 20 sợi
 b. Vinh - HN OFC 24 sợi (CSC)
 c. Đường dây điện + Tuyến số 1
 (4 sợi) (8 sợi)

Chú ý: Vòng 7
 Đường dây điện + Tuyến số 1
 (4 sợi) (8 sợi)

Chú ý: Vòng 8
 a. Đường dây điện + Tuyến số 1 (hiện có)
 (4 sợi) (8 sợi)
 b. Tam Kỳ và Kon Tum đang lắp đặt (OFC mới)

Chú ý: Vòng 9 & 10
 a. Đường dây điện + Tuyến số 1 (hiện có)
 (4 sợi) (8 sợi)
 b. Đà Lạt, Buôn Ma Thuột, Đồng Xoài,
 Thủ Đức Một đang lắp đặt (OFC mới)







KỸ THUẬT THÔNG TIN QUANG

Bài 2:

NGUYÊN LÝ TRUYỀN ÁNH SÁNG TRONG SỢI QUANG



NỘI DUNG

- Cơ sở quang học
- Cấu tạo sợi quang
- Nguyên lý truyền ánh sáng qua sợi quang
- Khẩu độ số NA (Numerical Aperture)
- Tán sắc mode
- Sợi quang GI (Graded Index Fiber)
- Mode sóng
- Phân loại sợi quang



CƠ SỞ QUANG HỌC

- Ánh sáng có hai tính chất:
 - Tính chất sóng: ánh sáng là sóng điện từ
 - Tính chất hạt: ánh sáng bao gồm nhiều hạt photon có năng lượng E

$$\lambda f = c \qquad E = hf = \frac{1,24}{\lambda(\mu m)}$$

Trong đó, f: tần số (Hz) λ : bước sóng (m)

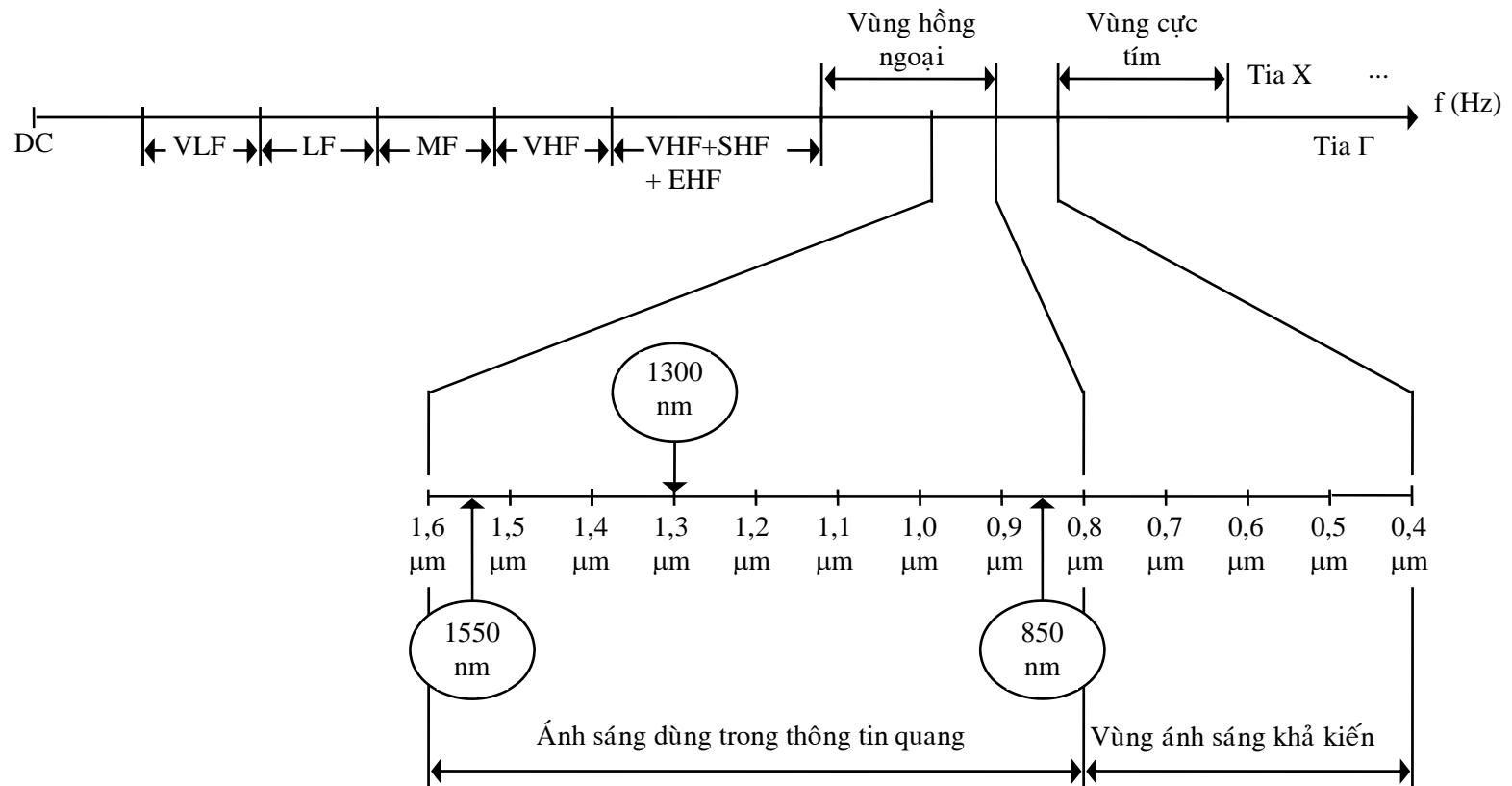
E: năng lượng photon (eV)

c: vận tốc ánh sáng trong chân không, $c = 3.10^8$ m/s

h: hằng số Planck, $h = 6,625.10^{-34}$ (J.s)

CƠ SỞ QUANG HỌC

■ Phổ sóng điện từ





CƠ SỞ QUANG HỌC

Băng tần	Tần số (f)	Bước sóng (λ)
VLF	3 kHz ÷ 30 kHz	100 Km ÷ 10 Km
LF	30 kHz ÷ 300 kHz	10 Km ÷ 1 Km
MF	300 kHz ÷ 3 MHz	1 Km ÷ 100 m
HF	3 MHz ÷ 30 MHz	100 m ÷ 10 m
VHF	30 MHz ÷ 300 MHz	10 m ÷ 1 m
UHF	300 MHz ÷ 3 GHz	1 m ÷ 1 dm
SHF	3 GHz ÷ 30 GHz	1 dm ÷ 1 cm
EHF	30 GHz ÷ 300 GHz	1 cm ÷ 1mm

Các băng sóng vô tuyến

F: Frequency

L: Low

M: Middle

H: High

V: Very

U: Ultra

S: Super

E: Extra

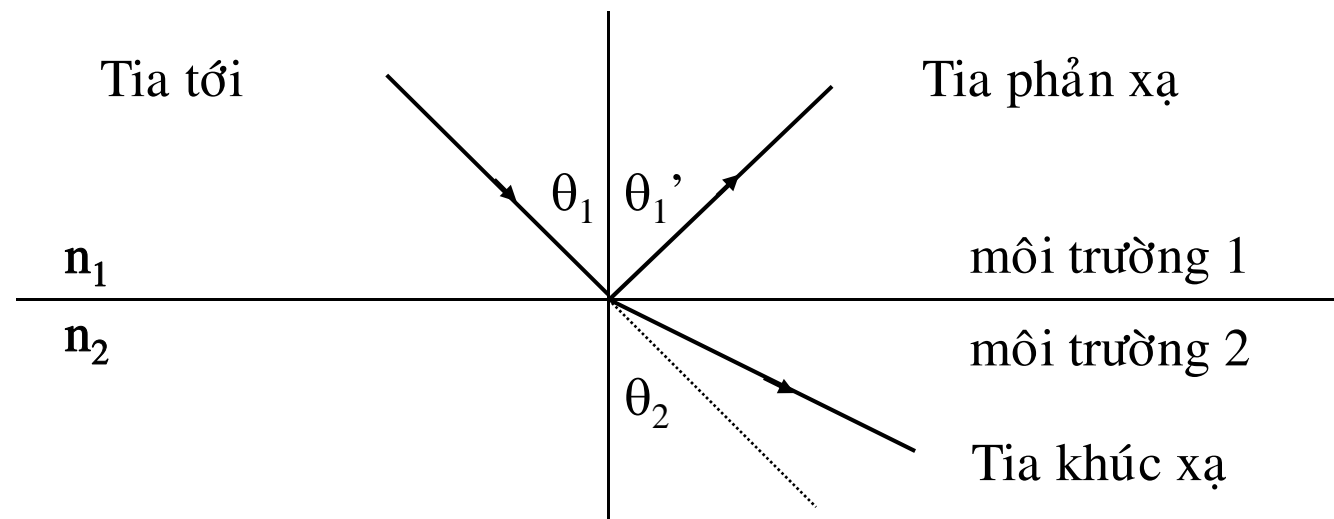


CƠ SỞ QUANG HỌC

- Ánh sáng thấy được chiếm dải phổ từ 380nm (tím) đến 780nm (đỏ)
- Ánh sáng dùng trong thông tin quang nằm trong vùng cận hồng ngoại (near-infrared) (800nm-1600nm) → *không thấy được*
- 3 vùng bước sóng (cửa sổ bước sóng) được sử dụng trong thông tin quang: *850 nm, 1300 nm và 1550 nm*

CƠ SỞ QUANG HỌC

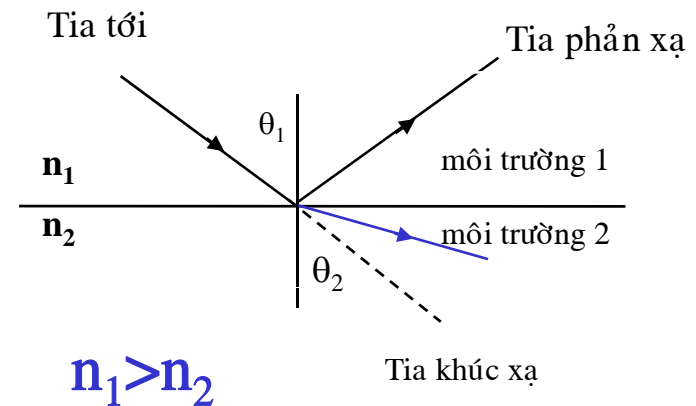
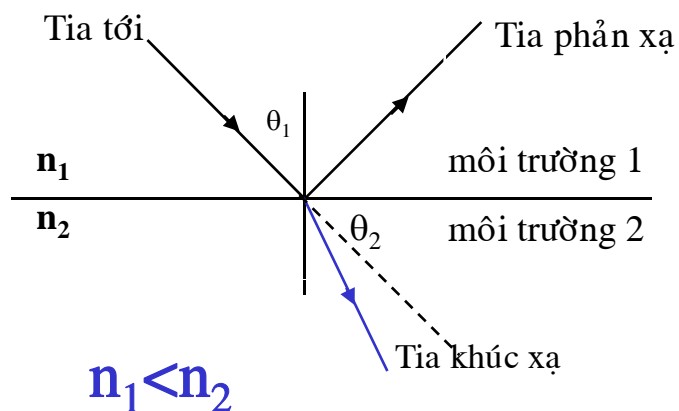
- Chiết suất của môi trường: $n = c/v$
 - c : vận tốc ánh sáng trong chân không, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s
 - v : vận tốc ánh sáng trong môi trường đang xét, $v \leq c$
- Sự phản xạ và khúc xạ:



CƠ SỞ QUANG HỌC

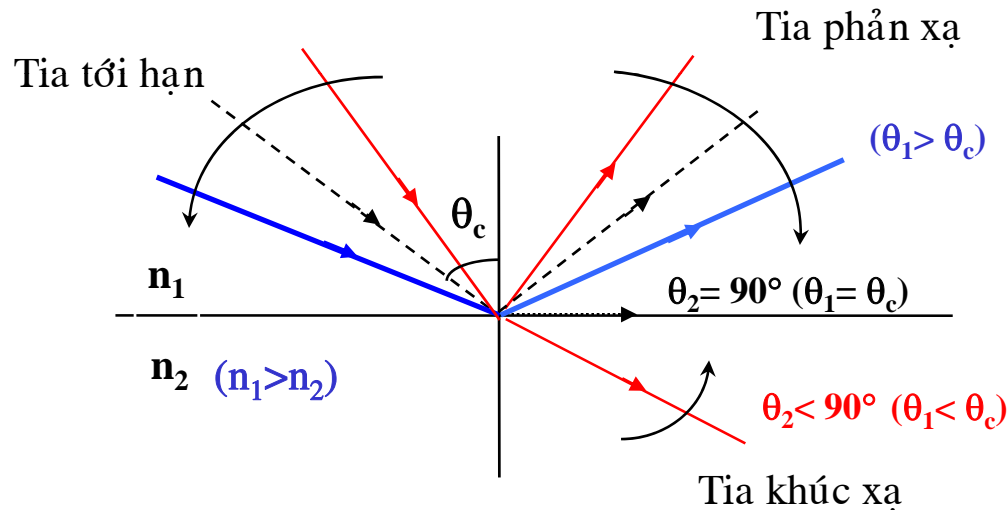
- Tia tới, tia phản xạ và tia khúc xạ cùng nằm trên một mặt phẳng
- Góc phản xạ bằng góc tới: $\theta_1 = \theta_1'$
- Góc khúc xạ được xác định từ công thức Snell:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$



CƠ SỞ QUANG HỌC

- Sự phản xạ toàn phần:



- Trường hợp $n_1 > n_2$, khi góc tới θ_1 lớn hơn góc tới hạn θ_c thì không có tia khúc xạ, tia tới phản xạ hoàn toàn về môi trường truyền

→ *hiện tượng phản xạ toàn phần*

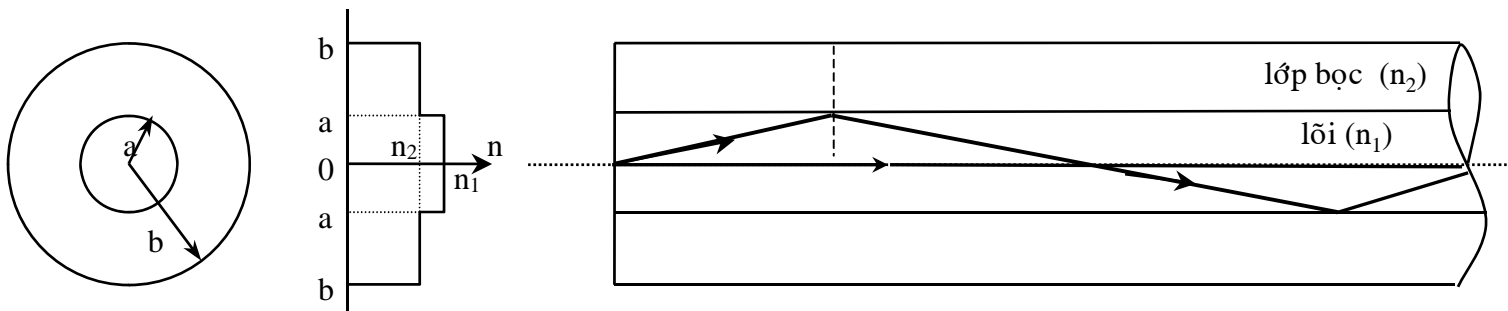


CƠ SỞ QUANG HỌC

- Từ công thức Snell: $\theta_c = \arcsin(n_2/n_1)$
- Điều kiện để xảy ra hiện tượng phản xạ toàn phần (pxtp)?
 - + $n_1 > n_2$
 - + $\theta_1 > \theta_c = \arcsin(n_2/n_1)$
- Khi xảy ra hiện tượng pxtp, năng lượng ánh sáng được bảo toàn theo hướng truyền
 - *Ứng dụng trong chế tạo sợi quang và truyền ánh sáng qua sợi quang*

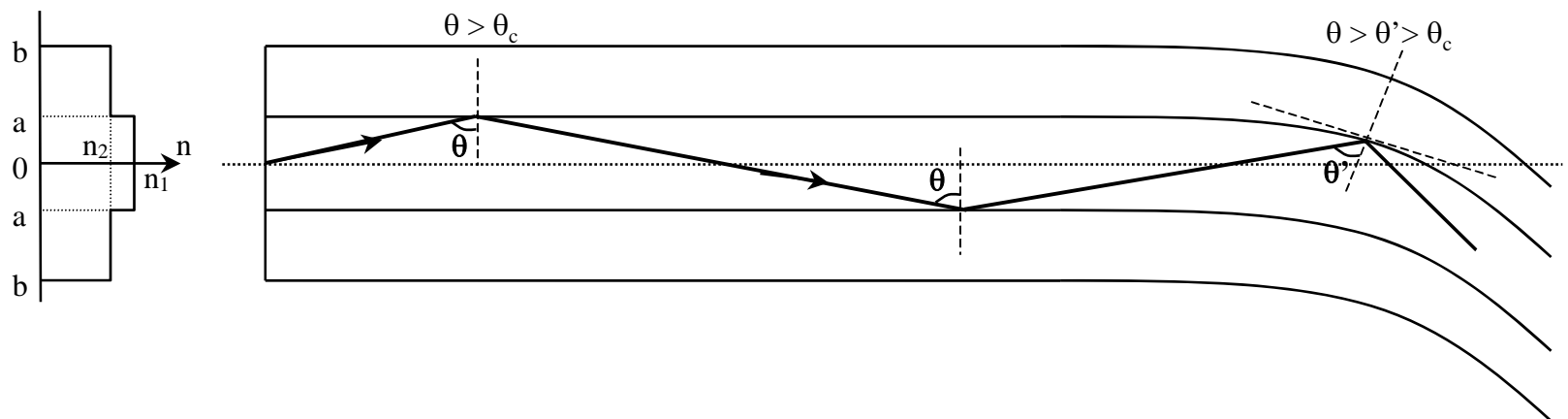
CẤU TẠO SỢI QUANG

- Sợi quang cơ bản gồm có 2 lớp:
 - + **Lõi (core)**: hình trụ, bán kính a , chiết suất n_1
 - + **Lớp bọc (cladding)**: hình trụ, bao quanh lõi, bán kính b ($b > a$), chiết suất n_2 ($n_1 > n_2$)
- Vật liệu chế tạo: chất điện môi (thuỷ tinh, plastic...)
- Ngoài 2 lớp cơ bản, sợi quang còn được bảo vệ bởi hai lớp bên ngoài: **lớp phủ (primary coating)** và **lớp vỏ (secondary coating)**



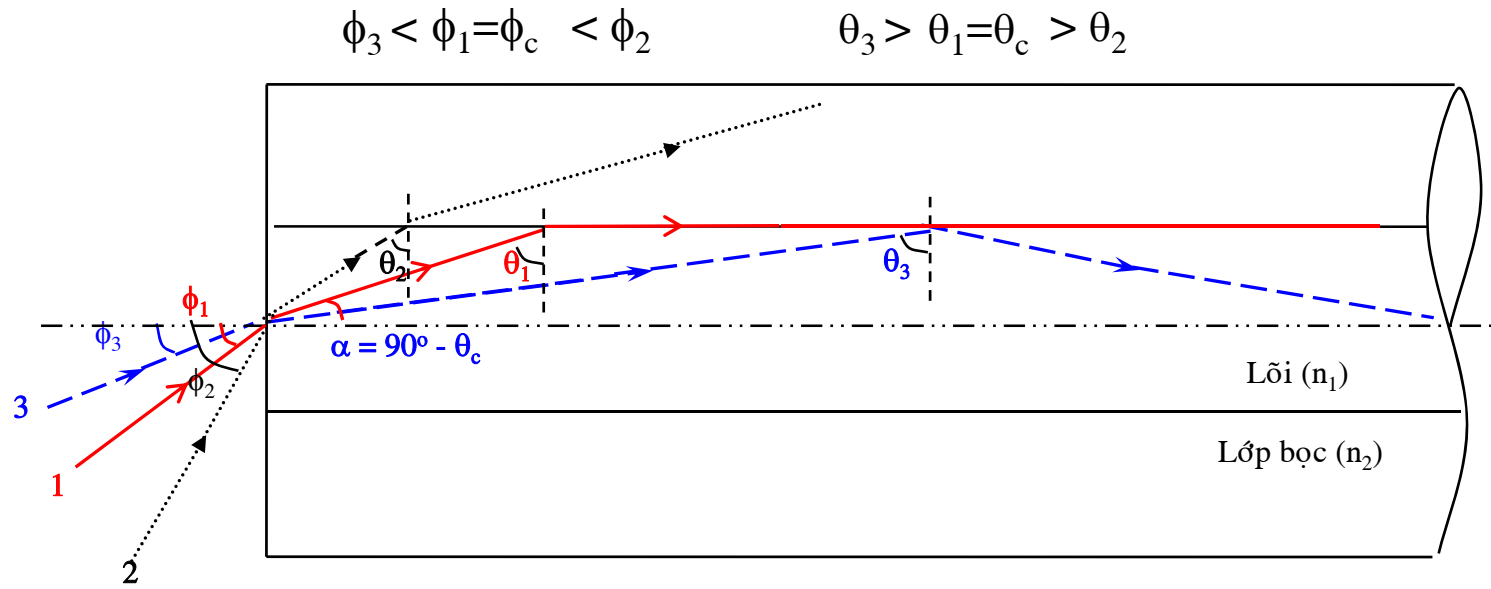
NGUYÊN LÝ TRUYỀN ÁNH SÁNG TRONG SỢI QUANG

- Ánh sáng truyền trong lõi sợi quang bằng cách phản xạ toàn phần qua lại mặt tiếp giáp giữa lõi và lớp bọc
 - *Ánh sáng có thể truyền được trong sợi quang bị uốn cong với một độ cong giới hạn (thỏa điều kiện phản xạ toàn phần)*



KHẨU ĐỘ SỐ NA (NUMERICAL APERTURE)

- Điều kiện để một tia sáng chiếu tới đầu sợi quang với góc tới ϕ có thể truyền được trong lõi sợi quang?





KHẨU ĐỘ SỐ NA (NUMERICAL APERTURE)

■ Kết luận:

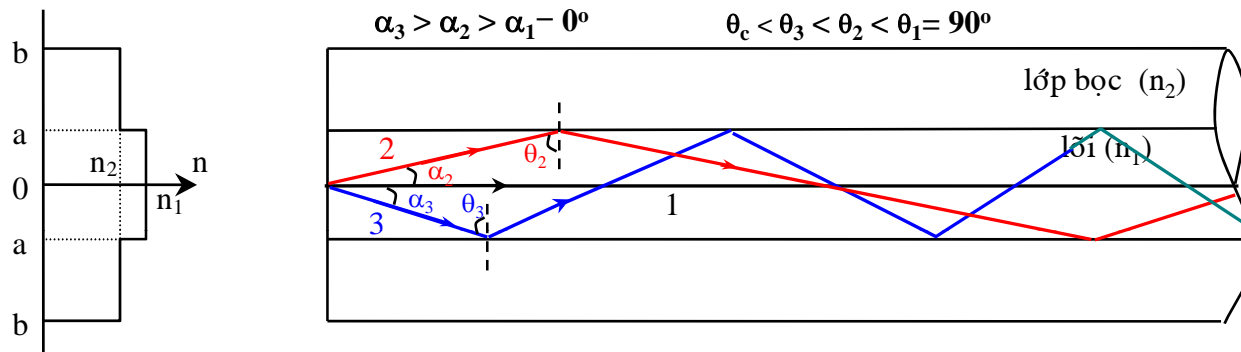
- Sự phản xạ toàn phần chỉ xảy ra đối với những tia sáng có góc tới ở đầu sợi quang nhỏ hơn góc tới hạn ϕ_{\max}
- $\sin \phi_{\max}$ được gọi là khẩu độ số NA của sợi quang
- NA biểu diễn khả năng ghép ánh sáng vào trong sợi quang:
 - + NA lớn \rightarrow hiệu suất ghép ánh sáng lớn
 - + NA lớn \rightarrow nhiều mode sóng \rightarrow tán sắc mode

■ Tính NA?

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = n_1 \sqrt{2\Delta}$$

$\Delta = (n_1 - n_2) / n_1$: độ chênh lệch chiết suất tương đối giữa lõi và lớp bọc

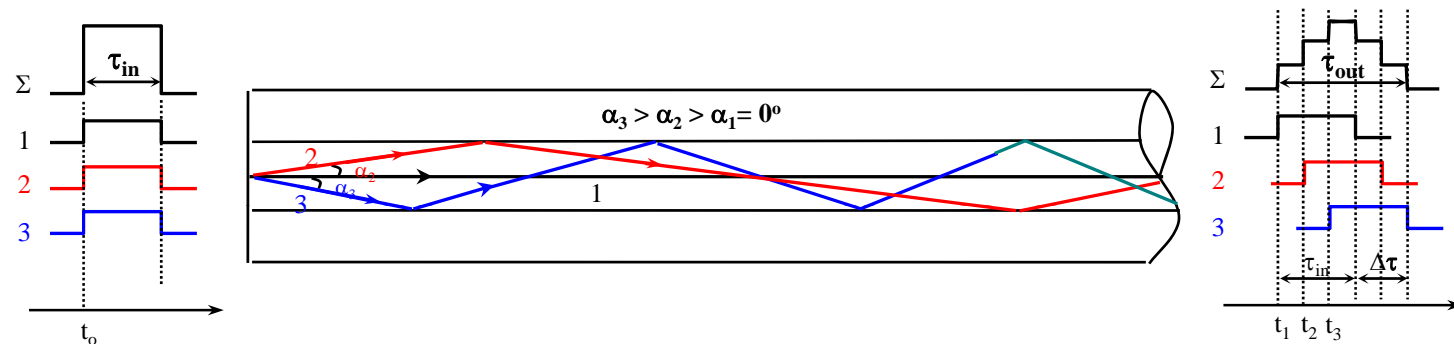
TÁN SẮC MODE (MODAL DISPERSION)



α_3

- Sợi quang có chiết suất nhảy bậc SI (Step-Index Fiber)
- Các tia sáng có quãng đường truyền khác nhau: $s_1 < s_2 < s_3$
 - + Tia song song với trục ($\alpha_1 = 0$) có quãng đường truyền ngắn nhất
 - + Góc tới càng lớn (α lớn) \rightarrow quãng đường truyền càng dài
- Vận tốc truyền giữa các tia sáng bằng nhau: $v_i = v = c/n_1$
- Thời gian truyền của các tia sáng khác nhau: $t_i = s_i/v$
 - \rightarrow chênh lệch về thời gian truyền giữa các tia sáng
 - \rightarrow Hiện tượng tán sắc (dispersion)

TÁN SẮC MODE (MODAL DISPERSION)



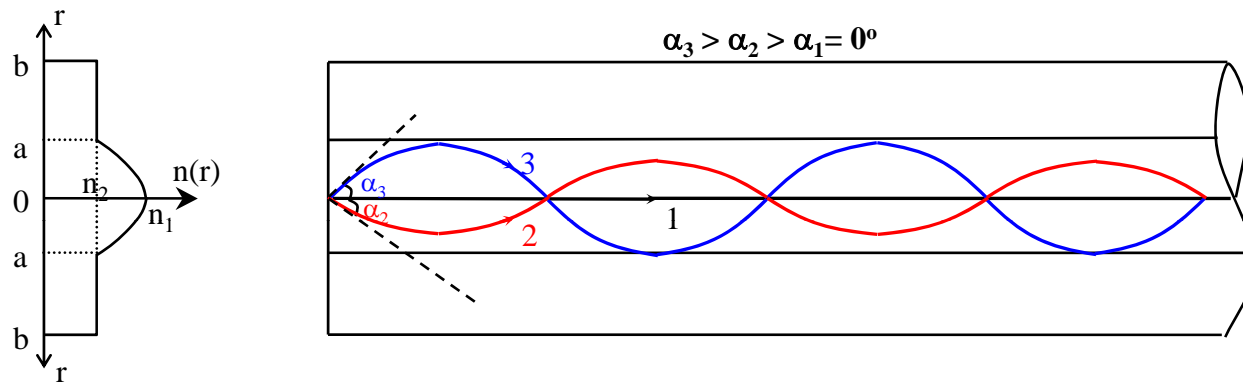
- Định nghĩa: Tán sắc là hiện tượng khi cho một xung ánh sáng hẹp chiếu vào đầu sợi quang thì thu được một xung ánh sáng rộng hơn ở cuối sợi quang
- Ảnh hưởng của tán sắc:
 - Tín hiệu tương tự: méo dạng tín hiệu
 - Tín hiệu số: chồng lấp giữa các bit
 - hạn chế dung lượng và cự ly truyền của tuyến quang



TÁN SẮC MODE (MODAL DISPERSION)

- Một tia sáng được xem như một mode sóng → tán sắc mode.
- Nguyên nhân gây ra hiện tượng tán sắc trên?
 - Có nhiều tia sáng truyền trong sợi quang với quãng đường truyền khác nhau
 - Vận tốc truyền bằng nhau → thời gian truyền khác nhau → Δt
- Làm cách nào để hạn chế tán sắc?
 - Chỉ cho một tia sáng (mode sóng) truyền đi trong sợi quang → sợi quang đơn mode SMF (Single Mode Fiber)
 - Giảm Δt giữa các tia sáng → sợi quang có chiết suất giảm dần GI (Graded Index fiber)

SỢI QUANG GI (Graded-Index Fiber)

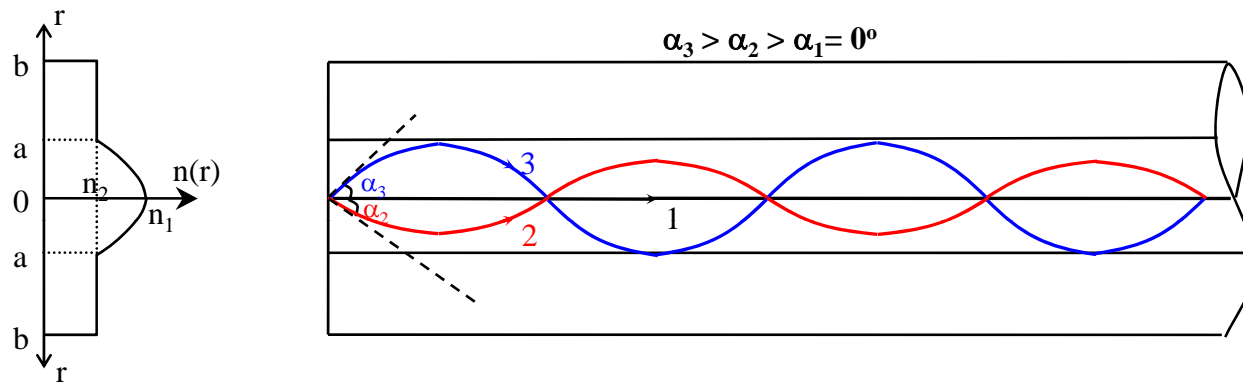


- Sợi GI: sợi quang có chiết suất giảm dần
- Chiết suất lõi sợi quang có dạng hình parabol

$$n(r) = \begin{cases} n_1 \left[1 - \Delta \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right] & |r| \leq a \\ n_2 & |r| \geq a \end{cases}$$

- Các tia sáng truyền theo đường cong → Tại sao?

SỢI QUANG GI (Graded-Index Fiber)



- Các tia sáng có quãng đường truyền khác nhau: $s_1 < s_2 < s_3$
- Vận tốc truyền giữa các tia sáng khác nhau: $v_1 < v_2 < v_3$
 - + Tại trục ($r=0$): $n(0)=n_1$ lớn nhất $\rightarrow v(0)=c/n(0)$ nhỏ nhất
 - + Càng ra xa trục vận tốc truyền càng lớn
 - \rightarrow quãng đường truyền tỷ lệ thuận với vận tốc truyền
- Thời gian truyền của các tia sáng khác nhau: $t_i = s_i/v_i$
 - $\rightarrow \Delta t_{ij} = t_i - t_j$ nhỏ



SỢI QUANG GI (Graded-Index Fiber)

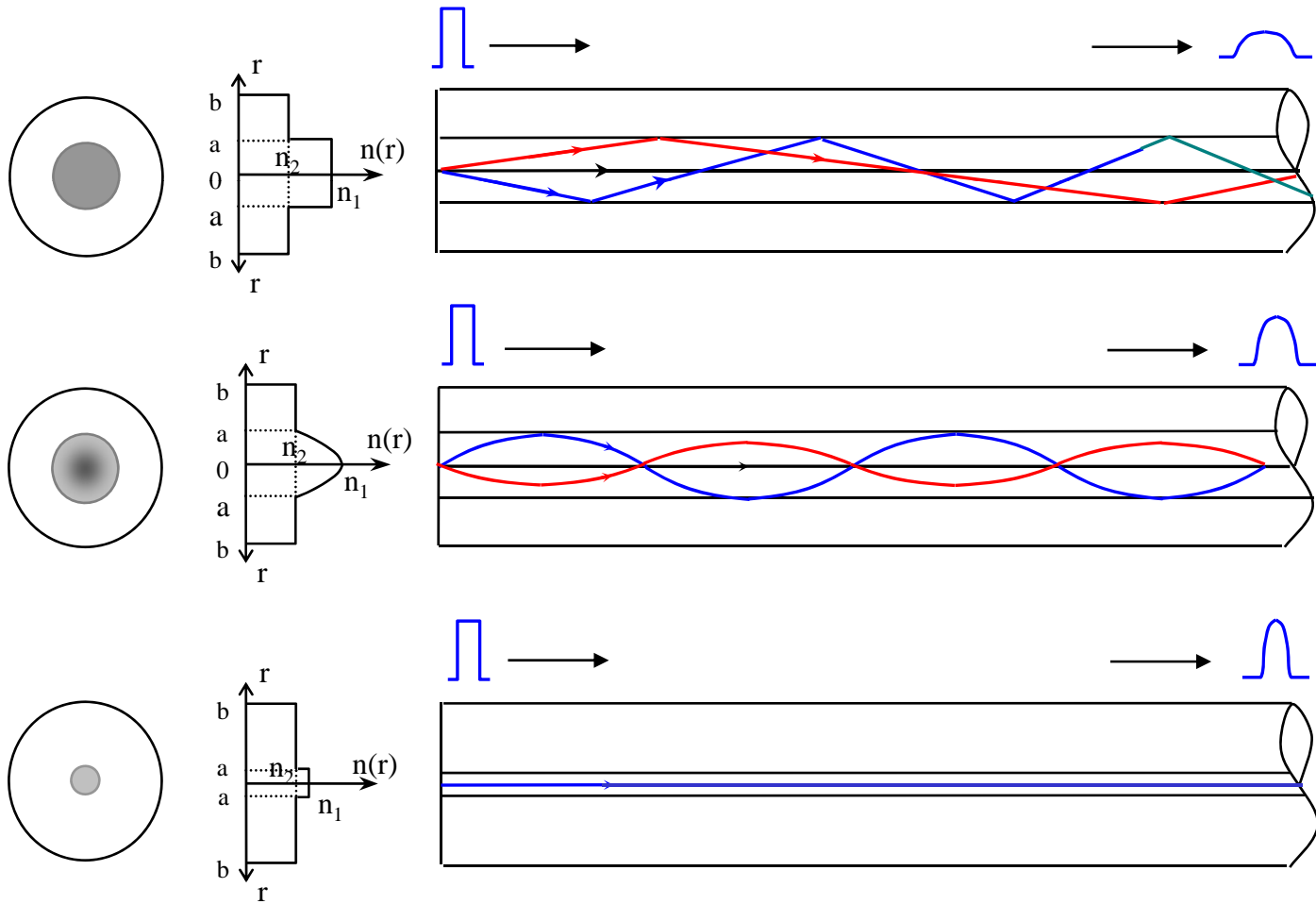
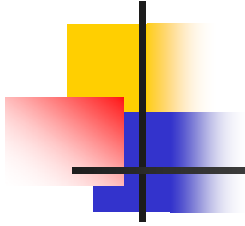
- Sợi GI có tán sắc mode nhỏ hơn nhiều so với sợi quang SI
- Tán sắc mode đơn vị d_{mode} (ns/km) của sợi SI và GI:

$$d_{\text{mode-SI}} = \frac{n_1}{c} \Delta \qquad d_{\text{mode-GI}} = \frac{n_1}{c} \cdot \frac{\Delta^2}{8}$$

- SI và GI: sợi quang đa mode: $d_{\text{mode}} \neq 0 \rightarrow$ Hạn chế cự ly và tốc độ bit truyền

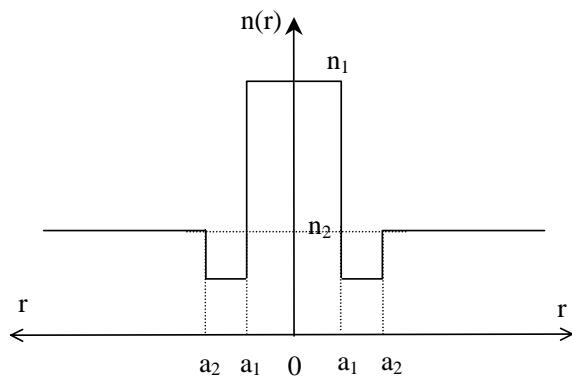
\rightarrow Sợi quang đơn mode SMF: $d_{\text{mode}} = 0$

- Ứng dụng:
 - + Sợi SI: cự ly truyền ngắn và tốc độ bit truyền thấp
 - + Sợi GI: cự ly truyền và tốc độ bit truyền trung bình
 - + Sợi SM: cự ly truyền dài và tốc độ bit truyền cao

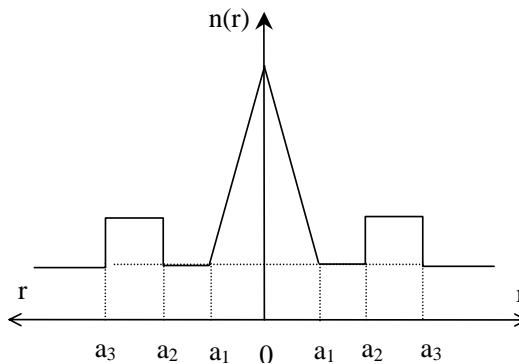


PHÂN LOẠI SỢI QUANG

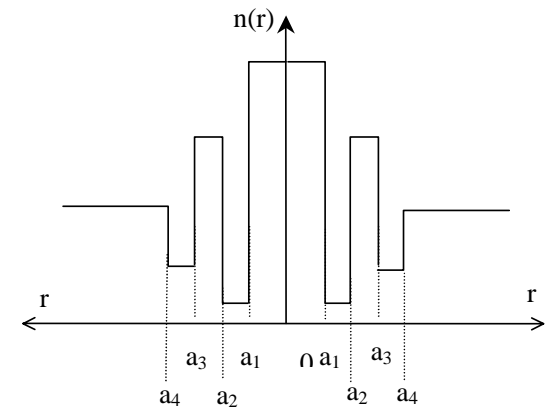
- Phân loại theo dạng chiết suất của lõi:
 - Sợi quang có chiết suất nhảy bậc SI
 - Sợi quang có chiết suất giảm dần GI
 - Sợi quang giảm chiết suất lớp bọc
 - Sợi quang dịch tán sắc DSF (Dispersion-Shifted Fiber)
 - Sợi quang san bằng tán sắc DFF (Dispersion-Flatened Fiber)



Giảm chiết suất lớp bọc



Sợi dịch tán sắc DSF



Sợi san bằng tán sắc DFF



PHÂN LOẠI SỢI QUANG

- Phân loại theo số mode truyền trong sợi quang
 - Sợi đa mode:
 - + Sợi SI, GI (G.651):
 - + (50/125 μm), (62.5/125 μm), (100/140 μm)
 - Sợi đơn mode SMF (Single-Mode Fiber)
 - + Sợi đơn mode tiêu chuẩn SMF (G.652):
 - (9/125 μm)
 - Hệ số suy hao: 0.38 dB/km ($\lambda=1310\text{nm}$) và 0.2 dB/km ($\lambda= 1550\text{nm}$)
 - Hệ số tán sắc: bằng 0 tại $\lambda=1310\text{nm}$ và 18ps/nm.km tại $\lambda= 1550\text{nm}$
 - + Sợi DSF (G.653)
 - + Sợi dịch tán sắc khác zero NZ-DSF (G.655)



PHÂN LOẠI SỢI QUANG

- Phân loại theo vật liệu chế tạo:
 - Sợi thủy tinh (All-glass fiber): lõi và lớp bọc bằng thủy tinh
 - Sợi plastic (All-plastic fiber): lõi và lớp bọc đều bằng plastic
 - Sợi PCS (Plastic-Cladded Silica): lõi bằng thủy tinh, lớp bọc làm bằng nhựa

PHÂN LOẠI SỢI QUANG

	Sợi thủy tinh	Sợi PCS	Sợi plastic
Đặc tính kỹ thuật:			
- Kích thước sợi	(9/125 μ m), (50/125 μ m), (62.5/125 μ m)		Đường kính lõi: 0,5-1mm
- Chiết suất / NA	$\Delta=0,2\% - 1,3\%$;	$n_1=1,46; n_2=1,40$	NA= 0.54
- Bước sóng hoạt động	0,8 μ m - 1,55 μ m		0,5 μ m - 0,8 μ m
- Suy hao cực tiểu	0,2dB/km ($\lambda=1550$ nm)	8dB/km ($\lambda=900$ nm)	55dB/km ($\lambda=570$ nm)
- Tán sắc cực tiểu	$d_{mat}=0$ ($\lambda=1300$ nm)	200 ns/km	Rất lớn
- Cơ ly truyền	Hàng chục, trăm km	Băng thông \times Cơ ly truyền	Vài trăm mét
- Tốc độ bit	Hàng Gb/s	$B \times L = 5$ (Mbit/s \times km)	Vài trăm Mbit/s
Ưu khuyết điểm	<ul style="list-style-type: none"> - Chất lượng tốt nhất - Giá thành đắt - Hàn nối khó \rightarrow cần thiết bị chuyên dụng 	Chất lượng và giá thành nằm giữa sợi thủy tinh và sợi plastic	<ul style="list-style-type: none"> - Chất lượng thấp - Giá thành rẻ - Hàn nối dễ
Ứng dụng	<ul style="list-style-type: none"> - Truyền dẫn thông tin - Hệ thống viễn thông, mạng máy tính 		- Tự động hoá



CÂU HỎI

- Sợi SI, sợi GI là gì?
- Tại sao ánh sáng truyền trong sợi quang GI theo đường cong?
- Tại sao sợi GI có tán sắc nhỏ hơn sợi SI?
- Có thể chế tạo sợi quang bằng thủy tinh có hệ số suy hao nhỏ hơn 0.2 dB/km?



TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bài giảng “Truyền Dẫn Sợi Quang”, Ngô Thanh Ngọc, Trung Tâm đào tạo bưu chính viễn thông 2, TP.HCM, 1994.
- Bài giảng “Cơ Sở Kỹ Thuật Thông Tin Quang”, Cao Phán, Cao Hồng Sơn, Học Viện Công Nghệ Bưu Chính Viễn Thông, Hà Nội, 2000.
- Hệ Thống Thông Tin Quang, Vũ Văn San, Nhà xuất bản bưu điện, Hà nội, 2003.
- Fiber-Optic Communications Technology, D. K. Mynbaev, L. L. Scheiner, Prentice Hall, New Jersey, 2001
- Optical Fiber Communications, 3rd Edition, Gerd Keiser, Mc. Graw Hill, Boston, 2000



KỸ THUẬT THÔNG TIN QUANG

Bài 3:

CÁC THÔNG SỐ CỦA SỢI QUANG

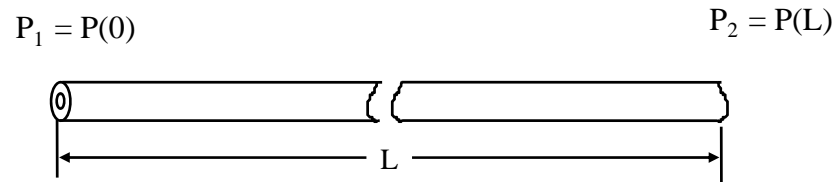


NỘI DUNG

- Suy hao (Attenuation)
- Tán sắc (Dispersion)
- Thiết kế tuyến truyền dẫn quang
- Bài tập

SUY HAO (ATTENUATION)

- Định nghĩa:



$$P(L) = P(0) \times 10^{-\frac{\alpha \cdot L}{10}}$$

$P(0)$: công suất ở đầu sợi ($z = 0$); ($W, mW, \mu m...$)

$P(L)$: công suất ở cự ly $z=L$ tính từ đầu sợi; ($W, mW, \mu m...$)

α : hệ số suy hao trung bình; (dB/km)



SUY HAO (ATTENUATION)

- Độ suy hao của sợi quang:

$$A(dB) = 10 \lg \frac{P_1(mW)}{P_2(mW)}$$

$$A(dB) = P_1(dBm) - P_2(dBm)$$

- Hệ số suy hao hay suy hao trung bình:

$$\alpha(dB / Km) = \frac{A(dB)}{L(Km)}$$



SUY HAO (ATTENUATION)

- Công thức logarit: $\lg ab = \lg a + \lg b$

$$\lg \frac{a}{b} = \lg a - \lg b$$

$$\lg a^b = b \lg a$$

- Đơn vị tính công suất (dBW, dBm, ...)

$$P(\text{dBW}) = 10 \cdot \lg P(\text{W})$$

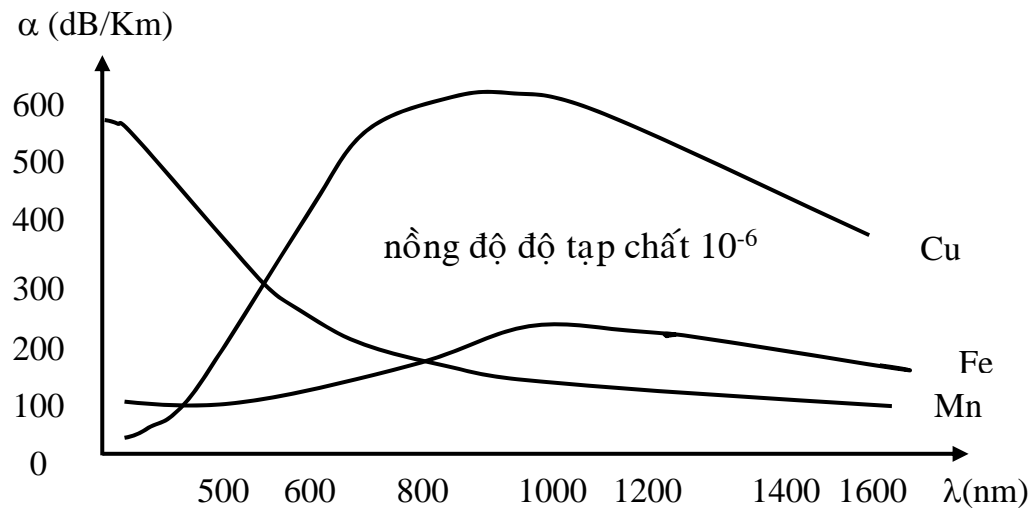
$$P(\text{dBm}) = 10 \cdot \lg P(\text{mW})$$

$$P(\text{dB}\mu) = 10 \cdot \lg P(\mu\text{W})$$

...

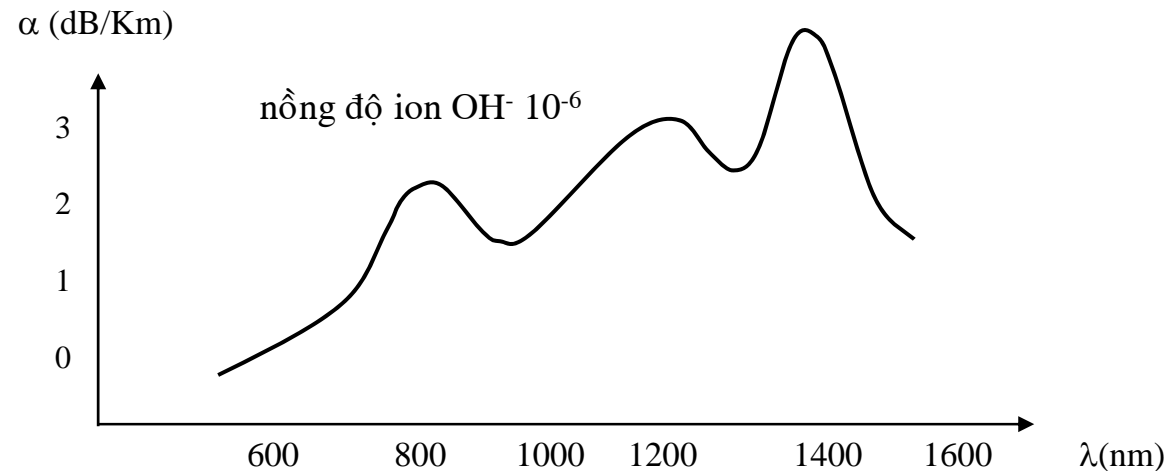
SUY HAO (ATTENUATION)

- Các nguyên nhân gây ra suy hao:
 - Suy hao do hấp thụ (Absorption)
 - + Hấp thụ tạp chất kim loại: độ suy hao phụ thuộc vào
 - o Loại tạp chất: Cu, Fe, Mn, ...
 - o Nồng độ tạp chất → giá trị cho phép $<10^{-9}$
 - o Bước sóng ánh sáng



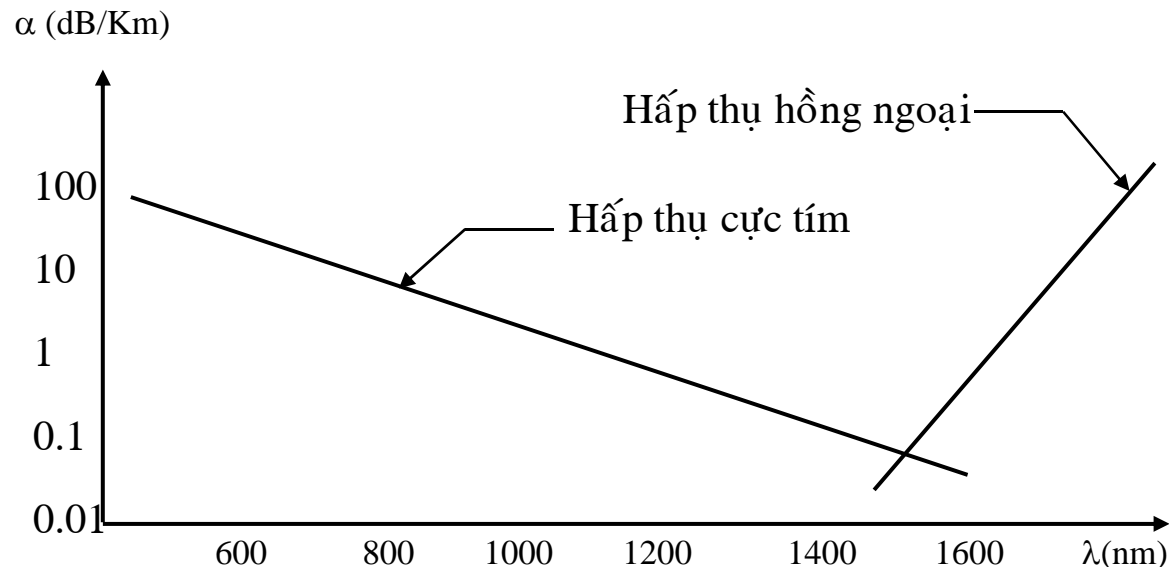
SUY HAO (ATTENUATION)

- + Hấp thụ ion OH^- : độ suy hao phụ thuộc vào
 - o Nồng độ ion $\text{OH}^- \rightarrow$ giá trị cho phép $<10^{-9}$
 - o Bước sóng ánh sáng: đỉnh suy hao tại bước sóng gần 950nm, 1240nm và 1400nm
- \rightarrow Độ ẩm là một nguyên nhân gây ra suy hao trong sợi quang



SUY HAO (ATTENUATION)

- + Hấp thụ tử ngoại và hồng ngoại:
 - o Suy hao do bản chất của vật liệu chế tạo (thủy tinh)
 - o Phụ thuộc bước sóng ánh sáng: suy hao thấp nhất tại bước sóng 1550nm đối với sợi quang bằng thủy tinh (khoảng 0.2 dB/km)
 - Giới hạn hệ số suy hao tối thiểu của sợi quang
 - Làm cách nào để có thể chế tạo sợi quang có suy hao nhỏ hơn 0,2dB/km (ví dụ 0,001dB/km)?





SUY HAO (ATTENUATION)

- Suy hao do uốn cong
 - + Uốn cong (macro bend)
 - + Vi uốn cong (micro bend)



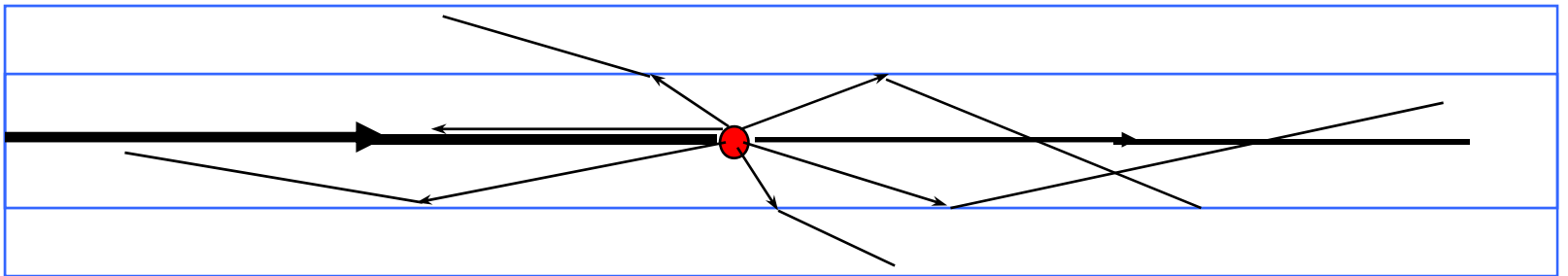
SUY HAO (ATTENUATION)

- Suy hao do tán xạ Rayleigh (Rayleigh Scattering)
 - + Khi sóng điện từ truyền trong môi trường điện môi gặp những chỗ không đồng nhất (có kích thước của khoảng $1/10$ bước sóng) sẽ xảy ra hiện tượng tán xạ.
 - + Những chỗ không đồng nhất:
 - o Do cách sắp xếp không đồng nhất của nguyên tử thủy tinh
 - o Bọt không khí
 - o Vết nứt
 - ...



SUY HAO (ATTENUATION)

- + Các tia sáng truyền qua những chỗ không đồng nhất sẽ tỏa ra nhiều hướng:



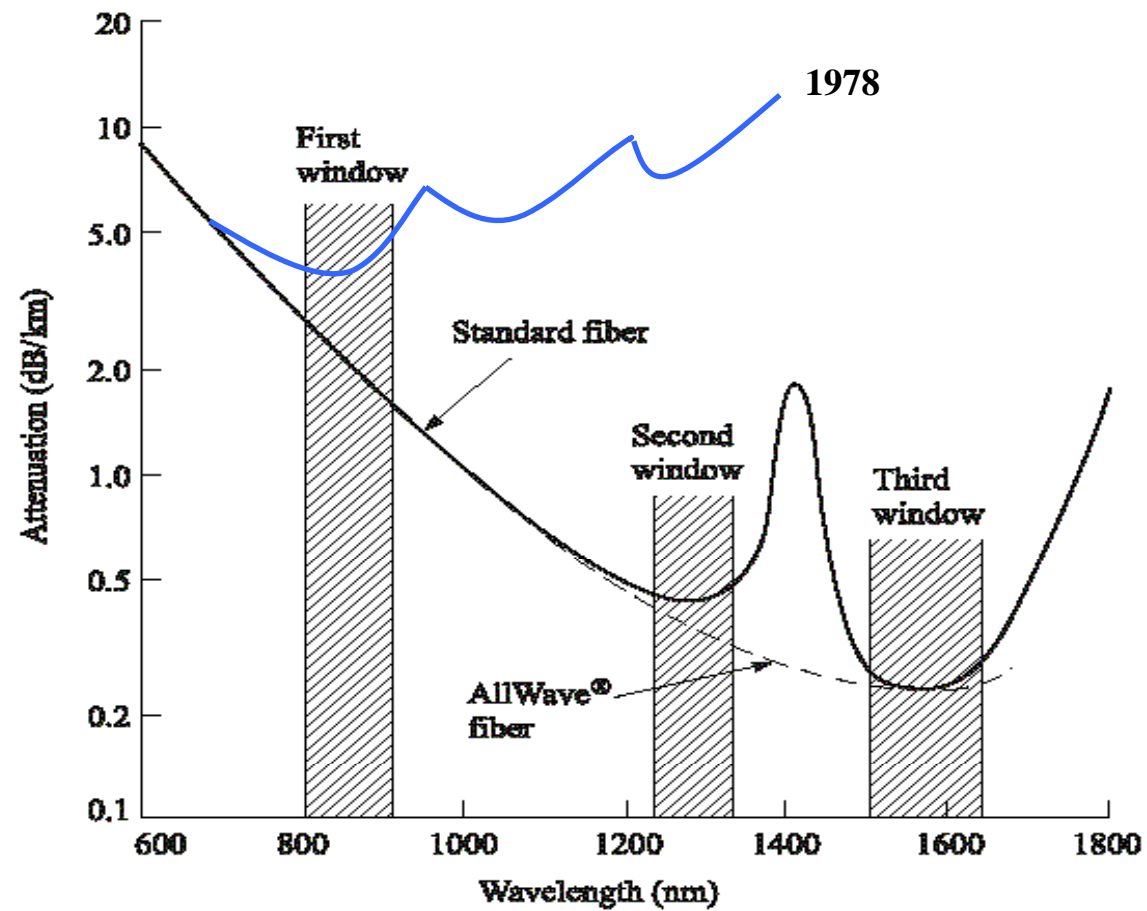
- Một phần năng lượng ánh sáng bị phân tán ra nhiều hướng khác nhau không truyền đi xa được (khúc xạ ra ngoài lớp bọc, truyền ngược về đầu sợi quang...)
- *Gây ra suy hao cho sợi quang*
- + *Ứng dụng trong máy đo quang độ OTDR
(Optical Time Domain Reflectometer)*



SUY HAO (ATTENUATION)

- Đặc tuyến suy hao:
 - Tổng hợp các đặc tuyến suy hao của các nguyên nhân gây ra suy hao khác nhau
 - Khác nhau tùy theo loại sợi
 - Dựa trên đặc tuyến suy hao này, vùng bước sóng (cửa sổ bước sóng) sử dụng được xác định
 - 3 cửa sổ bước sóng:
 - + 850nm
 - + 1300nm
 - + 1550nm

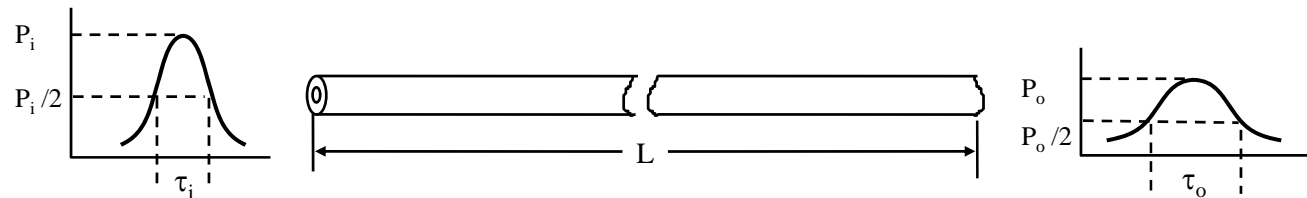
SUY HAO (ATTENUATION)



TÁN SẮC (DISPERSION)

■ Định nghĩa:

- Là hiện tượng khi đưa một xung ánh sáng hẹp vào đầu sợi quang lại nhận được một xung ánh sáng rộng hơn ở cuối sợi



- Độ tán sắc tổng cộng của sợi quang:

$$D = \sqrt{\tau_o^2 - \tau_i^2}$$



TÁN SẮC (DISPERSION)

- Nguyên nhân gây ra tán sắc:
 - Do sự chênh lệch về thời gian truyền của các tia sáng (các mode sóng) → tán sắc do đường truyền hay **tán sắc mode (modal dispersion)**
 - Ánh sáng do nguồn quang phát ra trong một khoảng bước sóng + vận tốc truyền pha của mỗi bước sóng lại khác nhau → thời gian truyền của các bước sóng khác nhau → **tán sắc sắc thể (chromatical dispersion)**
 - + Tán sắc chất liệu (material dispersion)
 - + Tán sắc dẫn sóng (waveguide dispersion)



TÁN SẮC (DISPERSION)

- Tán sắc tổng cộng (Total Dispersion):

$$D_t = \sqrt{D_{\text{mod}}^2 + D_{\text{chr}}^2}$$

$$d_t = \sqrt{d_{\text{mod}}^2 + d_{\text{chr}}^2}$$

Với: $D_{\text{chr}} = D_{\text{mat}} + D_{\text{wg}}$

$$d_{\text{chr}} = d_{\text{mat}} + d_{\text{wg}}$$

$$D_x = L \cdot d_x$$

$$d_{\text{mat}} = M \cdot \Delta\lambda$$

Trong đó:

D_x : tán sắc x (mod: mode; chr: sắc thể; mat: chất liệu; wg: dẫn sóng) trên một đoạn chiều dài L (ns)

d_x : tán sắc đơn vị (ns/km)

M: tán sắc chất liệu đơn vị (ns/km.nm)

$\Delta\lambda$: độ rộng phổ của nguồn quang (nm)



TÁN SẮC (DISPERSION)

- Ảnh hưởng của tán sắc đến tốc độ bit truyền tối đa của sợi quang:

$$Br \leq \frac{1}{4D_t} = Br_{\max} \qquad D_{t\max} = \frac{1}{4Br}$$

Trong đó:

D_t : tán sắc tổng cộng của sợi quang có chiều dài L (ns)

$D_{t\max}$: tán sắc tổng cộng tối đa cho phép của sợi quang dài L (ns)

Br_{\max} : tốc độ bit tối đa có thể truyền qua sợi quang dài L (Gb/s)

Br : tốc độ bit truyền thực tế qua sợi quang dài L (Gb/s)

$$Br = R \times (\text{hệ số mã hoá})$$

R : tốc độ bit danh định (tín hiệu chưa qua mã hoá)

Hệ số mã hoá: phụ thuộc vào loại mã đường truyền



THIẾT KẾ TUYẾN TRUYỀN DẪN QUANG

- Tính toán một tuyến truyền dẫn quang có thể được tiến hành theo hai hướng sau:
 - Tính khoảng cách có thể lắp đặt giữa hai trạm khi biết tốc độ bit cần truyền dẫn và đặc tính của các phần tử trong tuyến
 - xác định số lượng và vị trí các trạm lắp trên tuyến
 - Tính giới hạn đặc tính của các phần tử khi biết tốc độ và cự ly cần truyền
 - chọn loại sợi quang, thiết bị thu phát quang

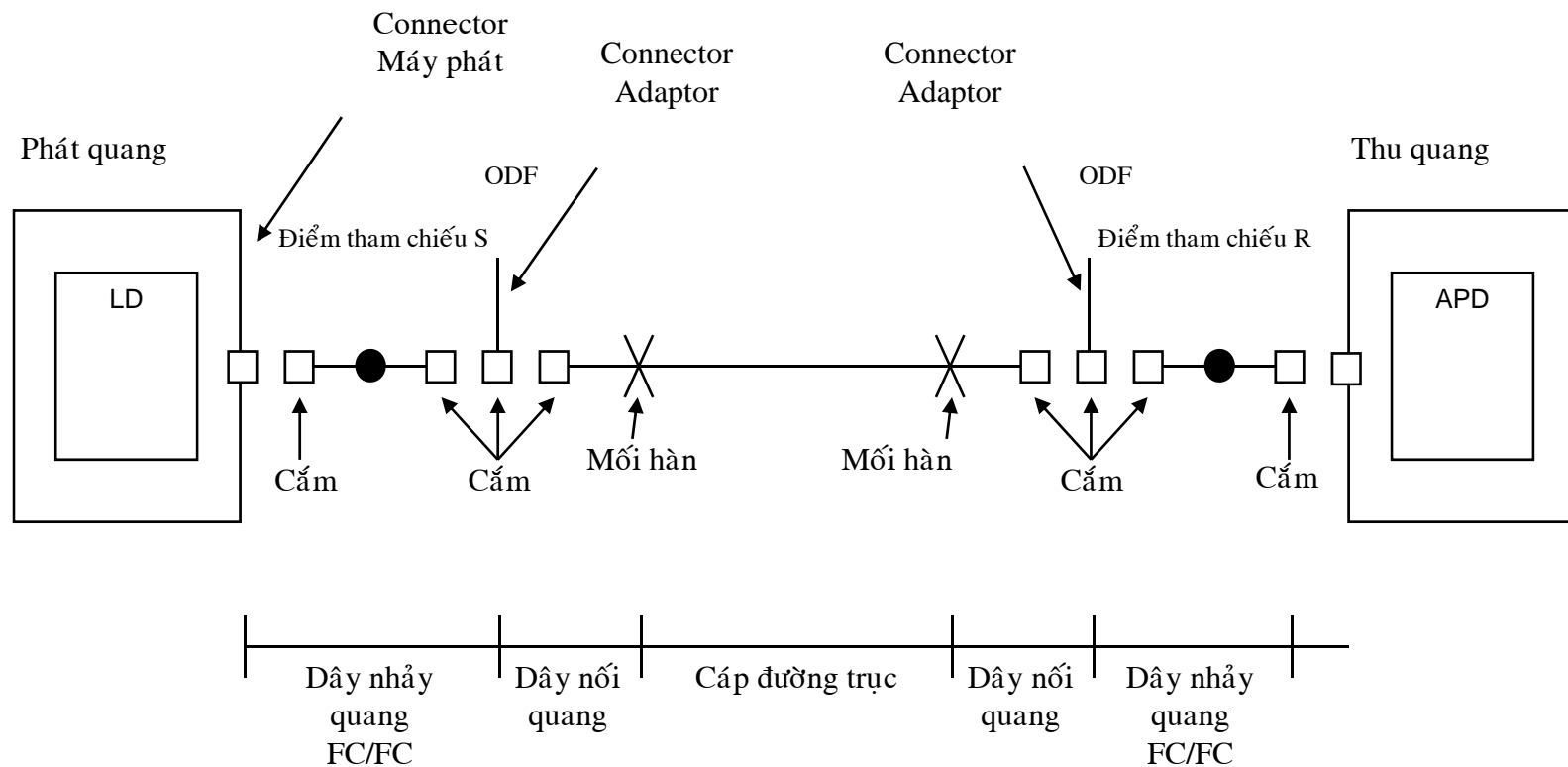


THIẾT KẾ TUYẾN TRUYỀN DẪN QUANG

- Khoảng cách có thể lắp đặt giữa hai trạm phụ thuộc vào:
 - Loại thiết bị truyền dẫn quang
 - + Bước sóng ánh sáng
 - + Công suất phát
 - + Độ nhạy, dải động thu quang
 - + Độ rộng phổ nguồn quang
 - Loại sợi quang, cáp sợi quang được sử dụng
 - Các mối hàn, nối
 - Dự phòng công suất

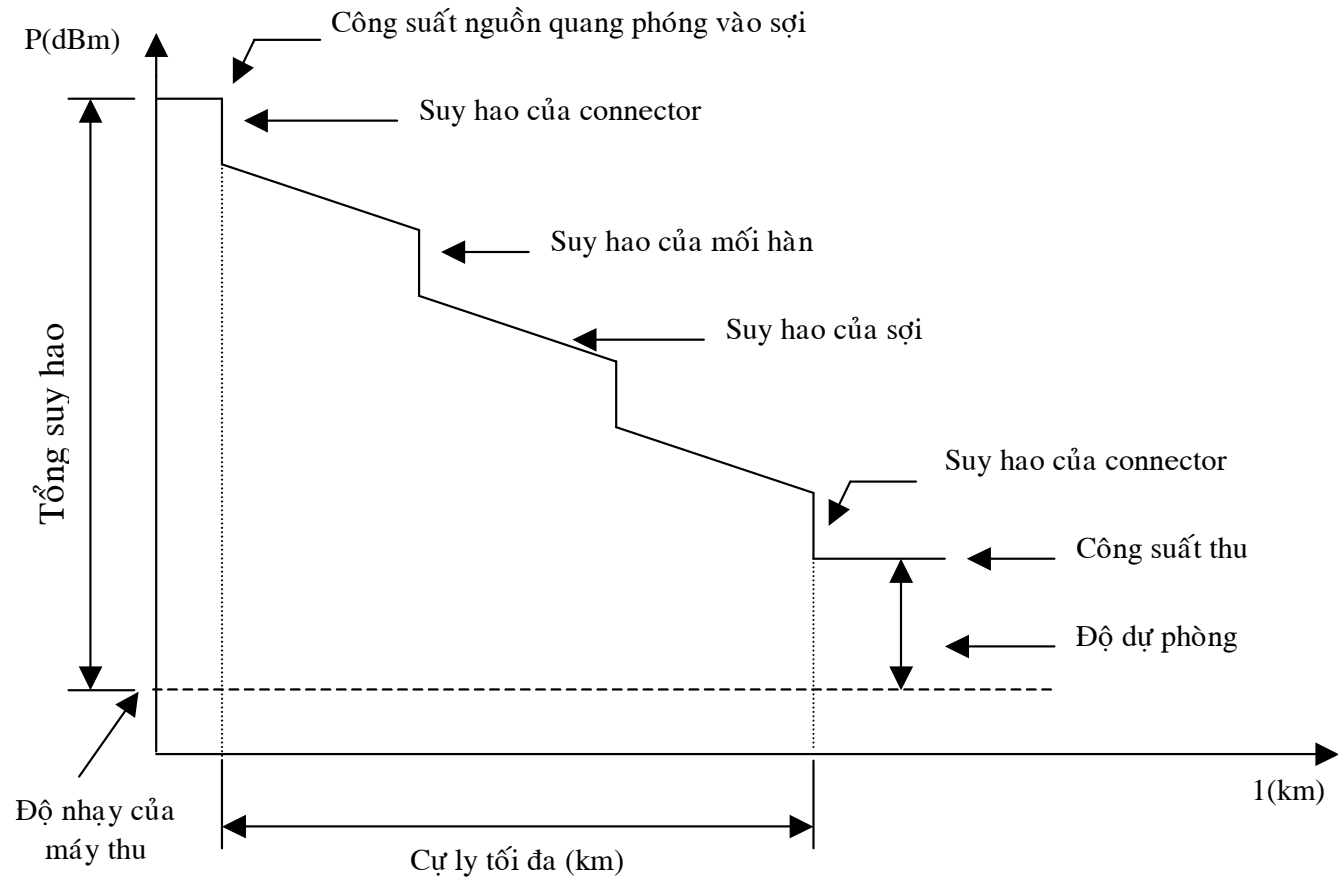
THIẾT KẾ TUYẾN TRUYỀN DẪN QUANG

- Mô hình một tuyến truyền dẫn quang:



THIẾT KẾ TUYẾN TRUYỀN DẪN QUANG

- Phân bố suy hao trên tuyến:





THIẾT KẾ TUYẾN TRUYỀN DẪN QUANG

- Điều kiện để có thể lắp đặt hai trạm được mà không cần trạm lặp:
 - Điều kiện về công suất: $P_{Rmin} < P_{thu} < P_{Rmax}$
→ Quỹ công suất
 - Điều kiện về độ nổi rộng xung: $t_{HT} < t_{max}$
 $Br \leq \frac{1}{4D_t} = Br_{max}$
→ Quỹ thời gian tăng của xung
- Với tốc độ bit cho trước, tính khoảng cách tối đa có thể lắp đặt hai thiết bị được mà không cần trạm lặp
- Tùy theo địa hình, quy hoạch, khả năng quản lý, vận hành thiết bị, khoảng cách lắp đặt cho phép → số lượng và vị trí lắp đặt trạm



BÀI TẬP 1

Một tuyến quang dài $L=15\text{km}$, dùng sợi quang SI ($50/125\mu\text{m}$) có độ chênh lệch chiết suất tương đối $\Delta=1\%$, chiết suất lõi $n_1=1.48$. Sợi quang có suy hao trung bình $\alpha=4\text{dB/km}$ (tại $\lambda=850\text{nm}$) hoặc $\alpha=2,4\text{dB/km}$ (tại $\lambda=1300\text{nm}$), hệ số tán sắc chất liệu $M=130\text{ps/nm.km}$ (tại $\lambda=850\text{nm}$) hoặc $M=10\text{ps/nm.km}$ (tại $\lambda=1300\text{nm}$).

Nguồn quang được sử dụng LED phát ra ánh sáng có bước sóng 850nm có công suất phát quang 4mW , độ rộng phổ $\Delta\lambda=35\text{nm}$.

Bộ thu quang sử dụng PIN có độ nhạy -45dBm

Biết rằng cứ 2km có một mối hàn có suy hao $0,1\text{dB/mối hàn}$

Suy hao ghép quang ở đầu phát là 13dB , đầu thu là 10dB .



BÀI TẬP 1

- a. Tính công suất quang tại điểm 1km, 7km và 12km kể từ đầu phát
- b. Tuyến quang trên có cần trạm lặp hay không? Nếu có hãy tính số trạm lặp cần sử dụng, khoảng cách giữa các trạm lặp. Vẽ hình minh họa và chú thích.
- c. Với chiều dài trên, tốc độ bit cực đại có thể truyền được của tuyến quang là bao nhiêu? Bỏ qua ảnh hưởng của tán sắc ống dẫn sóng. Mã đường truyền là NRZ.
- d. Thay nguồn quang LED phát ra ánh sáng có bước sóng 1300nm, công suất phát quang 1mW, $\Delta\lambda=35\text{nm}$. Hỏi tuyến quang trên có thể hoạt động được không? Tại sao?
- e. Nhận xét kết quả ở hai câu b và d.



KỸ THUẬT THÔNG TIN QUANG

Bài 4:

LINH KIỆN BIẾN ĐỔI QUANG ĐIỆN



NỘI DUNG

- Các khái niệm cơ bản:
 - Mức năng lượng (Energy Level)
 - Vùng năng lượng (Energy Band)
 - Chất bán dẫn (Semiconductor)
 - Nguyên lý biến đổi quang điện
- Nguồn quang (Light Source)
 - LED (Light Emitting Diode)
 - Laser (Light Amplification by Stimulated Emitting of Radiation)
 - Các thông số kỹ thuật của nguồn quang
- Linh kiện tách sóng quang (Light Detector)
 - PIN
 - APD (Avalanche Photodiode)
 - Các thông số kỹ thuật của linh kiện thu quang

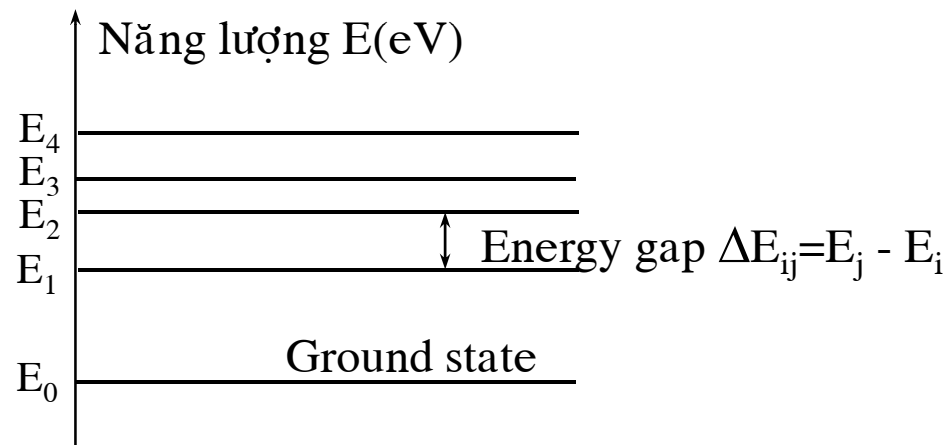


CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

- Lý thuyết lượng tử của Borh:
 - Một nguyên tử bao gồm hạt nhân (+) được bao quanh bởi các điện tử (-)
 - Các điện tử quay quanh hạt nhân theo một quỹ đạo ổn định và do đó mang một mức năng lượng xác định
 - Các điện tử chỉ thay đổi trạng thái năng lượng khi chuyển từ quỹ đạo này sang một quỹ đạo khác
 - toàn bộ nguyên tử mang các mức năng lượng rời rạc
 - năng lượng của nguyên tử được lượng tử hóa

CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

- Mức năng lượng (Energy level):



- Các mức năng lượng trong của điện tử trong nguyên tử không liên tục
- Một điện tử chỉ có thể mang một trong các mức năng lượng rời rạc này
- Mức năng lượng thấp nhất E_0 được gọi là mức nền (ground state) → trạng thái ổn định của nguyên tử



CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

- Mức năng lượng (tt):

- Khi điện tử chuyển từ mức năng lượng cao E_j xuống mức năng lượng thấp E_i thì nó sẽ phát ra một năng lượng $\Delta E = E_{ij} = E_j - E_i$
- ΔE được phát ra dưới dạng nhiệt hoặc dưới dạng photon ánh sáng (sự bức xạ ánh sáng (radiation))
- Năng lượng của một photon được bức xạ:

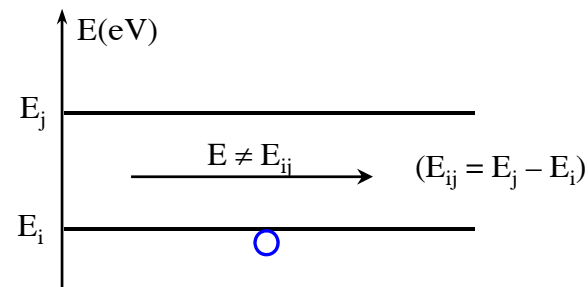
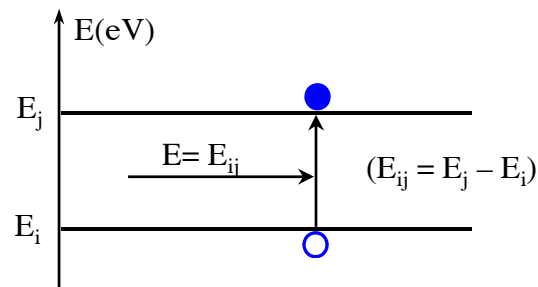
$$E_{\text{photon}} = \Delta E = hf = hc/\lambda \quad \rightarrow \lambda = hc/ \Delta E$$

→ Bước sóng ánh sáng phát xạ phụ thuộc vào khoảng cách giữa các mức năng lượng của vật liệu

CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

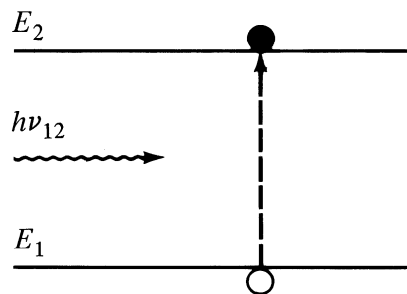
■ Mức năng lượng (tt):

- Khi nguyên tử nhận một năng lượng E từ bên ngoài cung cấp sẽ xảy ra hai trường hợp:
 - + Nếu $E = E_{ij}$ ($i, j = 0, 1, 2 \dots$), điện tử có trạng thái năng lượng E_i sẽ hấp thụ (absorption) năng lượng E và di chuyển lên mức năng lượng cao hơn E_j
 - + Nếu $\Delta E \neq E_{ij}$ ($i, j = 0, 1, 2 \dots$) không xảy ra hấp thụ



CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

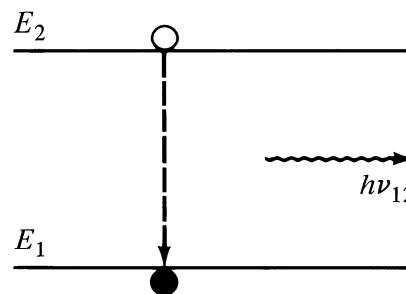
- Quá trình biến đổi quang điện xảy ra dựa trên 3 hiện tượng sau:



Hấp thụ
(Absorption)

↓
Biến đổi quang - điện

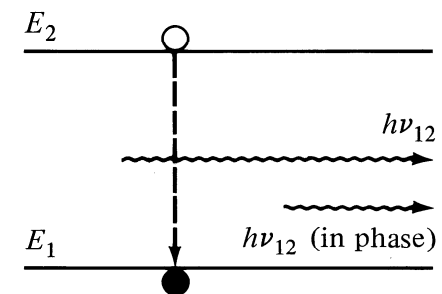
↓
Linh kiện thu quang
(Photo detector)



Phát xạ tự phát
(Spontaneous emission)

↓
Biến đổi điện - quang

↓
LED
(Light Emitting Diode)



Phát xạ kích thích
(Spontaneous emission)

↓
Biến đổi điện - quang

↓
Laser
(Light Amplification
by Stimulated Emission of Radiation)



CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

- Anh sáng kết hợp (Coherent Light)
 - Anh sáng do hiện tượng phát xạ kích thích tạo ra có tính kết hợp, nghĩa các photon ánh sáng có:
 - + Cùng tần số
 - + Cùng pha
 - + Cùng cùng phân cực
 - + Cùng hướng truyền

→ Anh sáng do laser phát ra có tính kết hợp
 - Hiện tượng phát xạ tự phát xảy ra tự nhiên do các điện tử luôn có khuynh hướng chuyển từ trạng thái năng lượng cao xuống trạng thái ổn định có năng lượng thấp hơn
 - Anh sáng do LED phát ra không có tính kết hợp

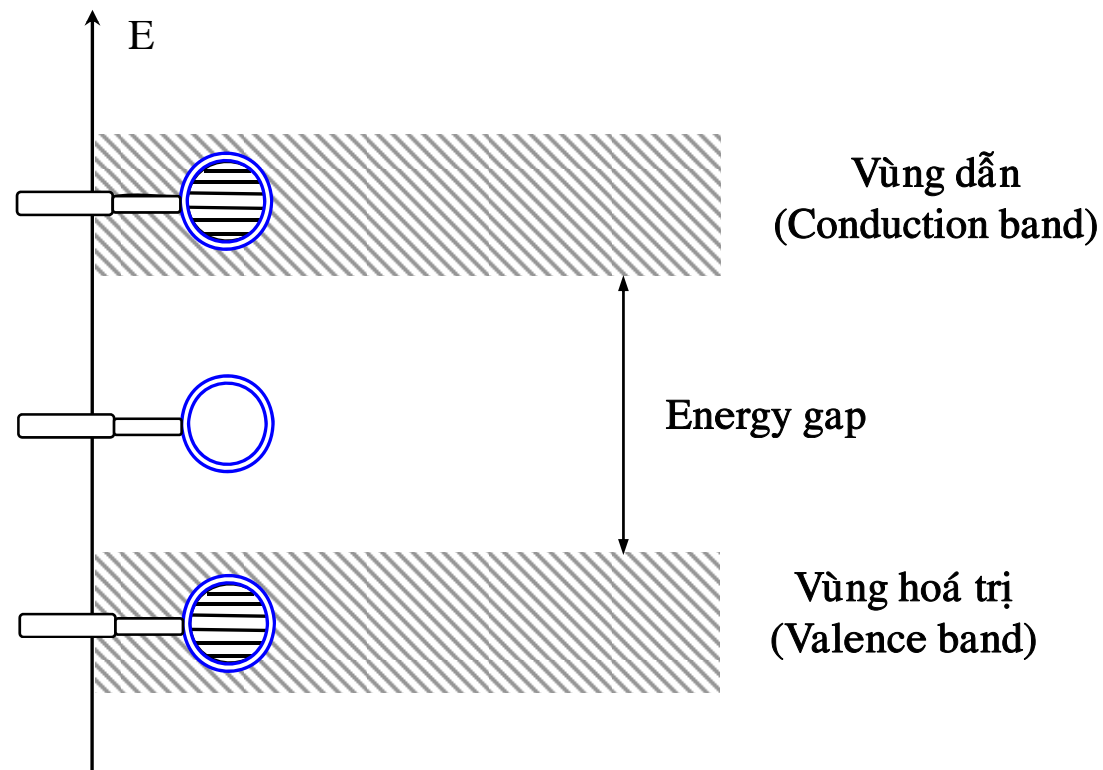


CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

- Vùng năng lượng (Energy band):
 - Trong chất bán dẫn (hay chất rắn nói chung), các mức năng lượng *rời rạc nhau nhưng rất gần nhau*
 - các điện tử xem như nằm ở các vùng năng lượng (energy band)
 - Trong chất bán dẫn, có thể phân biệt thành hai vùng năng lượng:
 - + Vùng hoá trị (Valence band): vùng năng lượng thấp, là vùng năng lượng bền vững của điện tử.
 - + Vùng dẫn (Conduction band): vùng năng lượng cao
 - Các điện tử có thể nằm ở một trong các vùng năng lượng này (vùng dẫn hoặc vùng hoá trị) nhưng không thể nằm giữa các vùng năng lượng → energy gap

CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

- Vùng năng lượng (tt):





CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

- Chất bán dẫn (Semiconductor):
 - Khi $T = 0^\circ\text{K}$, tất cả các điện tử đều tập trung trong vùng hóa trị (trạng thái năng lượng ổn định), không có điện tử nằm trong vùng dẫn \rightarrow chất bán dẫn hoạt động ở trạng thái cách điện
 - $T > 0^\circ\text{K}$, một số điện tử sẽ nhận năng lượng nhiệt và chuyển lên vùng dẫn có mức năng lượng cao hơn \rightarrow chất bán dẫn hoạt động ở trạng thái dẫn
 - Khi điện tử (electron) chuyển lên vùng dẫn, nó được gọi là điện tử tự do và để lại lỗ trống trong vùng hóa trị
 - Vùng hóa trị là vùng năng lượng ổn định của điện tử \rightarrow các điện tử luôn có khuynh hướng chuyển từ vùng dẫn xuống vùng hóa trị
 - Thời gian điện tử ở vùng dẫn trước khi di chuyển xuống vùng dẫn được gọi là lifetime t_f .
 - t_f phụ thuộc vào loại bán dẫn



CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

- Chất bán dẫn (tt):
 - Tại trạng thái cân bằng về nhiệt ($T=\text{const}$), số lượng điện tử di chuyển từ vùng hoá trị lên vùng dẫn và, ngược lại, từ vùng dẫn xuống vùng hoá trị là cân bằng nhau
 - Muốn tạo ra ánh sáng (số lượng photon phát ra nhiều hơn số photon bị hấp thụ) thì cần tạo ra một trạng thái gọi là “nghịch đảo mật độ” (population conversion)



NGUỒN QUANG (LIGHT SOURCE)

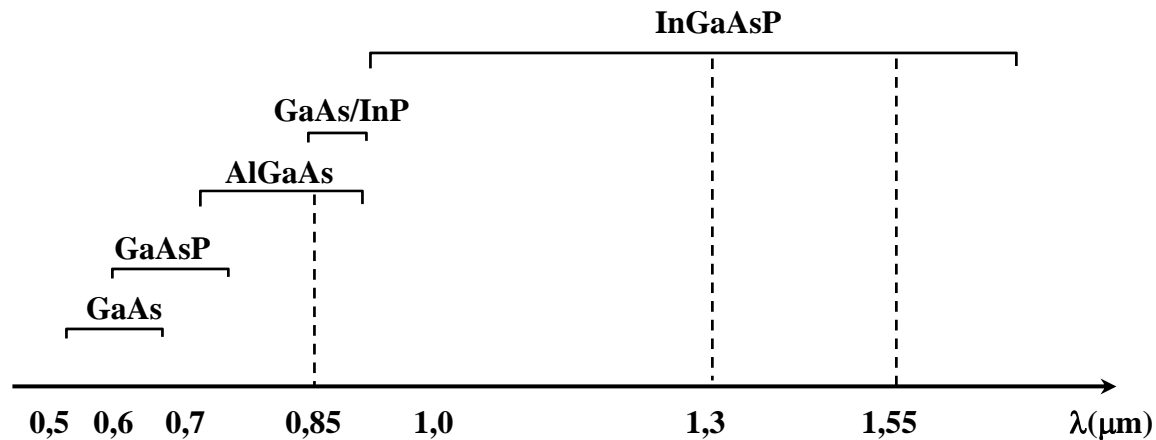
- Định nghĩa:

Nguồn quang là linh kiện biến đổi tín hiệu điện thành tín hiệu ánh sáng có công suất tỷ lệ với dòng điện chạy qua nó.
- Có hai loại nguồn quang:
 - LED (Light Emitting Diode)
 - Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)
- Bước sóng do nguồn quang tạo ra chỉ phụ thuộc vào vật liệu chế tạo:

$$\lambda = \frac{hc}{E_g (J)} \qquad \lambda(\mu m) = \frac{1,24}{E_g (eV)}$$

NGUỒN QUANG (LIGHT SOURCE)

- Trong TTQ, nguồn quang được chế tạo bằng vật liệu bán dẫn, gồm các vật liệu nhóm III và V kết hợp với nhau.
→ GaP, GaAsP, AlGaAs, GaAs, InP, InGaAsP



$\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$: thay đổi các giá trị x,y phù hợp sẽ tạo ra ánh sáng có bước sóng thích hợp



NGUỒN QUANG (LIGHT SOURCE)

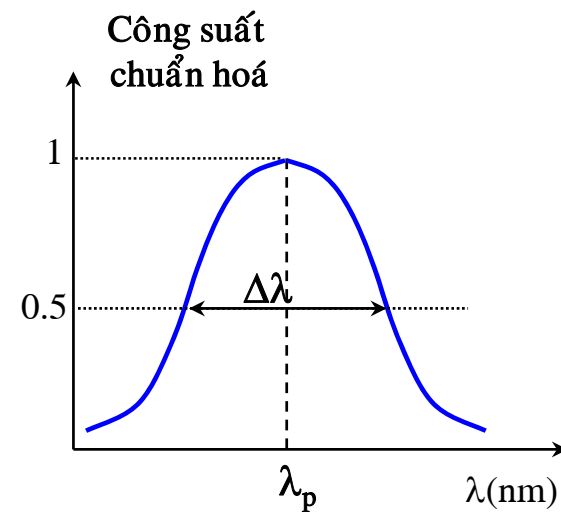
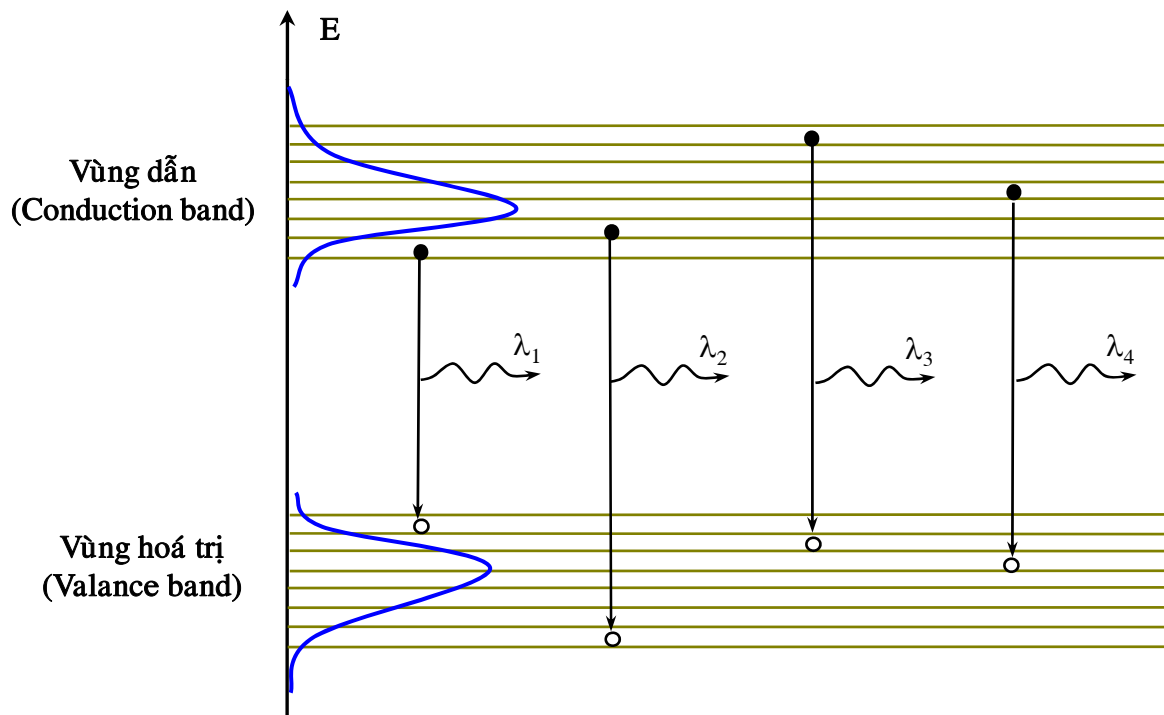
- Độ rộng phổ:
 - Trong TTQ, ánh sáng do nguồn quang phát ra không phải tại một bước sóng mà tại một khoảng bước sóng:
 - + Các điện tử nằm trong một vùng năng lượng chứ không phải ở một mức năng lượng
 - + Các điện tử khi chuyển từ các mức năng lượng E_j trong vùng dẫn xuống mức năng lượng E_i trong vùng hoá trị sẽ tạo ra photon có bước sóng:

$$\lambda_{ij}(\mu m) = \frac{1,24}{E_{ij}(eV)} \quad \text{với } E_{ij} = E_j - E_i$$

- + Do có nhiều mức năng lượng khác nhau trong các vùng năng lượng nên sẽ có nhiều bước sóng ánh sáng được tạo ra

NGUỒN QUANG (LIGHT SOURCE)

■ Độ rộng phổ (tt):



$$\lambda_{ij} (\mu m) = \frac{1,24}{E_{ij} (eV)} \quad \text{với } E_{ij} = E_j - E_i$$



NGUỒN QUANG (LIGHT SOURCE)

- Độ rộng phổ (tt):
 - Phân bố mật độ điện tử trong vùng dẫn và vùng hoá trị không đều nhau → công suất phát quang tại các bước sóng khác nhau không đều nhau
 - Bước sóng có công suất lớn nhất được gọi là bước sóng trung tâm. Bước sóng này thay đổi theo nhiệt độ do phân bố mật độ điện tử trong các vùng năng lượng thay đổi theo nhiệt độ.
 - Độ rộng phổ: khoảng bước sóng ánh sáng do nguồn quang phát ra có công suất bằng 0.5 lần công suất đỉnh
 - Độ rộng phổ làm tăng tán sắc của sợi quang → hạn chế cự ly và tốc độ bit truyền của tín hiệu
- **Làm cách nào để giảm độ rộng phổ của nguồn quang?**

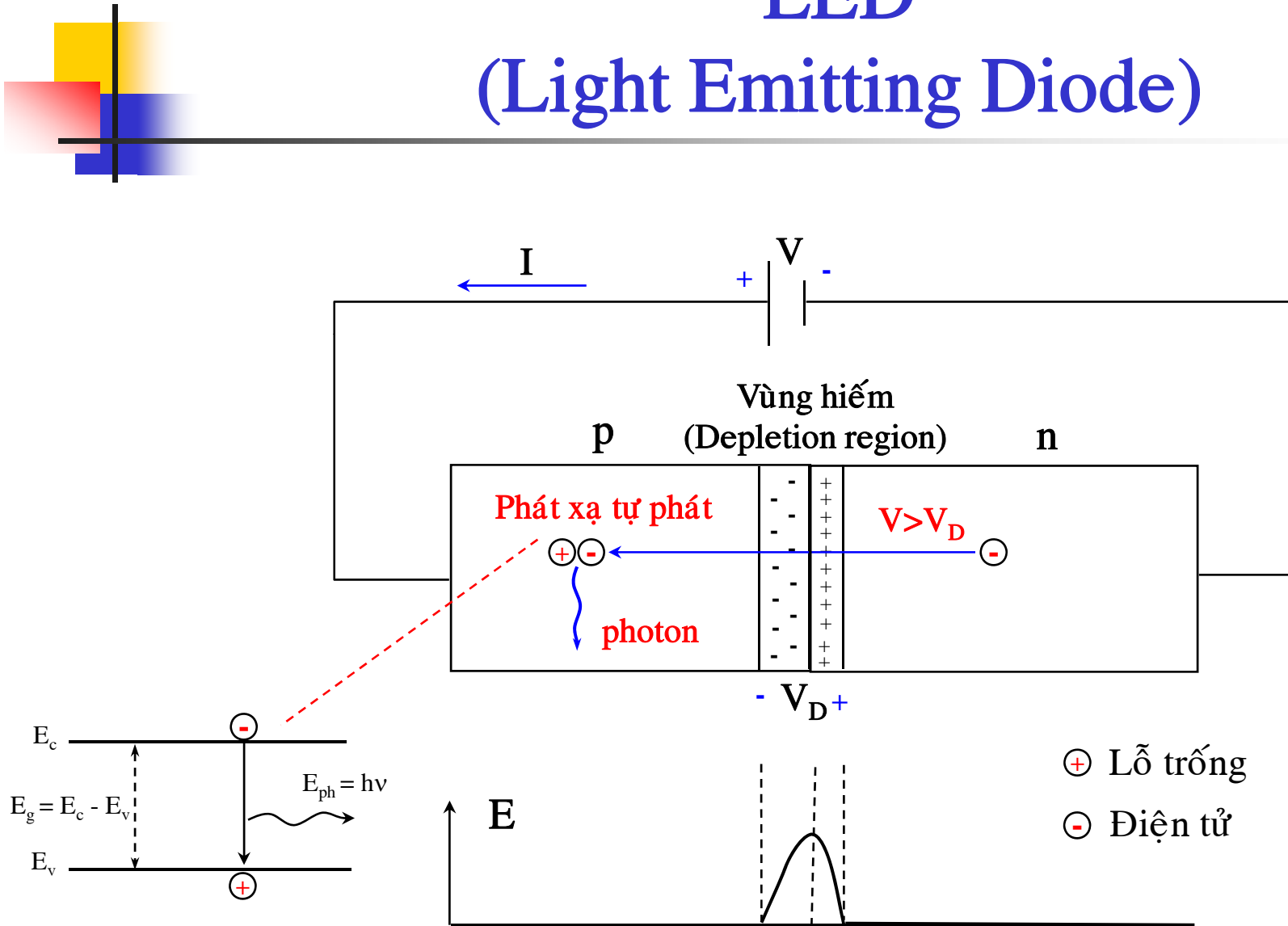


LED

(Light Emitting Diode)

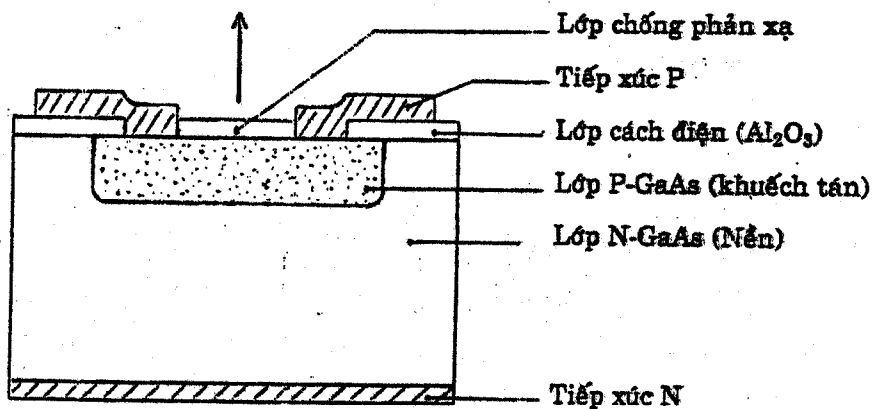
- Nguyên lý hoạt động: dựa trên hiện tượng phát xạ tự phát
- Cấu tạo:
 - Phát triển từ diode bán dẫn \rightarrow tiếp giáp pn được phân cực thuận
 - Trên thực tế, LED có cấu trúc phức tạp hơn, gồm nhiều lớp bán dẫn để đáp ứng đồng thời các yêu cầu kỹ thuật của một nguồn quang
- Quá trình phát quang:

LED (Light Emitting Diode)

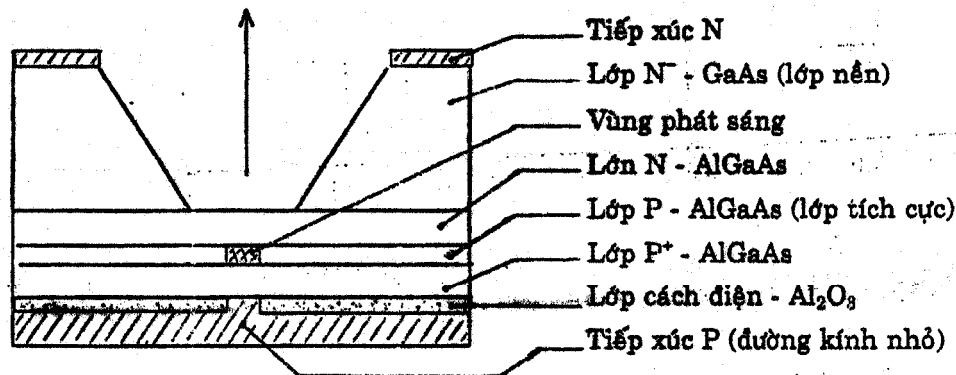


LED

(Light Emitting Diode)



Cấu trúc LED tiếp xúc mặt GaAs



Cấu trúc LED Burrus

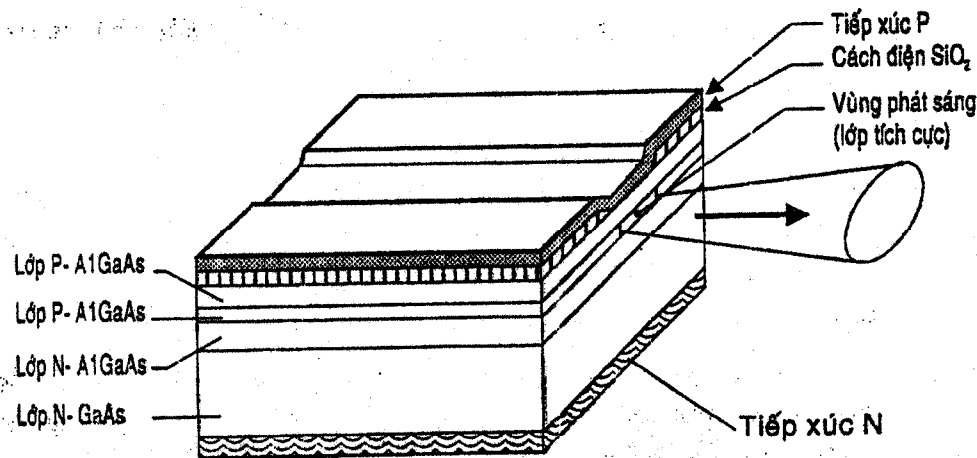
■ Phân loại:

- LED phát xạ mặt **SLED** (Surface LED):
 - + Ánh sáng phát ra ở phía mặt của LED
 - + Hiệu suất ghép ánh sáng vào sợi quang thấp
 - + LED tiếp xúc mặt GaAs, LED Burrus ...

LED

(Light Emitting Diode)

- LED phát xạ cạnh **ELED** (Edge LED):
 - + Các điện cực tiếp xúc (bằng kim loại) phủ kín mặt trên và đáy
 - + Ánh sáng phát ra và được giữ trong lớp tích cực (active layer)
 - + Lớp tích cực rất mỏng, làm bằng vật liệu có chiết suất lớn kẹp giữa hai lớp P và N có chiết suất nhỏ hơn → ống dẫn sóng
 - + Ánh sáng phát ra ở hai đầu ống dẫn sóng này → phát xạ cạnh
 - + Một đầu của ống dẫn sóng được nối với sợi quang
 - + Vùng phát sáng hẹp, góc phát sáng nhỏ → hiệu suất ghép ánh sáng vào sợi quang lớn.



Cấu trúc LED phát xạ cạnh (ELED)

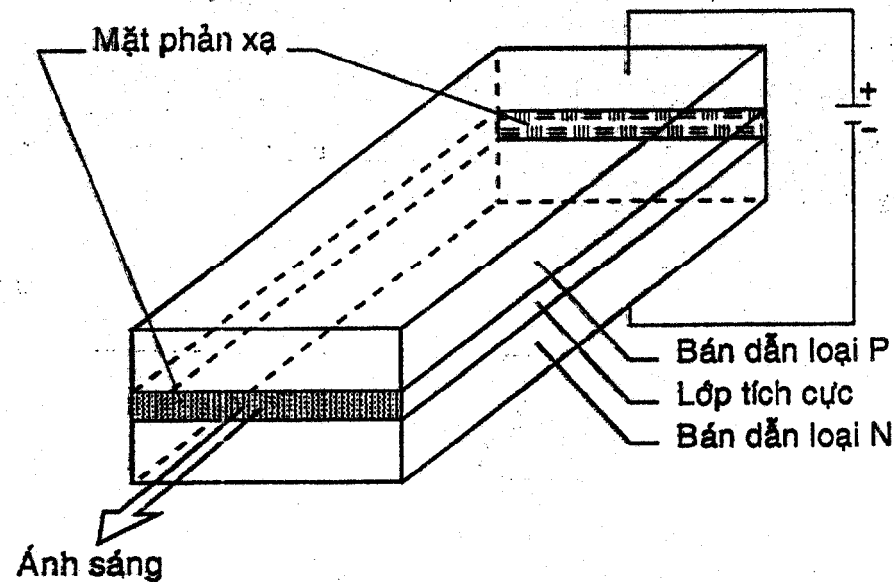
LASER

(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

- Nguyên lý hoạt động: dựa trên hai hiện tượng:
 - Phát xạ kích thích → khuếch đại ánh sáng
 - Cộng hưởng → chọn lọc tần số (bước sóng)
- Cấu tạo của laser Fabry-Perot:
 - Cấu trúc nhiều lớp bán dẫn p, n
 - Ánh sáng phát ra và được giữ trong lớp tích cực (active layer)
 - Lớp tích cực rất mỏng, làm bằng vật liệu có chiết suất lớn kẹp giữa hai lớp P và N có chiết suất nhỏ hơn → ống dẫn sóng
 - Ánh sáng phát ra ở phía cạnh → phát xạ cạnh (giống ELED)
 - Ở hai đầu lớp tích cực phủ hai lớp phản xạ tạo thành *hốc cộng hưởng Fabry-Perot* → ánh sáng được tạo ra và phản xạ qua lại trong hốc cộng hưởng này
 - Ánh sáng được đưa ra ngoài qua một phần được cắt ngắn của một mặt phản xạ

LASER

(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)



LASER

(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

- Ánh sáng phát ra theo chiều dọc của hốc cộng hưởng sẽ bị phản xạ qua lại giữa hai mặt phản xạ.
- Trong quá trình di chuyển theo chiều dọc của hốc cộng hưởng sẽ xảy ra đồng thời 3 hiện tượng:
 - Hấp thụ $\rightarrow n_{\text{absorption}}$ photon bị hấp thụ
 - Phát xạ tự phát $\rightarrow n_{\text{spontaneous}}$ photon được tạo ra
 - Phát xạ kích thích $\rightarrow n_{\text{stimulated}}$ photon được tạo ra
- Điều kiện để ánh sáng được khuếch đại trong quá trình phản xạ qua lại giữa hai hốc cộng hưởng là:

$$n_{\text{spontaneous}} + n_{\text{stimulated}} > n_{\text{absorption}}$$

\rightarrow *Xác suất để xảy ra phát xạ photon phải lớn hơn so với việc photon bị hấp thụ*

LASER

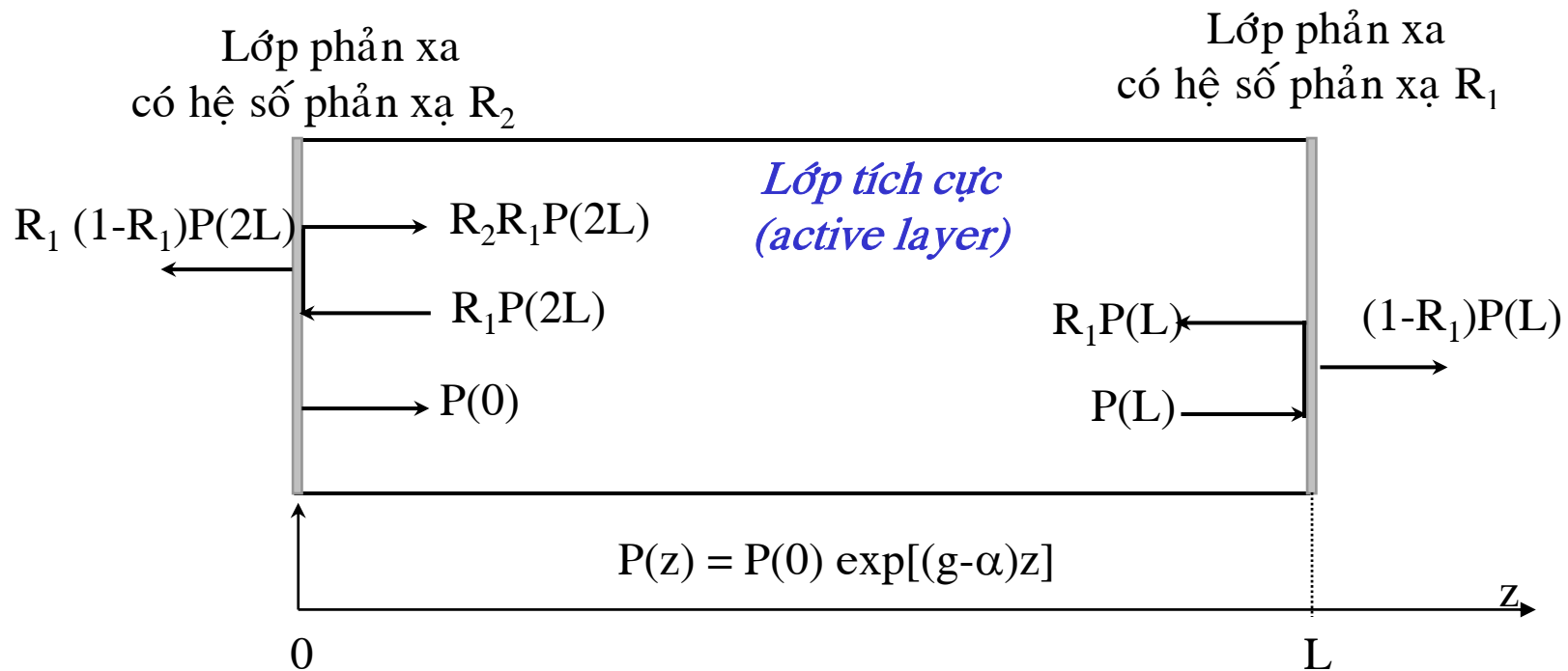
(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

- Điều này có nghĩa là số electron nằm ở vùng dẫn n_2 (có năng lượng cao E_2) phải nhiều hơn số photon nằm ở vùng hóa trị n_1 (có năng lượng thấp E_1)
→ *trạng thái nghịch đảo nồng độ (population inversion)*
- Ở trạng thái bình thường: $n_1 > n_2$
→ để có thể đạt được điều kiện này cần phải cung cấp năng lượng từ bên ngoài đủ lớn
- Đối với laser bán dẫn, nguồn năng lượng bên ngoài này được cung cấp dưới dạng dòng điện
→ Dòng điện tối thiểu để có thể xảy ra quá trình khuếch đại ánh sáng được gọi là *dòng ngưỡng*

LASER

(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

- Điều kiện về công suất: $g > \alpha - (1/2L) \cdot \ln(R_1 R_2)$
 - g, α là hệ số khuếch đại và hệ số suy hao trong hốc cộng hưởng
 - g, α phụ thuộc vào dòng điện kích thích



LASER

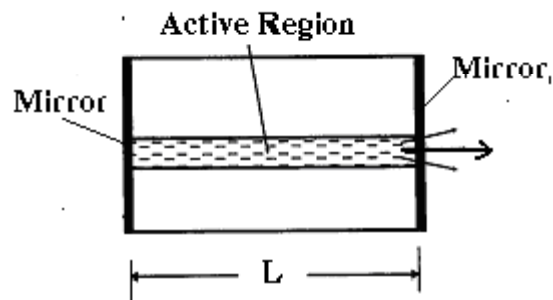
(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

- Ngoài ra, một sóng ánh sáng có thể tồn tại và được khuếch đại ra trong hốc cộng hưởng còn phải thỏa điều kiện sau:

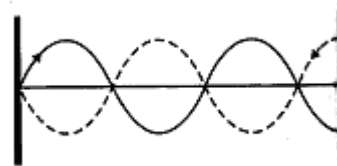
$$\lambda = 2L/m \quad \text{hay} \quad L = m.\lambda/2$$

với L là chiều dài của hốc cộng hưởng; $m = 1, 2, 3, \dots$

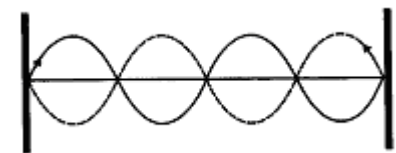
→ Đặc tính chọn lọc bước sóng của hốc cộng hưởng quang



a) Hốc cộng hưởng Fabry-Perot



b) Không cộng hưởng



c) Cộng hưởng

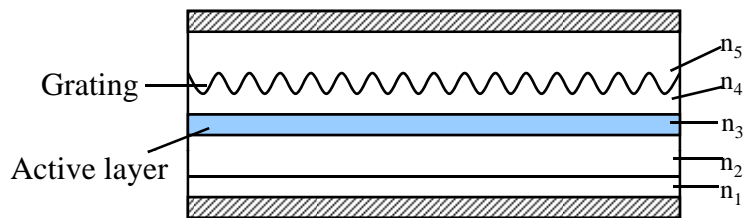
LASER

(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

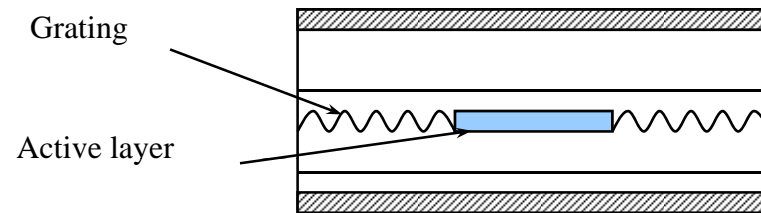
- Phổ phát xạ của laser là tổng hợp đặc tuyến khuếch đại của dãy năng lượng và đặc tuyến chọn lọc của hốc cộng hưởng
→ Ánh sáng do laser phát ra có độ rộng phổ hẹp hơn nhiều so với LED
- Phân loại:
 - Laser Fabry-Perot
 - Laser hồi tiếp phân bố DFB (Distributed Feedback Laser)
 - Laser phản xạ Bragg phân bố DBR (Distributed Bragg Reflective Laser)
 - Laser hốc ghép C³ (Cleaved Coupled Cavity Laser)
 - Laser hốc ngoài (External Cavity Laser)

LASER

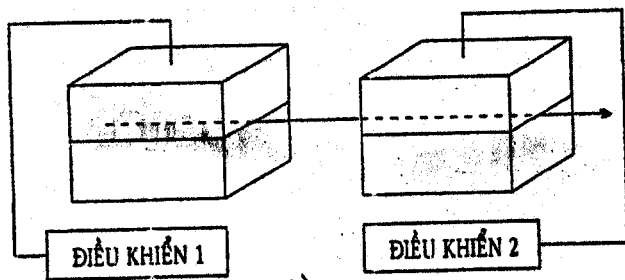
(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)



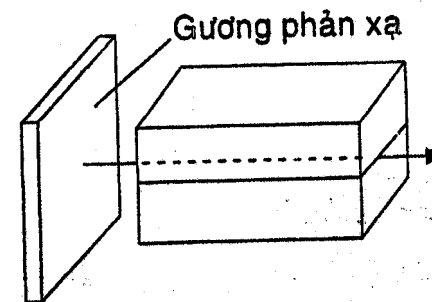
Nguyên lý cấu tạo DFB Laser



Nguyên lý cấu tạo của DBR Laser



Nguyên lý cấu tạo của C³ Laser (Cleaved-Coupled-Cavity Laser)



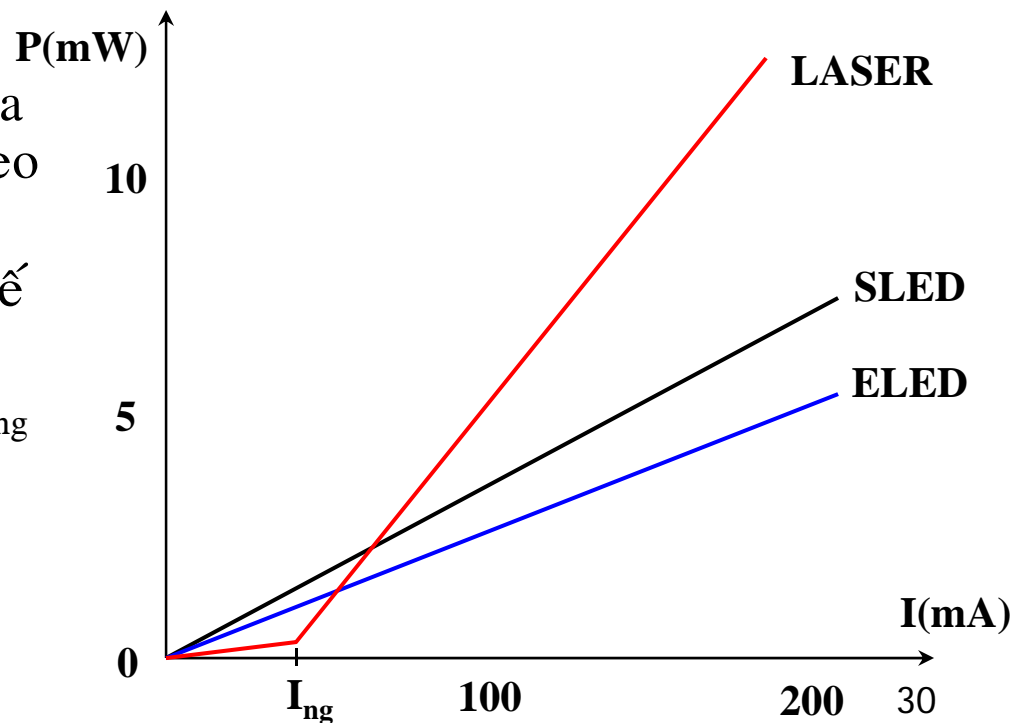
Nguyên lý cấu tạo của External Cavity Laser

CÁC ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA NGUỒN QUANG

- Công suất phát quang:
 - Là công suất tổng cộng mà nguồn quang phát ra
 - Phụ thuộc vào dòng điện kích thích

- Đặc tuyến P-I:

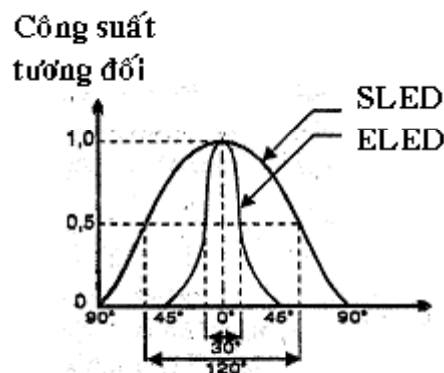
- Công suất phát quang của nguồn quang thay đổi theo dòng điện kích thích.
- Laser chỉ hoạt động ở chế độ phát xạ kích thích khi dòng điện kích thích $I > I_{ng}$
- I_{ng} : dòng ngưỡng
- SLED có công suất phát quang lớn hơn ELED



CÁC ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA NGUỒN QUANG

■ Góc phát quang:

- Công suất ánh sáng do nguồn quang phát ra cực đại ở trục phát và giảm dần theo góc hợp với trục
- Góc phát quang được xác định ở mức công suất quang giảm một nửa (3dB) so với mức cực đại



Góc phát quang của SLED và ELED

- Góc phát quang của SLED lớn hơn ELED
- Mặt bao của góc phát quang của Laser có mặt nón có đáy hình elip:
 - + Theo phương ngang với lớp tích cực: $5^\circ - 10^\circ$
 - + Theo vuông góc với lớp tích cực: 40°
- Góc phát quang của laser nhỏ \rightarrow mật độ năng lượng ánh sáng do laser phát ra lớn
 \rightarrow Ánh sáng do laser phát ra có thể gây hại mắt

CÁC ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA NGUỒN QUANG

■ Hiệu suất ghép quang:

– Định nghĩa:

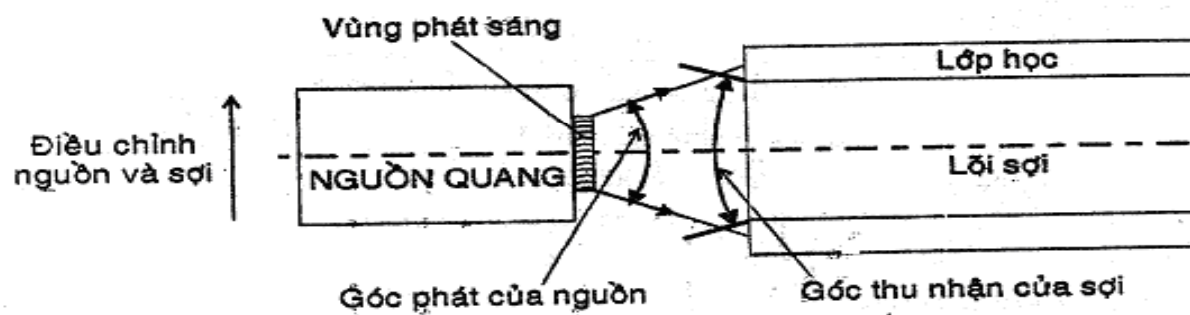
$$\eta = \frac{P_{opt}}{P_s}$$

P_{opt} : công suất quang ghép vào sợi

P_s : công suất phát quang của nguồn quang

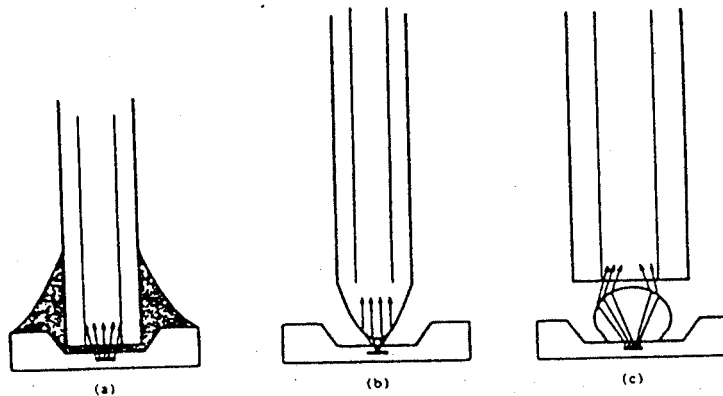
– Hiệu suất ghép quang phụ thuộc vào:

- + Kích thước vùng phát quang
- + Góc phát quang của nguồn
- + Góc thu nhận (hay NA) của sợi quang
- + Vị trí tương đối giữa nguồn quang và sợi quang
- + Bước sóng ánh sáng



CÁC ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA NGUỒN QUANG

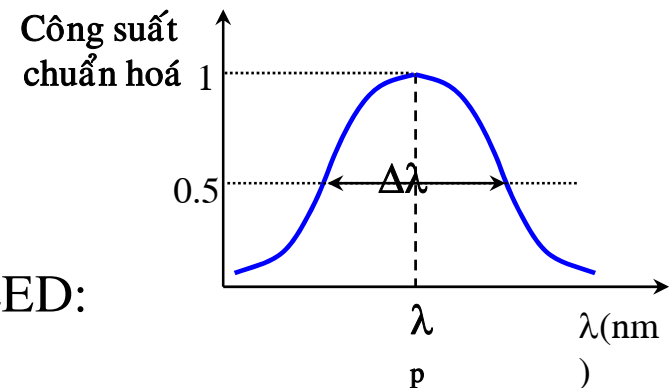
- Hiệu suất ghép quang (tt):
 - Hiệu suất ghép quang của một loại nguồn quang:
 - + SLED: 1-5%
 - + ELED: 5-15%
 - + Laser: - 60% đối với sợi đơn mode (SMF)
- 90% đối với sợi đa mod
 - Một số phương pháp ghép ánh sáng từ LED vào sợi quang:



CÁC ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA NGUỒN QUANG

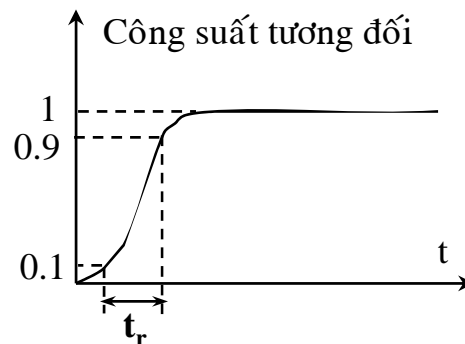
■ Độ rộng phổ (Spectral width):

- Nguồn quang phát ra công suất cực đại ở bước sóng trung tâm và giảm dần về hai phía
- Độ rộng phổ là khoảng bước sóng mà công suất quang không nhỏ hơn phân nửa mức công suất đỉnh
- Laser có độ rộng phổ rất hẹp so với LED:
 - + Laser: 1- 4 nm
 - + LED: 35-100nm
- Một số loại laser (DFB laser) được sử dụng trong kỹ thuật WDM có $\Delta\lambda < 0,1\text{nm}$



CÁC ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA NGUỒN QUANG

- Thời gian chuyển lên (Rise time):
 - Là thời gian để công suất ra tăng từ 10% đến 90% mức công suất ổn định khi có xung dòng điện kích thích nguồn quang



- Thời gian lên ảnh hưởng đến tốc độ bit của tín hiệu điều chế
→ Muốn điều chế ở tốc độ bit càng cao thì nguồn quang phải có thời gian chuyển càng nhanh
- Thời gian chuyển của Laser (không quá 1 ns) rất nhanh so với LED (2–50 ns tùy loại)



CÁC ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA NGUỒN QUANG

- Ảnh hưởng của nhiệt độ:
 - Bước sóng thay đổi khi nhiệt độ thay đổi
 - ảnh hưởng lớn đến hệ thống truyền dẫn quang ghép kênh phân chia theo bước sóng (WDM)
 - Dòng ngưỡng của Laser thay đổi khi nhiệt độ thay đổi ($+1\%/^{\circ}\text{C}$)
 - Laser chịu ảnh hưởng bởi nhiệt độ lớn hơn so với LED.
 - cần phải ổn định nhiệt cho Laser
 - Laser thường được chế tạo dưới dạng module, bao gồm các thành phần ổn định nhiệt cho Laser.



LINH KIỆN TÁCH SÓNG QUANG (PHOTO DETECTOR)

- Định nghĩa:

Linh kiện tách sóng quang là linh kiện biến đổi tín hiệu ánh sáng thành tín hiệu điện có cường độ dòng điện tỷ lệ với công suất ánh sáng chiếu vào nó.
- Nguyên lý hoạt động:
 - Mối tiếp giáp pn phân cực ngược
 - Hiện tượng hấp thụ (absorption)
- Có hai loại linh kiện tách sóng quang được sử dụng:
 - PIN: diode thu quang có 3 lớp bán dẫn P, I, N
 - APD (Avalanche Photodiode) : diode thác lũ
- Vùng bước sóng hoạt động của linh kiện thu quang phụ thuộc vào vật liệu chế tạo

LINH KIỆN TÁCH SÓNG QUANG (PHOTO DETECTOR)

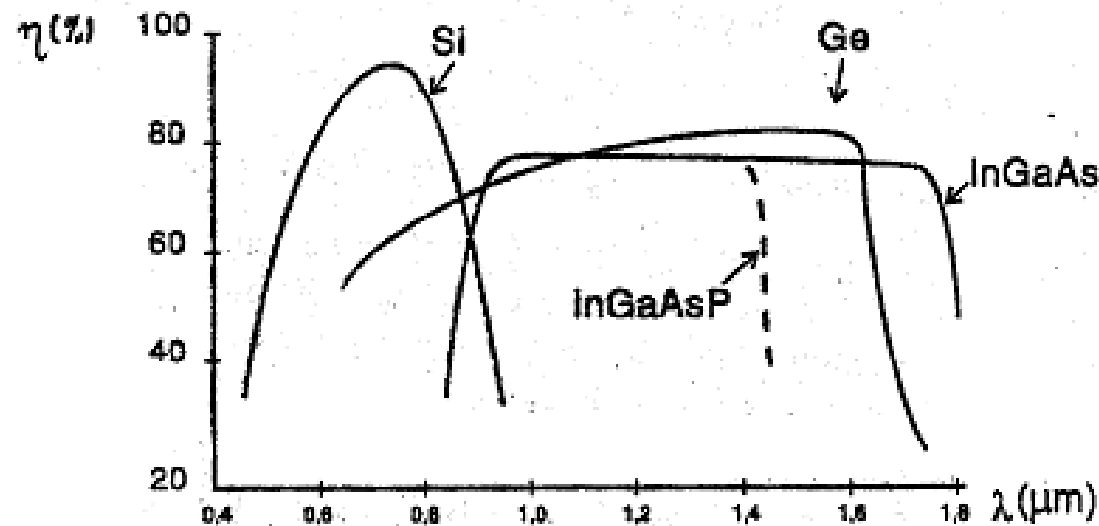
- Hiệu suất lượng tử (Quantum Efficiency)

$$\eta = \frac{n_e}{n_{ph}}$$

n_e : số lượng điện tử tách ra

n_{ph} : số lượng photon chiếu vào

- Hiệu suất biến đổi quang-điện
- η của mỗi vật liệu thay đổi theo bước sóng ánh sáng



CÁC ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA LINH KIỆN TÁCH SÓNG QUANG

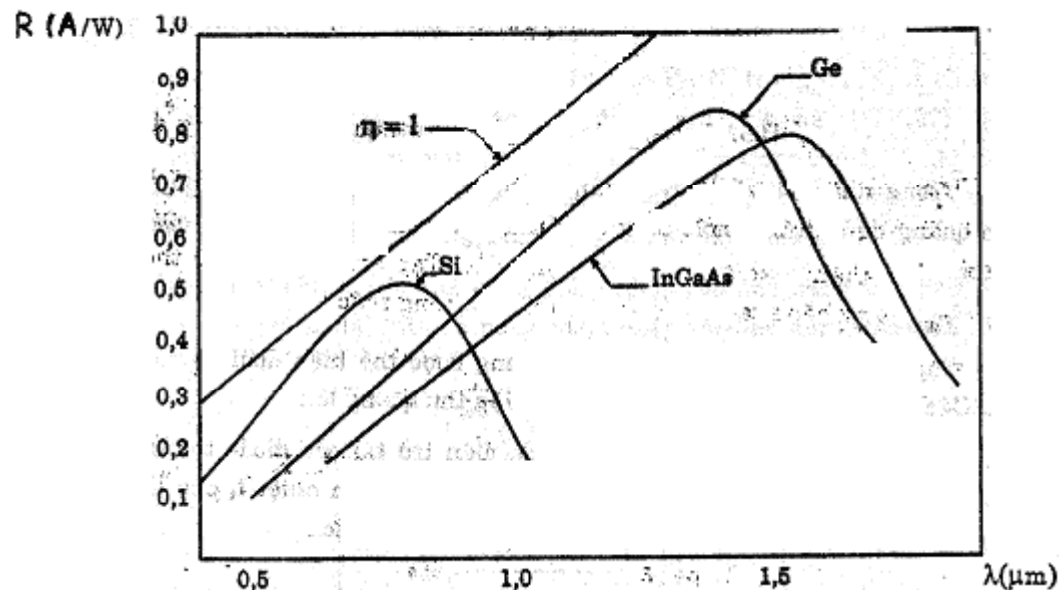
- Đáp ứng (Responsivity):

$$R = \frac{I_{ph}}{P_{opt}}$$

I_{ph} : dòng quang điện

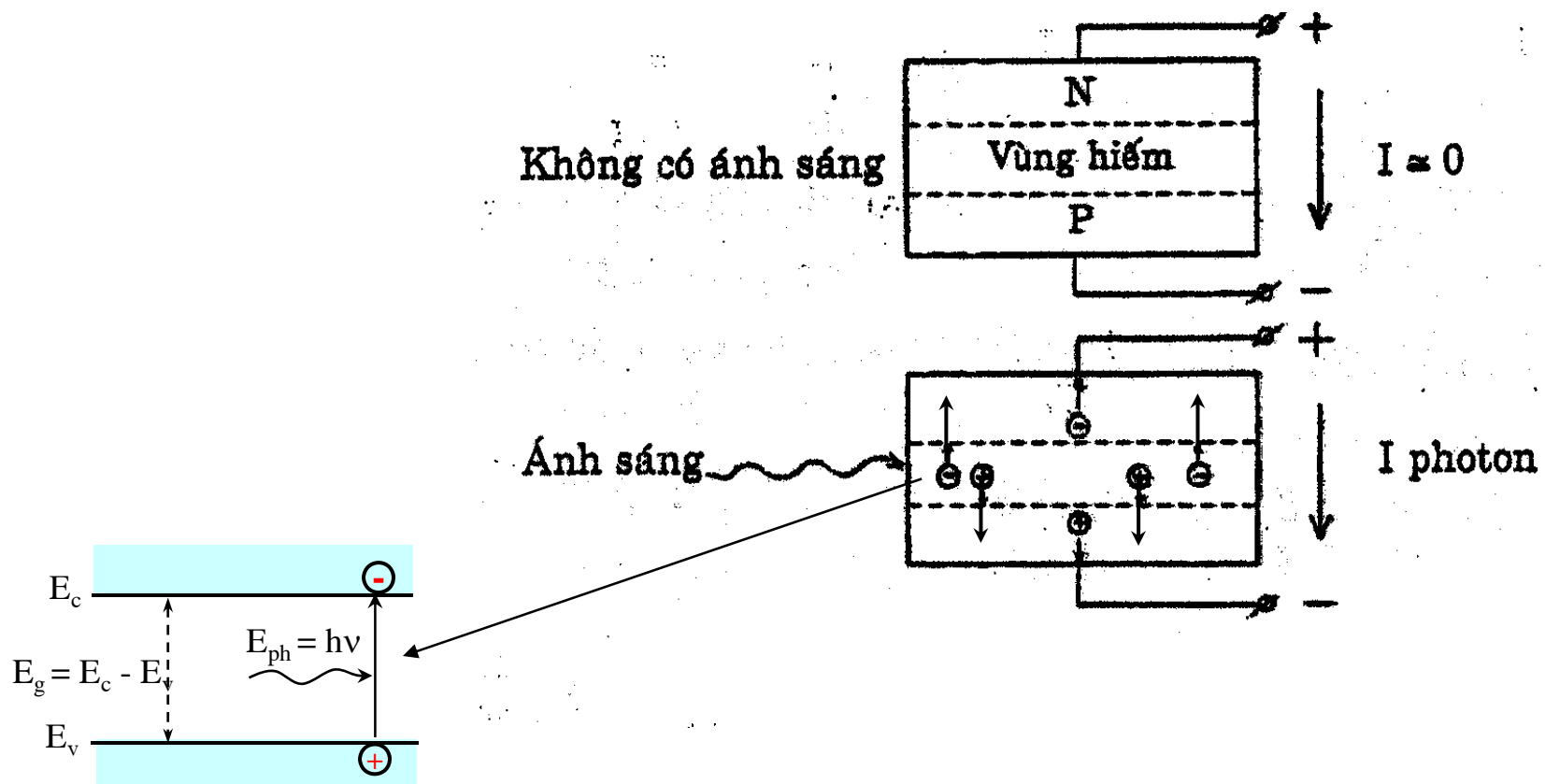
P_{opt} : công suất quang

- Phụ thuộc hiệu suất lượng tử của vật liệu bước sóng hoạt động



LINH KIỆN TÁCH SÓNG QUANG (PHOTO DETECTOR)

- Quá trình tách sóng quang:



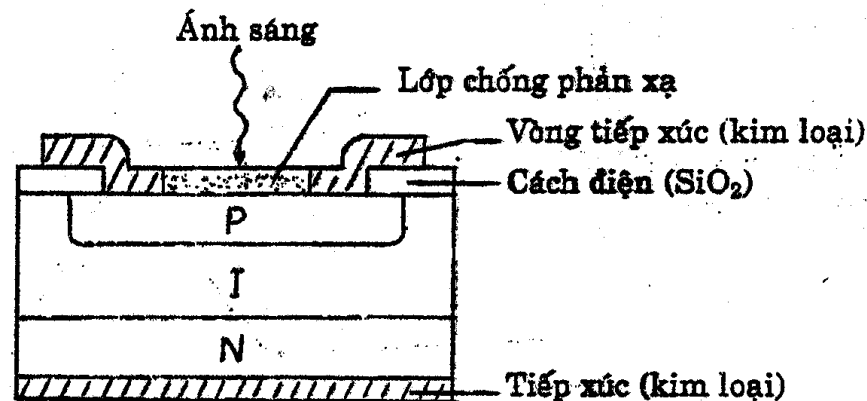


LINH KIỆN TÁCH SÓNG QUANG (PHOTO DETECTOR)

- Nhận xét:
 - Quá trình hấp thụ xảy ra chủ yếu trong vùng hiếm (vùng có ít các điện tích tự do)
 - Vùng hiếm được tạo ra tự nhiên → hẹp → hiệu suất thấp
 - Muốn tăng hiệu suất biến đổi quang-điện (hiệu suất lượng tử):
 - + Tăng độ rộng của vùng hiếm bằng cách tăng điện áp phân cực → không hiệu quả
 - + Đặt giữa hai lớp bán dẫn P và N một lớp bán dẫn có độ rộng lớn có tính chất tương tự như vùng hiếm
→ *diode thu quang PIN*

DIODE THU QUANG PIN

- Cấu tạo: gồm 3 lớp bán dẫn P-I-N, trong đó I (Intrinsic) là lớp bán dẫn không pha tạp chất hoặc pha với nồng độ rất thấp



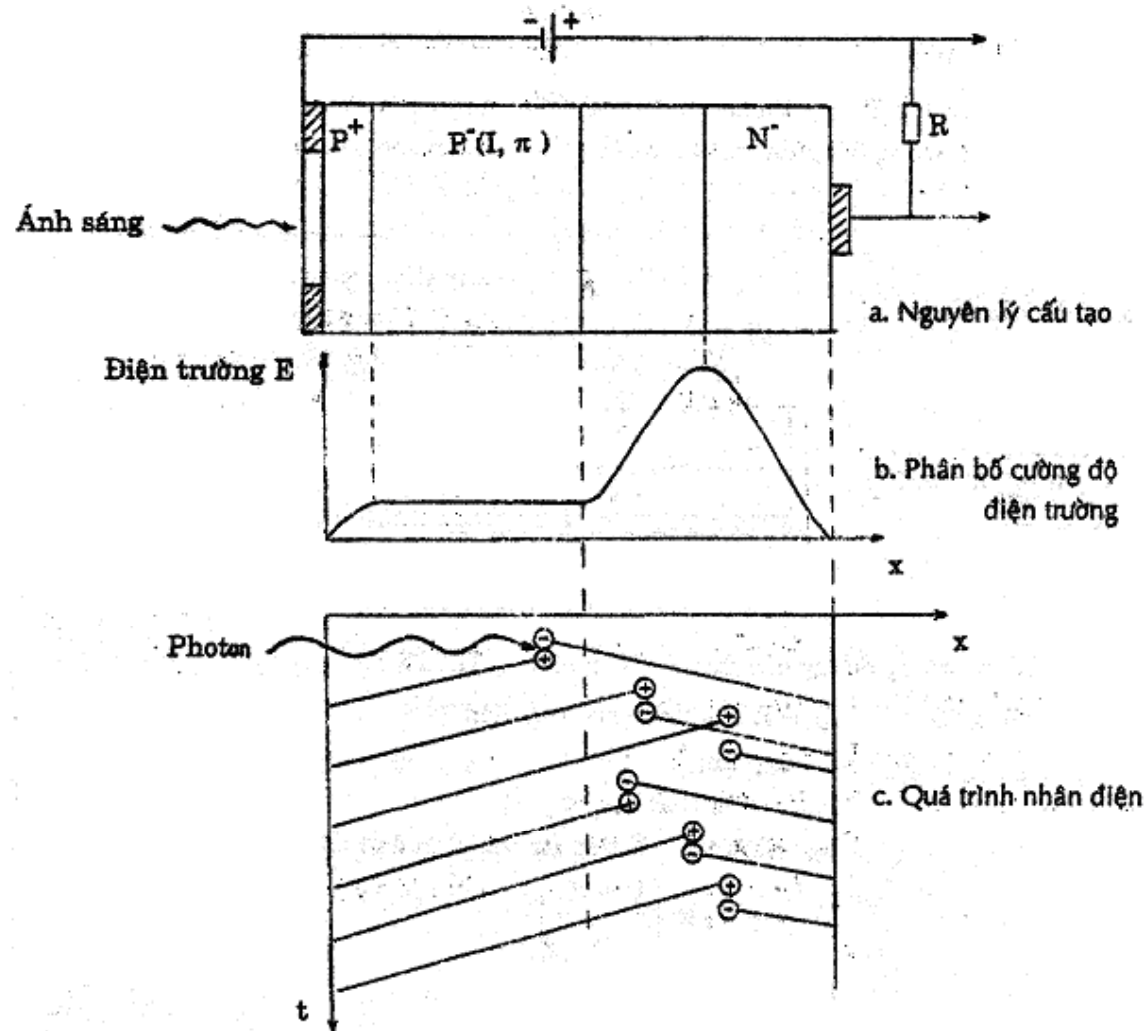
- Quá trình hấp thụ photon xảy ra trong lớp I
- Lớp I càng dày thì hiệu suất lượng tử càng cao nhưng thời gian trôi của các điện tử sẽ càng chậm → giảm khả năng hoạt động với tốc độ cao của PIN



DIODE THU QUANG APD (Avalanche Photo Diode)

- Cấu tạo: gồm 4 lớp P⁺ P-P N⁻, trong đó P⁺ và N⁻ là hai lớp bán dẫn có nồng độ tạp chất rất cao, còn P⁻ là lớp bán dẫn có nồng độ tạp chất rất thấp (thay cho lớp I của PIN)
- Quá trình biến đổi quang-điện:

DIODE THU QUANG APD (Avalanche Photo Diode)





DIODE THU QUANG APD (Avalanche Photo Diode)

- Hiệu suất lượng tử trong APD: $\eta > 1$
- Dòng quang điện do APD tạo ra:

$$I_{ph} = R.M.P_{opt}$$

R: đáp ứng (A/W)

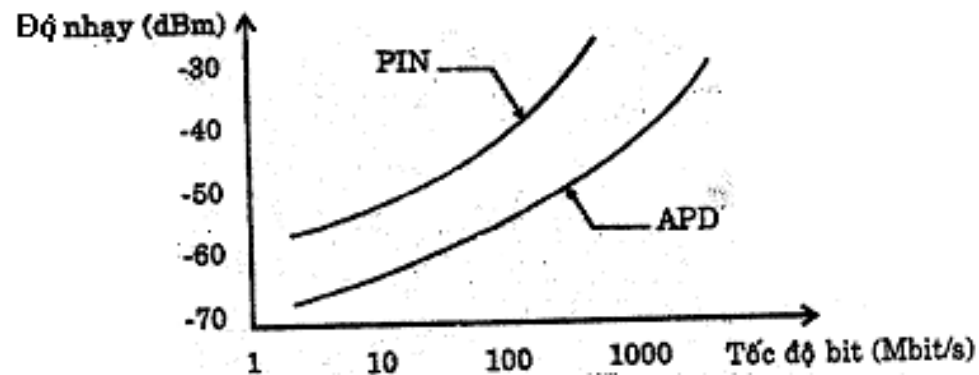
M: hệ số nhân

P_{opt} : công suất quang

- Hệ số nhân M:
 - Là số điện tử thứ cấp phát sinh ứng với một điện tử sơ cấp
 - Thay đổi theo điện áp phân cực ngược
 - Phụ thuộc vào nhiệt độ \rightarrow tính ổn định của APD kém
 - Vùng thác lũ càng lớn thì hệ số M càng lớn, nhưng thời gian trôi của điện tử càng chậm nên tốc độ hoạt động của APD giảm
 - $M = 10-1000$ lần, nhưng trên thực tế M được hiệu chỉnh bằng 50-200 lần để giảm nhiễu

CÁC ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA LINH KIỆN TÁCH SÓNG QUANG

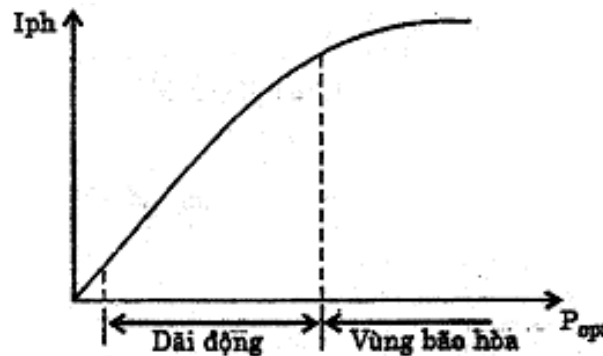
- Độ nhạy (Sensitivity):
 - Là mức công suất quang thấp nhất mà linh kiện thu quang có thể thu được với một tỷ số lỗi (BER) nhất định
 - Phụ thuộc vào loại linh kiện tách sóng quang và mức nhiễu của bộ khuếch đại điện
 - Tốc độ bit ruyền dẫn càng cao thì độ nhạy của thiết bị thu càng kém
 - APD nhạy hơn PIN (từ 5dB đến 15dB)



CÁC ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA LINH KIỆN TÁCH SÓNG QUANG

■ Dải động (Dynamic Range)

- Là khoảng chênh lệch giữa mức công suất quang cao nhất và mức công suất quang thấp nhất mà linh kiện thu quang có thể thu được trong một giới hạn tỷ số lỗi (BER) nhất định



- Phụ thuộc vào loại linh kiện tách sóng quang, độ tuyến tính và giới hạn bão hoà của bộ khuếch đại thu
- Dải động của APD rộng hơn so với PIN vì có thể điều chỉnh được bằng cách thay đổi điện áp phân cực để thay đổi hệ số nhân M .



CÁC ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA LINH KIỆN TÁCH SÓNG QUANG

- Tạp âm (Noise):

- Tạp âm nhiệt:

- + Do điện trở tải của diode thu quang cũng như trở kháng vào của bộ khuếch đại

- + Phụ thuộc vào nhiệt độ, bề rộng băng tạp âm, điện trở tải:

$$I_t^2 = \frac{4KT}{R} \cdot B$$

- Tạp âm lượng tử:

- + Do biến động ngẫu nhiên năng lượng của các photon đập vào diode thu quang

- + Dòng tạp âm lượng tử: $I_q^2 = 2e \cdot R \cdot P_{opt} \cdot B = 2e \cdot I_{ph} \cdot B$

- Tạp âm dòng tối:

- + Dòng điện nhiễu do các diode thu quang phát ra khi không có ánh sáng chiếu vào

- + Dòng tối: $I_q^2 = 2e \cdot i_D \cdot B$



CÁC ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA LINH KIỆN TÁCH SÓNG QUANG

- **Độ ổn định:**

Độ ổn định của PIN tốt hơn APD vì hệ số nhân M của APD vừa phụ thuộc vào điện áp phân cực vừa thay đổi theo nhiệt độ

- **Điện áp phân cực:**

- APD cần điện áp phân cực cao hơn PIN
- APD: hàng trăm Volt
- PIN: thường dưới 20 volt



Thông tin quang

Nguyễn Thị Quỳnh Hoa

Khoa Công Nghệ, Đại học Vinh

* hoadhv@gmail.com



Nội dung

- ❖ **Tổng quan về hệ thống thông tin quang**
- ❖ **Cơ sở thông tin quang**
 - ✓ Sợi quang
 - ✓ Nguồn quang
 - ✓ Bộ thu quang
- ❖ **Công nghệ SDH và WDM**
- ❖ **Thiết kế tuyến thông tin quang**



Tài liệu tham khảo

1. Hoàng Ứng Huyền, “Kỹ thuật thông tin quang”, Tổng cục bưu điện, 1993.
2. Kỹ thuật thông tin quang, NXB Bưu điện, 1997.
3. Thông tin quang và thông tin vô tuyến, LG, 1997.
4. Y. Suematsu and K. Iga, “Introduction to Optical Fiber Communications”, John Wiley & Sons, 1982, ISBN 0-471-09143-X
5. M. M-K. Liu, “Principles and Applications of Optical Communications”, IRWIN, 1996, ISBN 0-256-16415-0.
6. G. Keiser, “Optical Fiber Communications”, McGraw-Hill, 3rd edition, 2000, ISBN 0-07-232101-6.



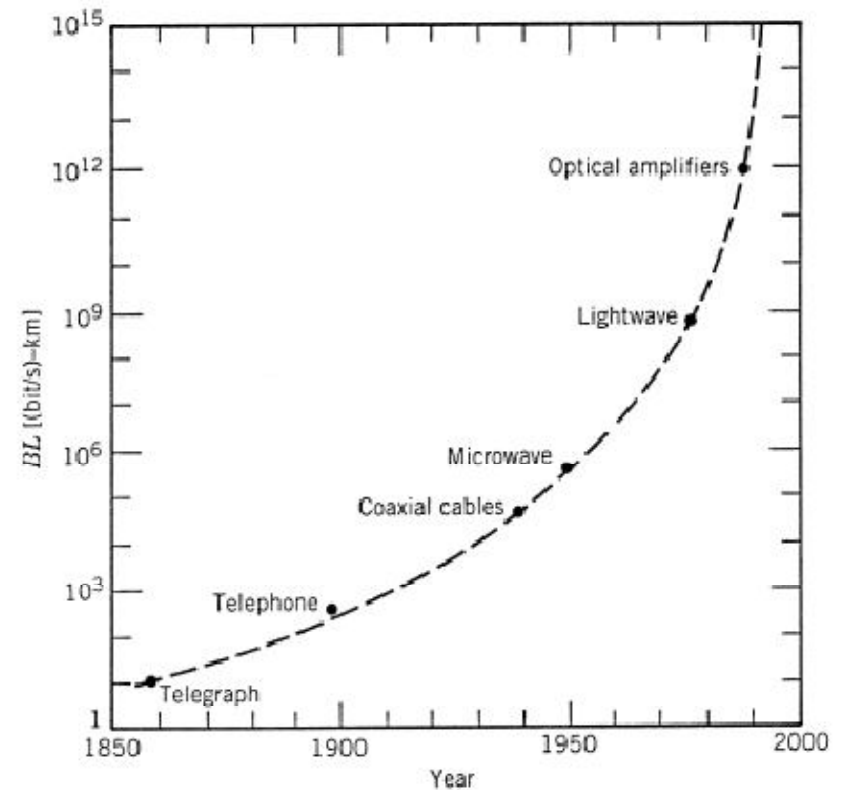
Tổng quan về hệ thống thông tin quang

- Lịch sử phát triển của ngành thông tin quang
- Các ưu điểm của hệ thống thông tin cáp sợi quang
- Các thành phần cơ bản trong hệ thống thông tin quang
- Xu hướng phát triển của hệ thống thông tin quang



Lịch sử phát triển của ngành thông tin quang

- 1960: T. H. Maiman phát minh ra laser.
- 1966: K.C. Kao và G. A. Hockham phát minh ra sợi quang. Suy hao lớn: 1000 dB/km.
- 1970: K. P. Kapron chế tạo sợi quang suy hao 20 dB/km ở bước sóng $1\mu\text{m}$.
 - GaAs laser: được chế tạo thành công
- 1980: hệ thống thông tin quang được sử dụng rộng rãi



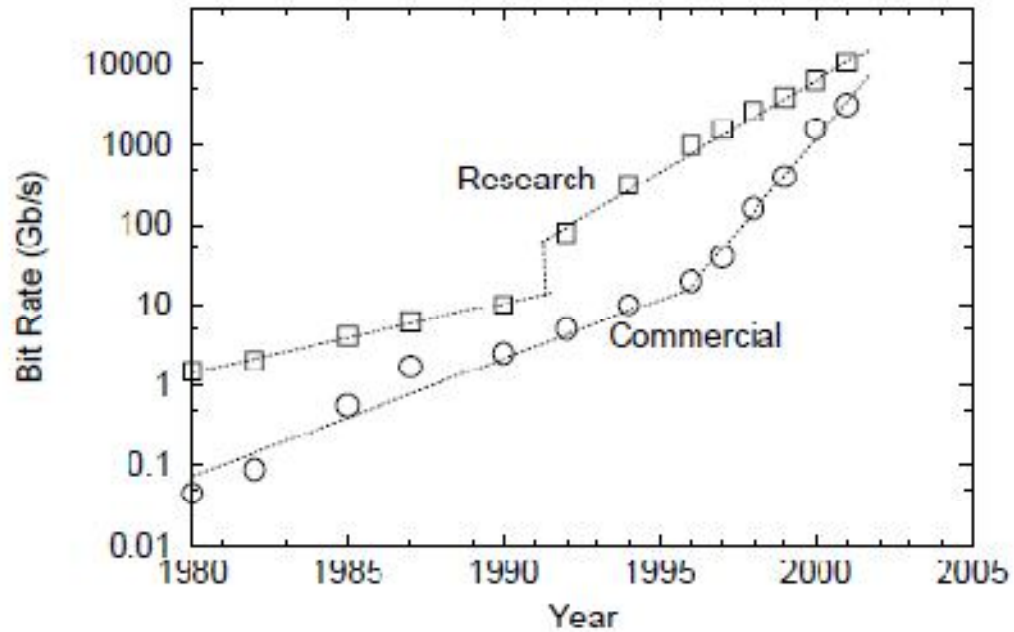
BL: Bit-rate – distance product

B: Bit-rate (Mb/s)

L: Repeater distance



Lịch sử phát triển của ngành thông tin quang

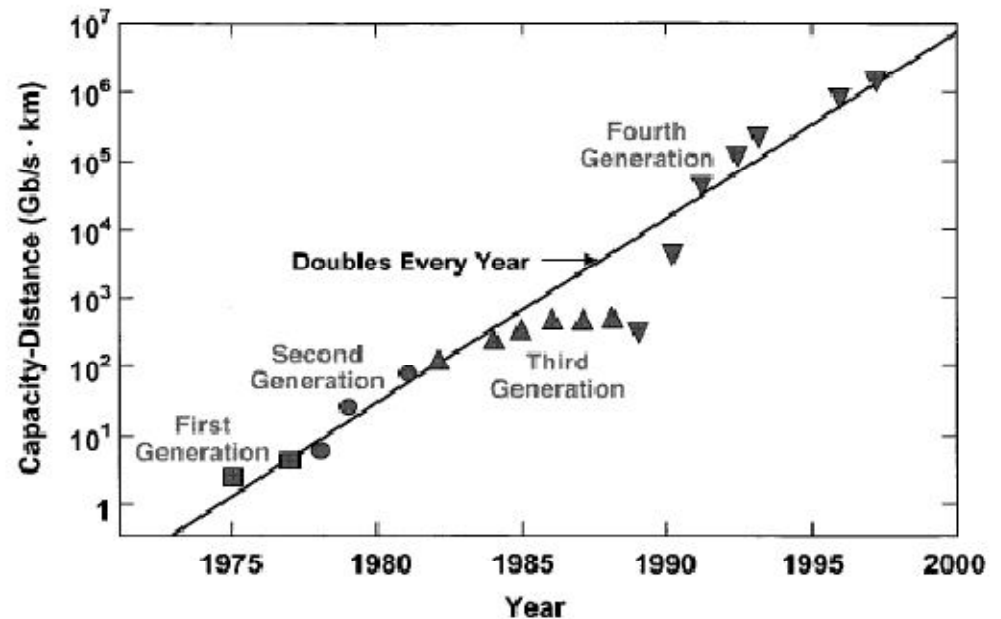


Sự phát triển của thông tin quang

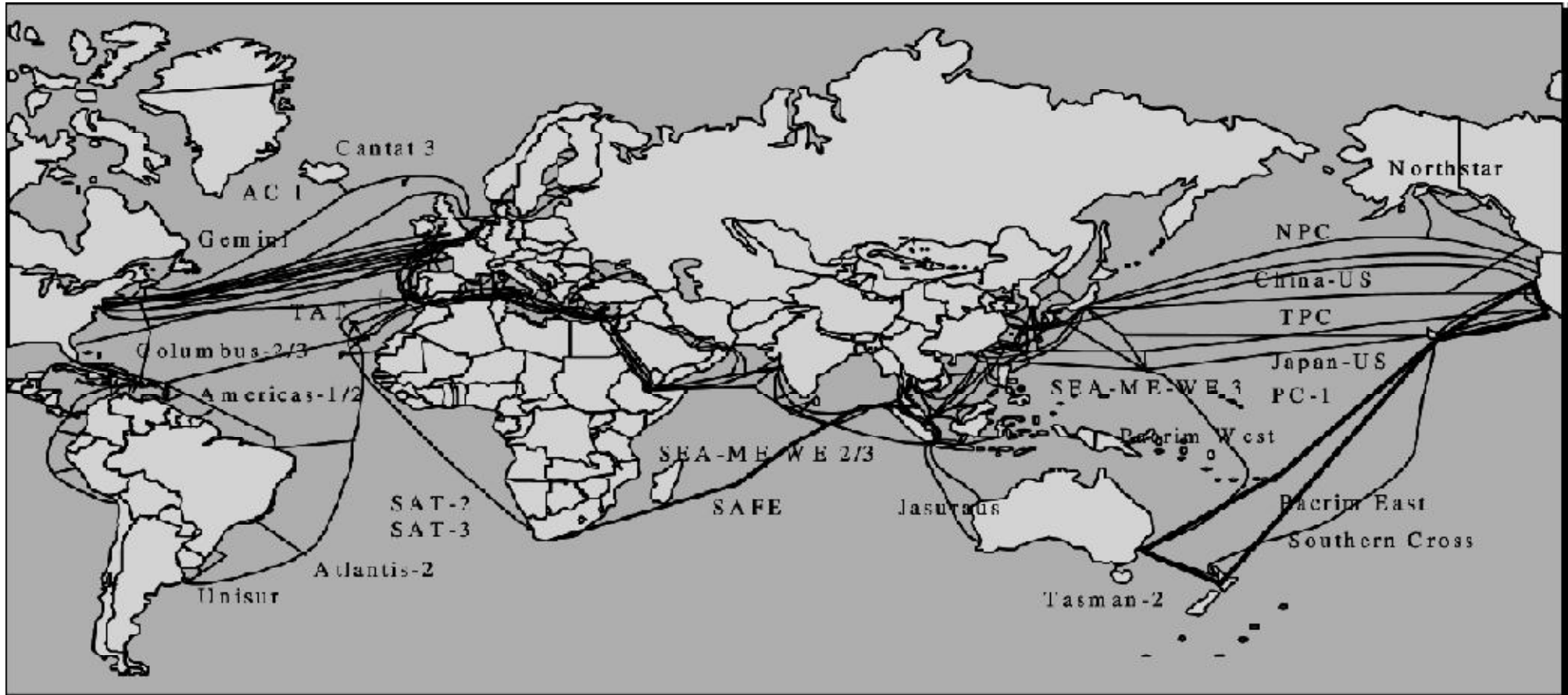


Lịch sử phát triển của ngành thông tin quang

- 1G: 0.8 μm và GaAs.
- 2G: 1.3 μm và InGaAsP (0.5dB/km)
- 3G: 1.55 μm và InGaAsP (0.2dB/km)
- 4G: KĐ quang để tăng khoảng lặp & WDM (1.53-1.57 μm) để tăng dung lượng.
- 5G: tăng khoảng bước sóng trên 1 kênh WDM và dung lượng trên 1 kênh.
→ truyền dẫn soliton



Tổng quan về hệ thống thông tin quang



International undersea network of fiber-optic communication systems around 2000
27,000: Âu – Á (1998) và 35,000: Châu Mỹ (2000)
→ Internet: 250,000 km – 2.56 Tb/s (64 kênh WDM: 10 Gb/s trên 3 sợi quang) (2002)



Các ưu điểm của hệ thống thông tin cáp sợi quang

- Suy hao truyền dẫn thấp và băng thông rộng
- Không chịu ảnh hưởng của sóng điện từ
- Xuyên âm giữa các sợi dây không đáng kể
- Tránh được sự chập mạch điện hay bị nổi đất, sấm sét
- Độ an toàn và bảo mật thông tin cao, tuổi thọ dài và khả năng đề kháng với môi trường.
- Trọng lượng nhẹ, kích thước nhỏ
- Vật liệu chế tạo có rất nhiều trong thiên nhiên và có giá thành rẻ
- Nhược điểm: đấu nối khó và không truyền tải được năng lượng điện



Các thành phần của hệ thống thông tin quang

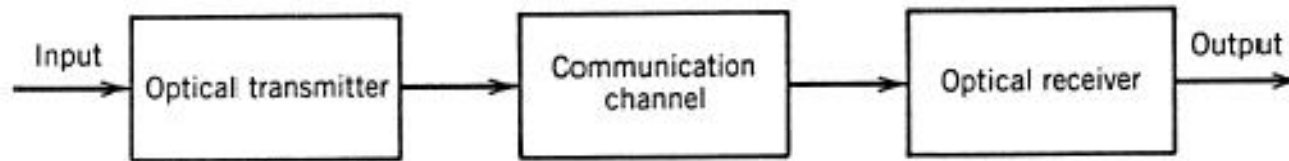


Figure 1.10: Generic optical communication system.

- Khối phát quang
- Khối thu quang
- Môi trường truyền dẫn: sợi quang



Khối phát quang

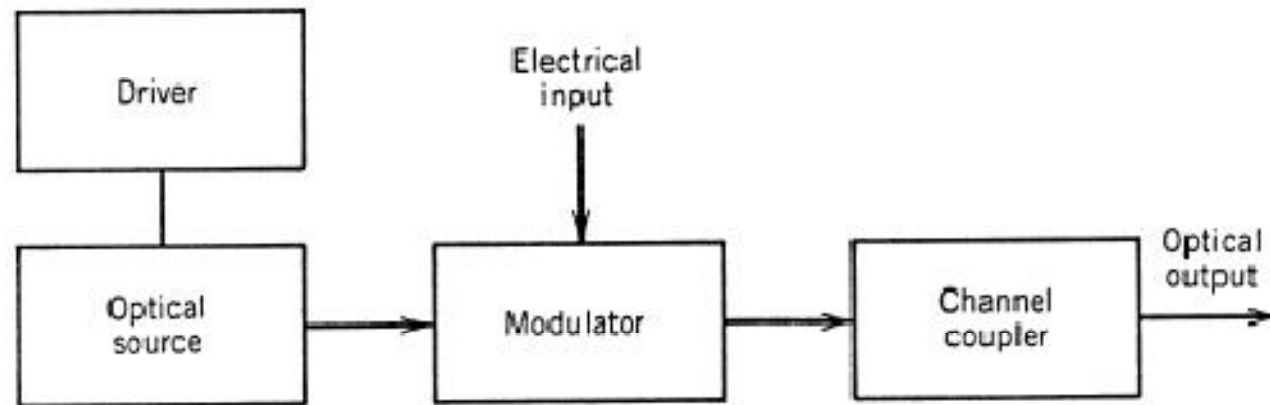


Figure 1.11: Components of an optical transmitter.

- Nguồn quang: laser bán dẫn hoặc LED
- Khối điều chế
- Bộ nối quang: ghép tín hiệu quang với sợi quang



Khối thu quang

⇒ **Biến đổi tín hiệu quang thành tín hiệu điện ban đầu. Bộ thu quang phải thích hợp với bộ phát cả về bước sóng sử dụng và phương thức điều chế.**

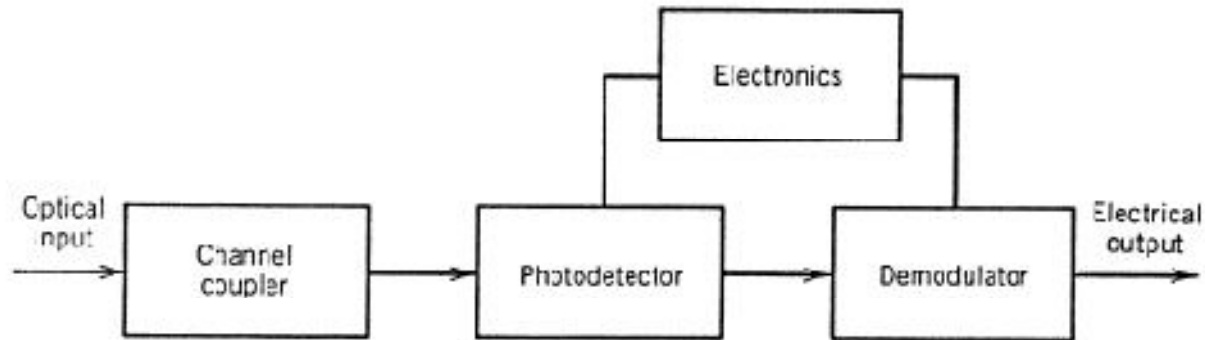


Figure 1.12: Components of an optical receiver

- Bộ nối quang: đưa tín hiệu quang từ sợi quang vào
- Bộ tách sóng quang: biến tín hiệu quang thành tín hiệu điện
- Bộ giải điều chế: khôi phục tín hiệu điện như ban đầu



Chương 2: Cơ sở thông tin quang

Nguyễn Thị Quỳnh Hoa

Khoa Công Nghệ, Đại học Vinh

* hoadhv@gmail.com



Nội dung

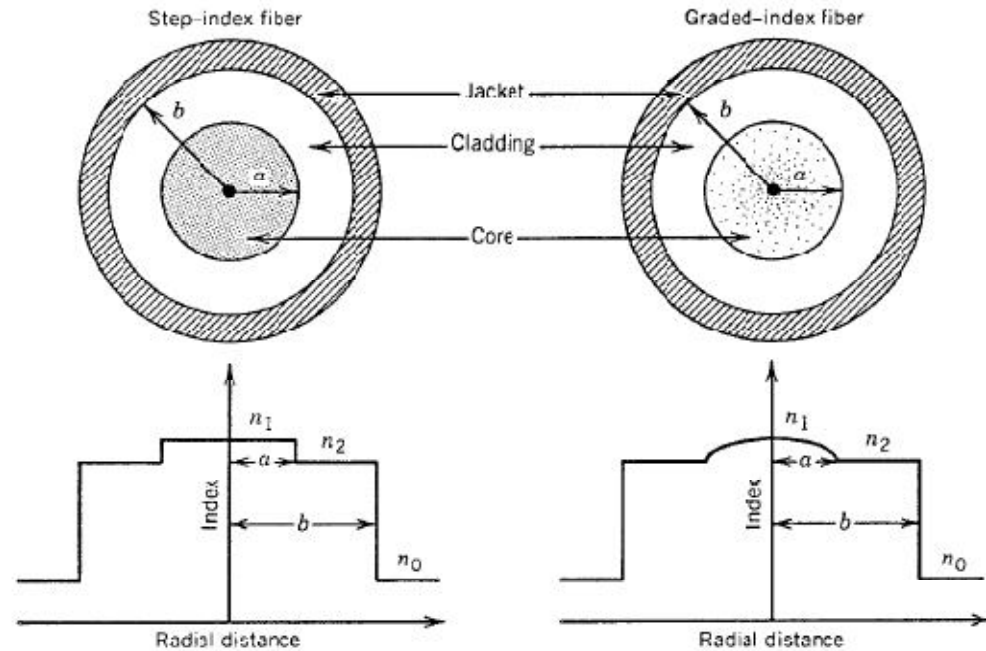
❖ Cơ sở thông tin quang

- ✓ Sợi quang
- ✓ Nguồn quang
- ✓ Bộ thu quang



Cấu tạo và phân loại sợi quang

- Cấu tạo: Gồm 2 lớp
 - lõi (core): n_1
 - vỏ (cladding): n_2
- Phân loại:
 - Sợi quang chiết suất nhảy bậc đơn mode (SISM)
 - Sợi quang chiết suất liên tục đơn mode (GISM)
 - Sợi quang chiết suất liên tục đơn mode (GISM)



Sợi quang chiết suất nhảy bậc

Sợi quang chiết suất liên tục



Sự truyền dẫn ánh sáng trong sợi quang

❖ Nguyên lý phản xạ toàn phần:

Định lý Snel:

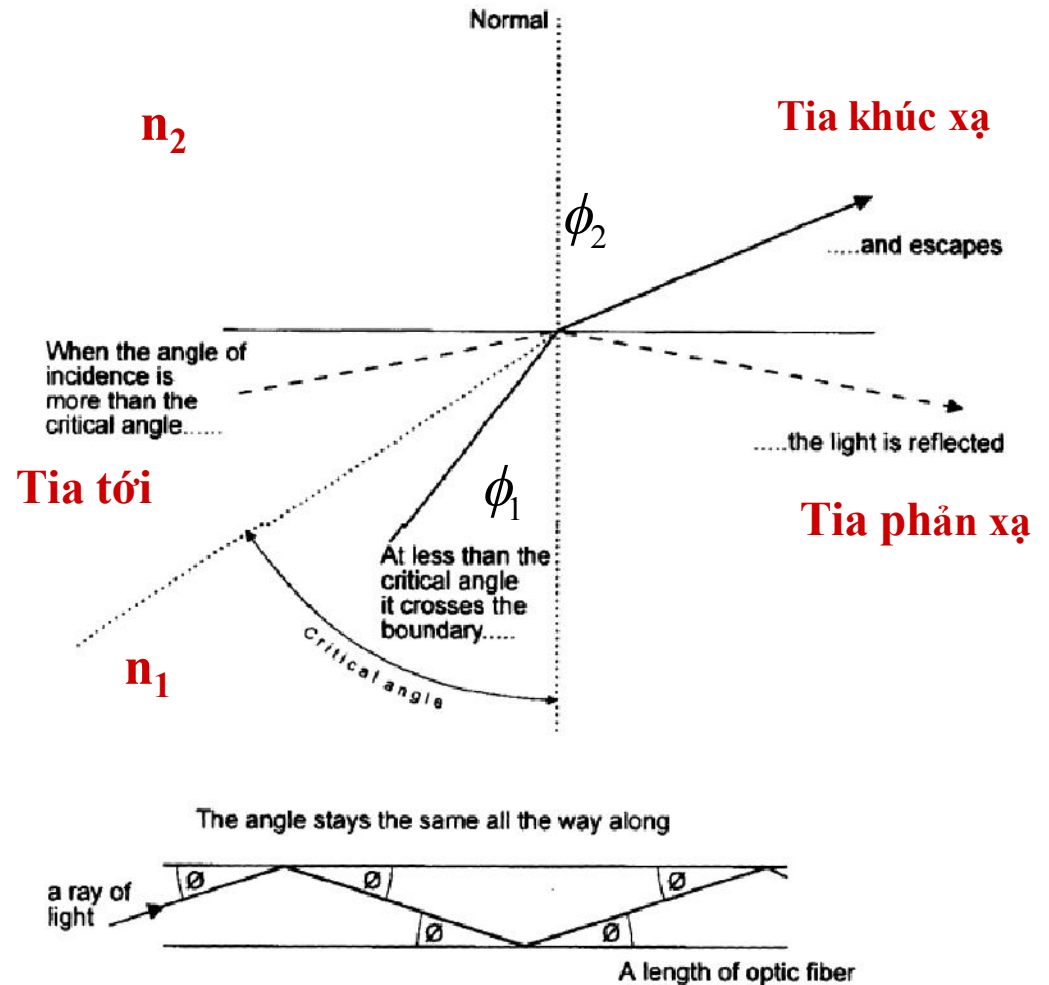
$$n_1 \cdot \sin \phi_1 = n_2 \cdot \sin \phi_2$$

$$\Rightarrow \sin \phi_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \phi_1$$

■ Để: $\phi_2 > \phi_1 \Rightarrow n_1 > n_2$

■ $\phi_2 = 90^\circ \Rightarrow \sin \phi_c = \frac{n_2}{n_1}$

➡ Góc tới phải lớn hơn góc giới hạn





Sự truyền dẫn ánh sáng trong sợi quang

- ❖ Truyền dẫn ánh sáng trong sợi quang chiết suất nhảy bậc:

$$n_1 = c/v$$

Trong đó n_1 : chiết suất của lõi sợi quang

c : vận tốc ánh sáng

v : vận tốc truyền trong môi trường

Hai tia truyền với quỹ đường khác nhau, cùng một tốc độ truyền → Hiện tượng tán sắc

→ Sợi SI không thể dùng để truyền tín hiệu với tốc độ cao qua cự ly dài

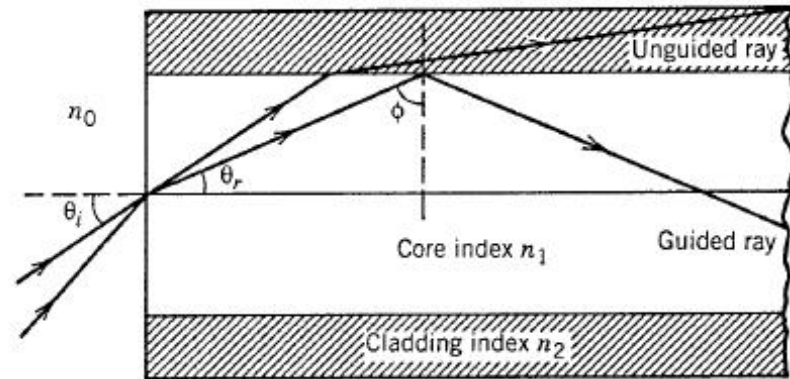
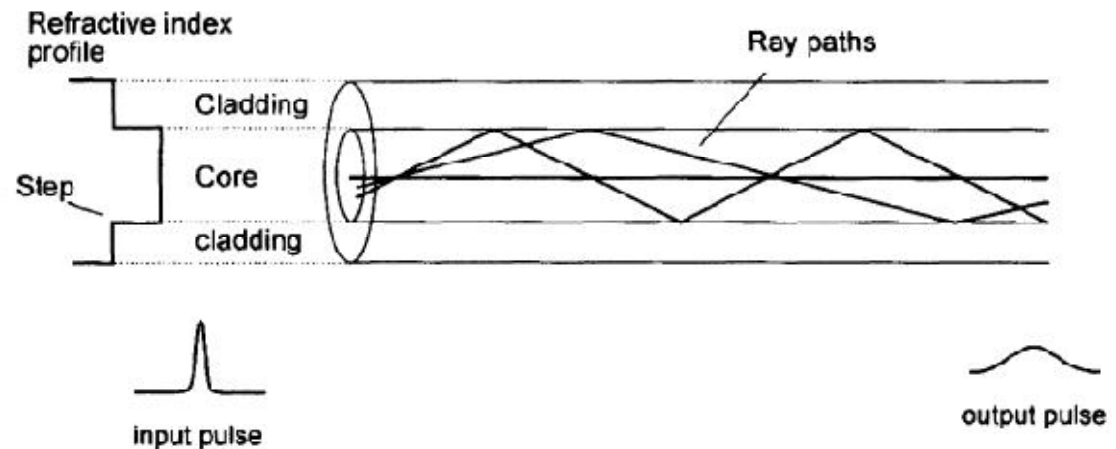
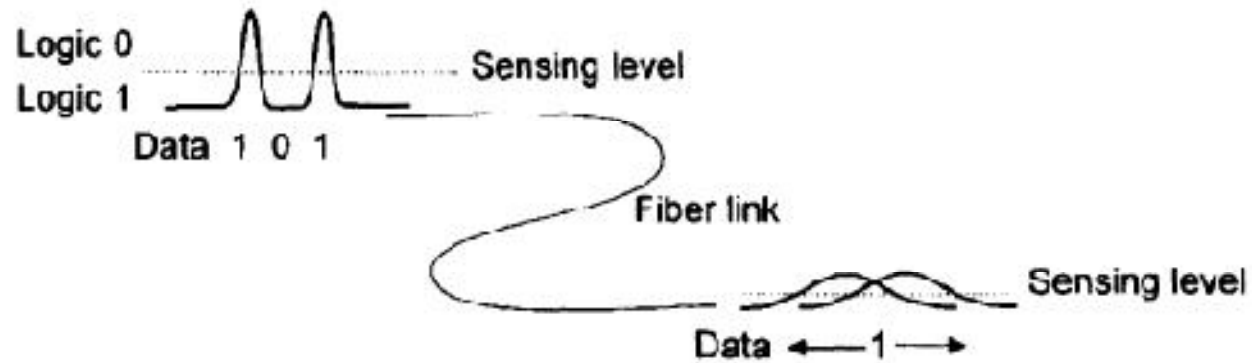


Figure 2.2: Light confinement through total internal reflection in step-index fibers. Rays for which $\phi < \phi_c$ are refracted out of the core.





Sự truyền dẫn ánh sáng trong sợi quang



Ảnh hưởng của hiện tượng tán sắc



Khái niệm mode và phương trình xác định mode truyền dẫn, số lượng mode tối đa:

- Mode truyền dẫn: là cách thức phân bố theo không gian của năng lượng quang học trong một hay nhiều chiều tọa độ.
- Phương trình xác định mode truyền dẫn:

$$\frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot \frac{2n_1 d}{\cos\phi_m} - 2\delta = 2m\pi$$

Trong đó n_1, d : chiết suất và đường kính của lõi sợi quang

λ_0 : bước sóng ánh sáng trong không khí

δ : góc dịch pha khi phản xạ

$$\Rightarrow \cos\phi_m = \frac{2n_1(d/\lambda_0)}{m + (\delta/\pi)} \quad \delta \ll 2\pi; m \gg 1 \quad \Rightarrow \cos\phi_m \cong \frac{2n_1}{m} \cdot \frac{d}{\lambda_0}$$

- Số lượng mode tối đa được truyền: $NM = \frac{(d \times NA \times \pi / \lambda)^2}{2}$

Khẩu độ số NA (Mumerical Aperture) = $(n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$



Khái niệm mode và phương trình xác định mode truyền dẫn, số lượng mode tối đa:

- Điều kiện để sợi quang chiết suất nhảy bậc chỉ truyền dẫn đơn mode:
 - Tần số chuẩn hóa (V):

$$V = \frac{2\pi d}{\lambda} (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$$

$$V \leq 2,45 \quad : \text{Đơn mode}$$



Sự truyền dẫn ánh sáng trong sợi quang

❖ Sợi quang chiết suất liên tục:

$$n(\rho) = \begin{cases} n_1[1 - \Delta(\rho/a)^\alpha]; & \rho < a, \\ n_1(1 - \Delta) = n_2; & \rho \geq a, \end{cases}$$

→ Quỹ đường truyền khác nhau có tốc độ truyền khác nhau → giảm tán sắc

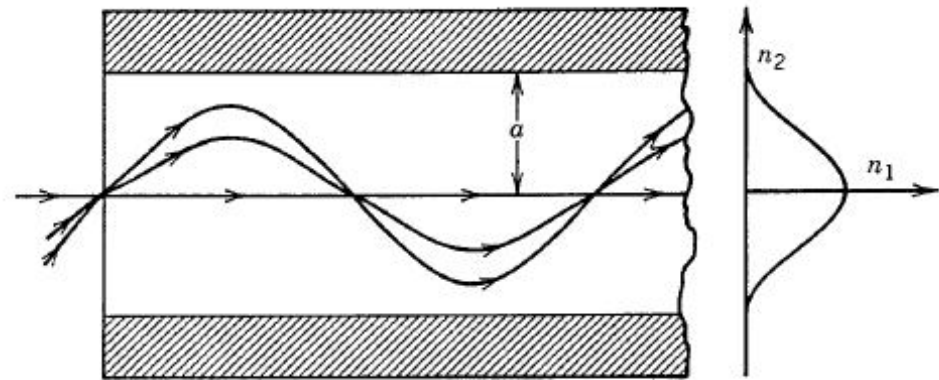


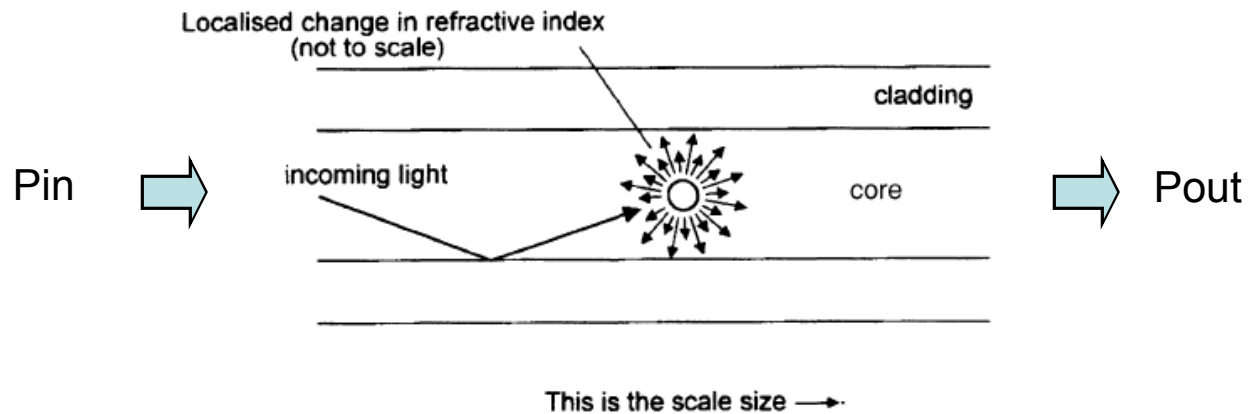
Figure 2.3: Ray trajectories in a graded-index fiber.



Suy hao trong sợi quang

Beer's law: $dP/dz = -\alpha P$

Hệ số suy hao: $\alpha \text{ (dB/km)} = -\frac{10}{L} \log_{10} \left(\frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \right)$





Các nguyên nhân gây suy hao trong sợi quang

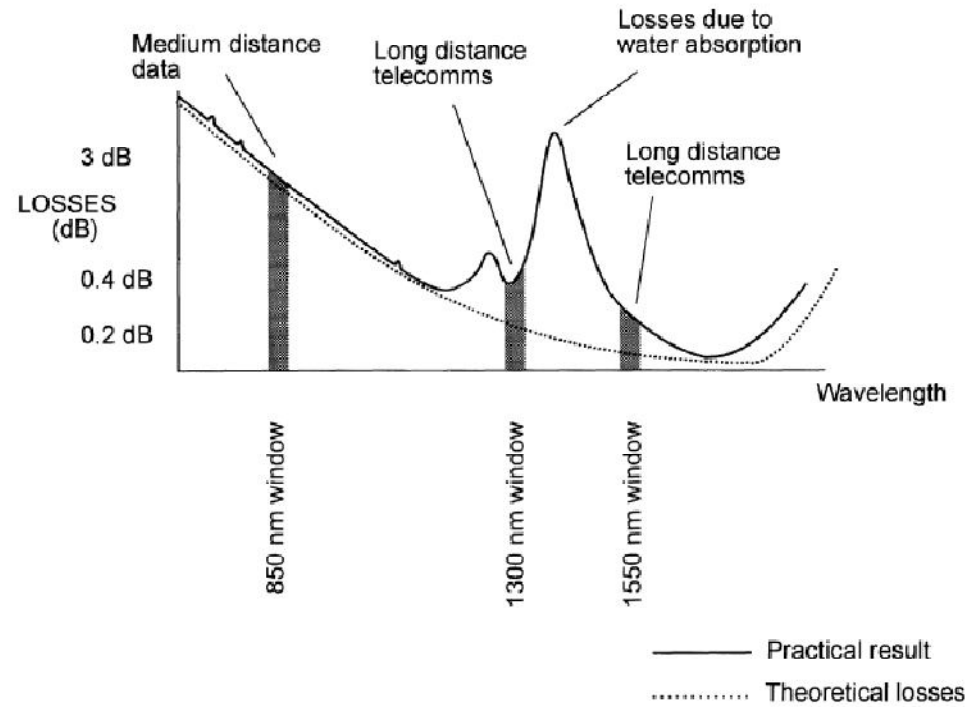
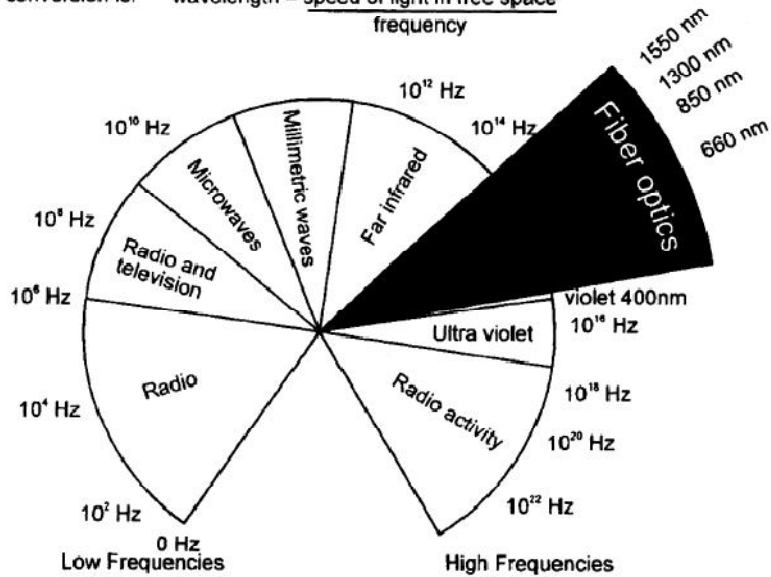
- Suy hao do hấp thụ
- Suy hao do tán xạ



Suy hao trong sợi quang

In fiber optics, we find it more convenient to use the wavelength of the light instead of the frequency.

The conversion is: $\text{wavelength} = \frac{\text{speed of light in free space}}{\text{frequency}}$



Phổ suy hao của sợi quang



Các nguyên nhân gây tán sắc trong sợi quang

- Tán sắc mode
- Tán sắc thể
- Tán sắc chất liệu
-



Chương 4: Công nghệ WDM

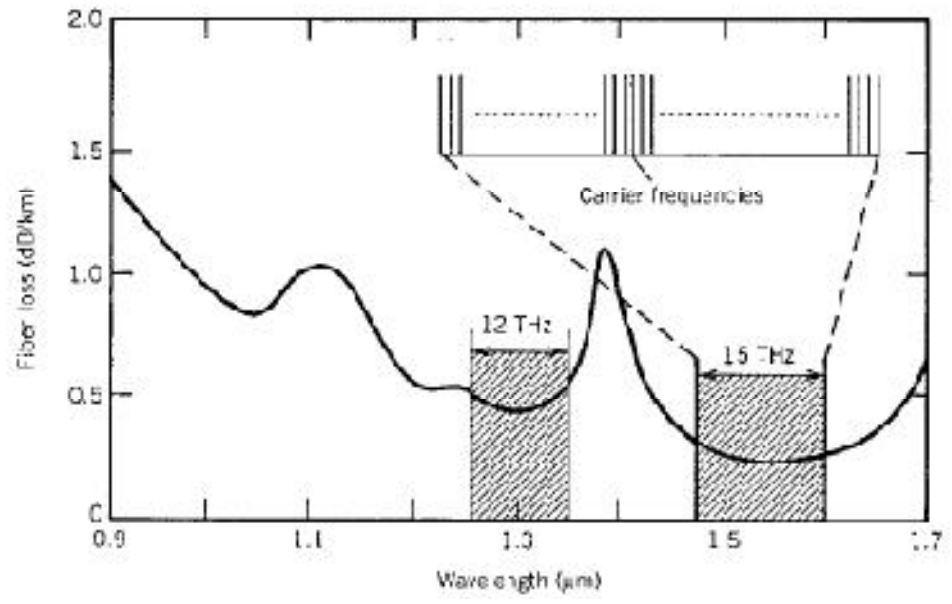
Nguyễn Thị Quỳnh Hoa

Khoa Công Nghệ, Đại học Vinh

* hoadhv@gmail.com



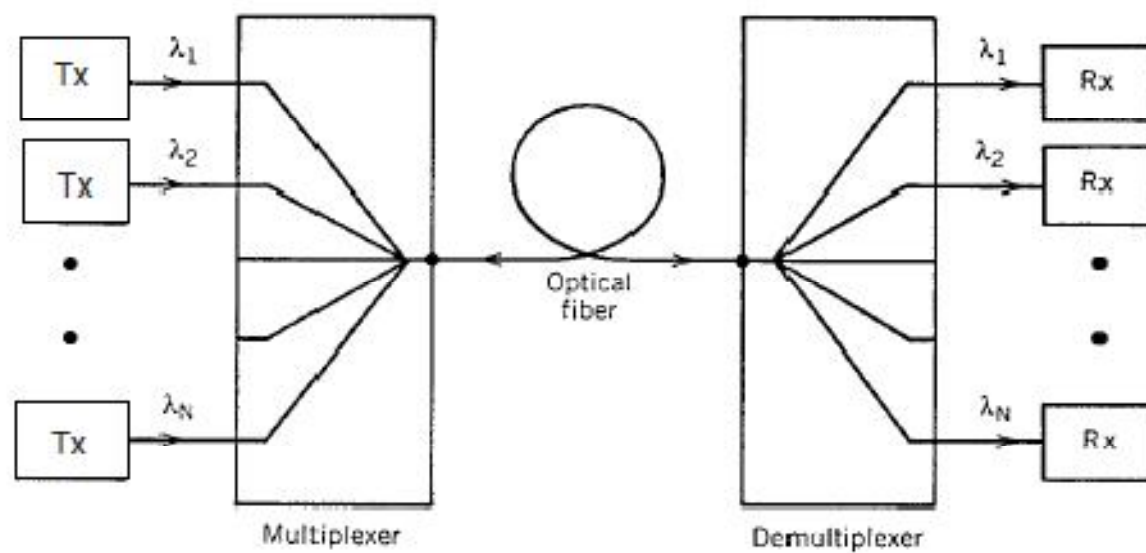
Optical window for WDM system



channel spacing



Point to point links



$$BL = (B_1 + B_2 + \dots + B_N)L.$$



High capacity WDM transmission experiments

Table 8.1 High-capacity WDM transmission experiments

Channels N	Bit Rate B (Gb/s)	Capacity NB (Tb/s)	Distance L (km)	NBL Product [(Pb/s)-km]
120	20	2.40	6200	14.88
132	20	2.64	120	0.317
160	20	3.20	1500	4.80
82	40	3.28	300	0.984
256	40	10.24	100	1.024
273	40	10.92	117	1.278



Wide-Area and Metro-Area network (WAN - MAN)

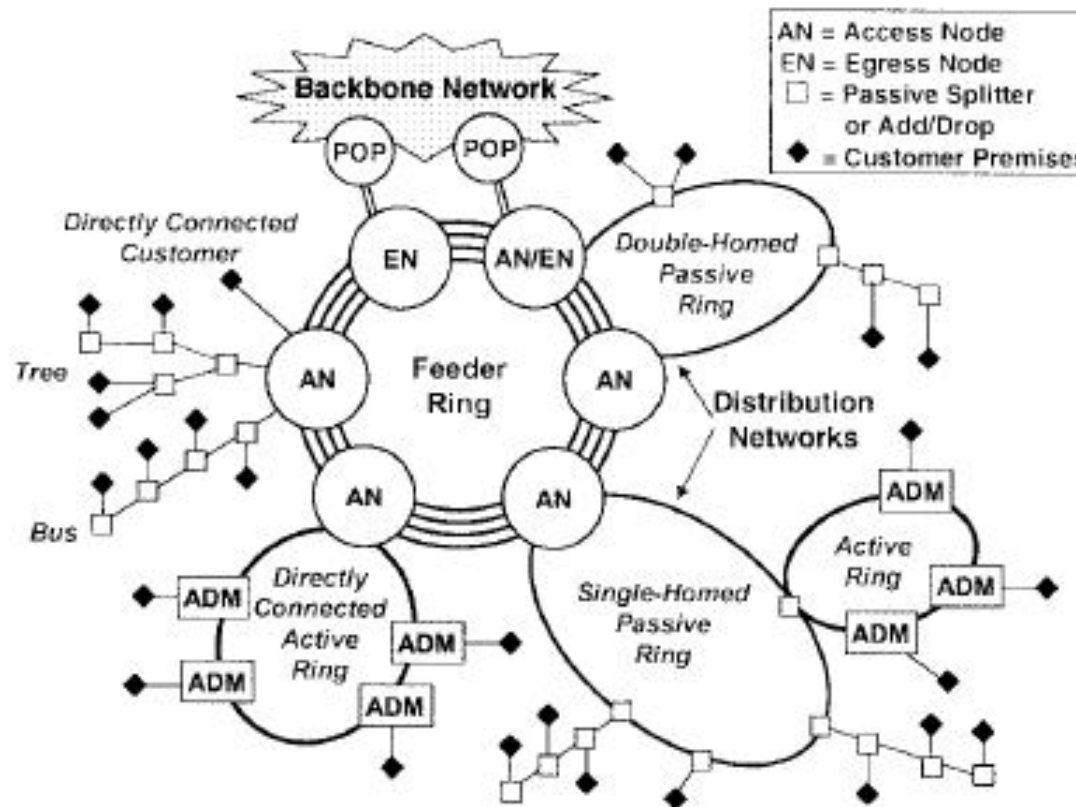


Figure 8.4: A WDM network with a feeder ring connected to several local distribution networks. (After Ref. [20]; ©1999 IEEE; reproduced with permission.)



Thiết bị quang WDM

- **Tunable Optical Filters**
- **Multiplexers and Demultiplexers**
- **Add - Drop Multiplexers**
- **Star Couplers**
- **Wavelength Routers**
- **Optical Cross-Connects**
- **Wavelength converters**
- **WDM transmitters and receivers**

Tunable Optical Filters

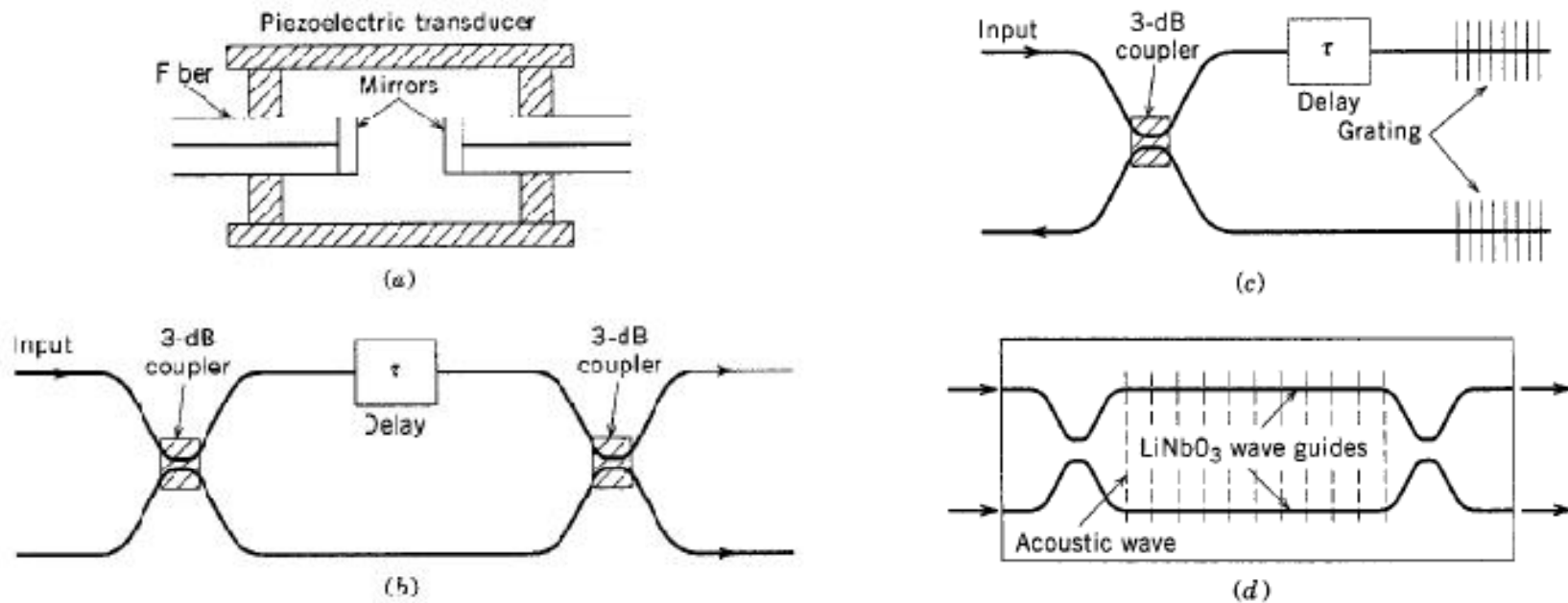


Figure 8.8: Four kinds of filters based on various interferometric and diffractive devices: (a) Fabry-Perot filter; (b) Mach-Zehnder filter; (c) grating-based Michelson filter; (d) acousto-optic filter. The shaded area represents a surface acoustic wave.

Multiplexers and Demultiplexers

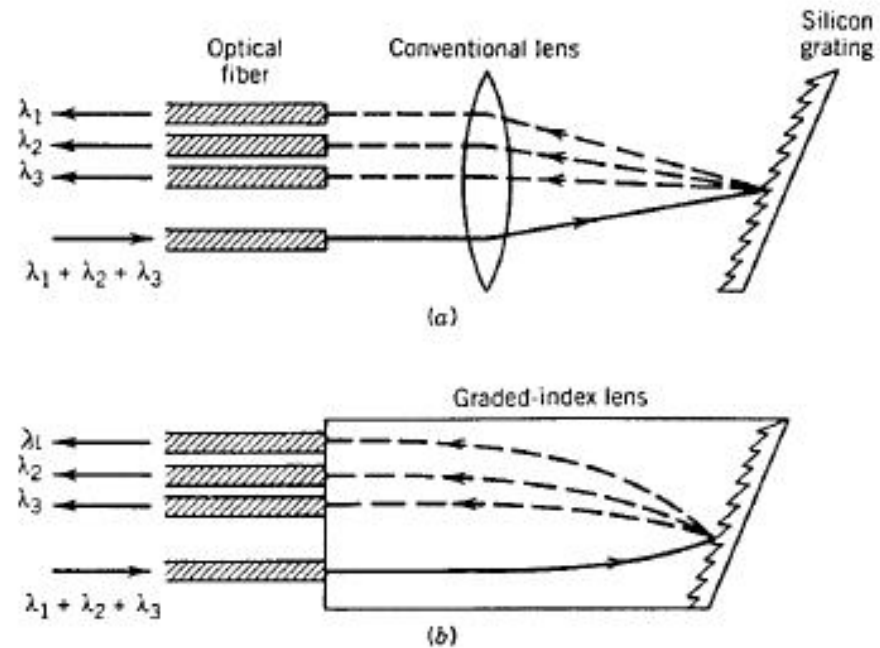


Figure 8.9: Grating-based demultiplexer making use of (a) a conventional lens and (b) a graded-index lens.



Multiplexers and Demultiplexers

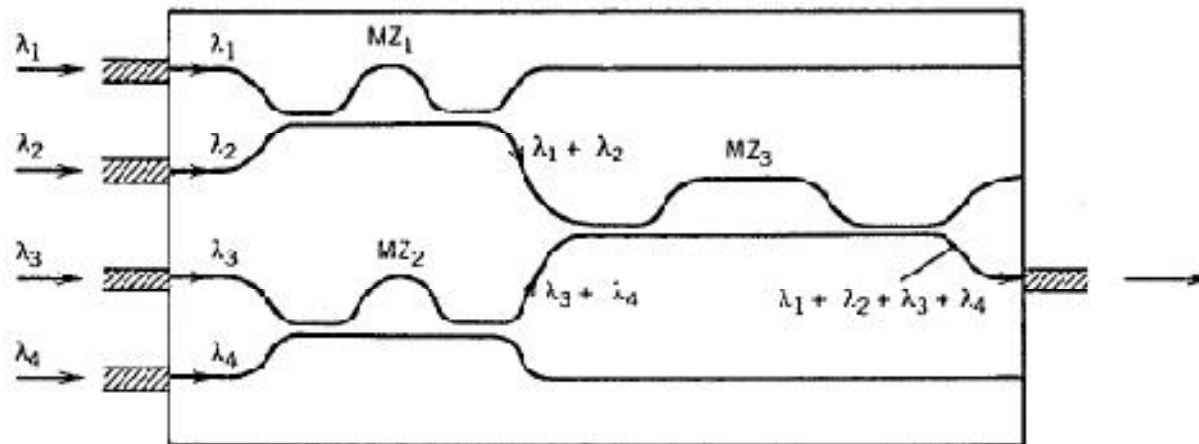


Figure 8.10: Layout of an integrated four-channel waveguide multiplexer based on Mach-Zehnder interferometers. (After Ref. [69]; ©1988 IEEE; reprinted with permission.)

Add - Drop Multiplexers

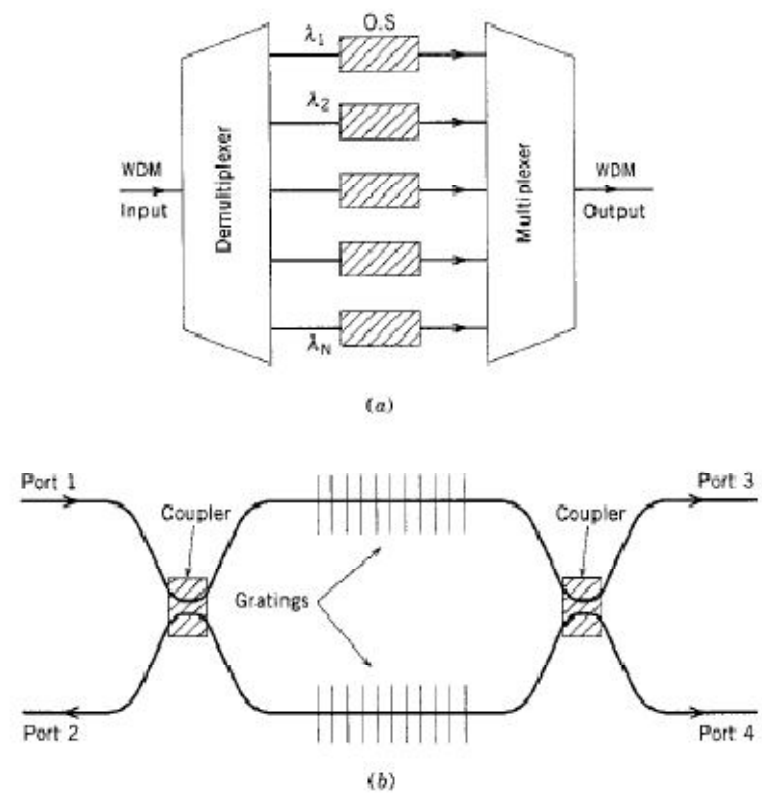


Figure 8.12: (a) A generic add-drop multiplexer based on optical switches (OS); (b) an add-drop filter made with a Mach-Zehnder interferometer and two identical fiber gratings.

Add - Drop Multiplexers

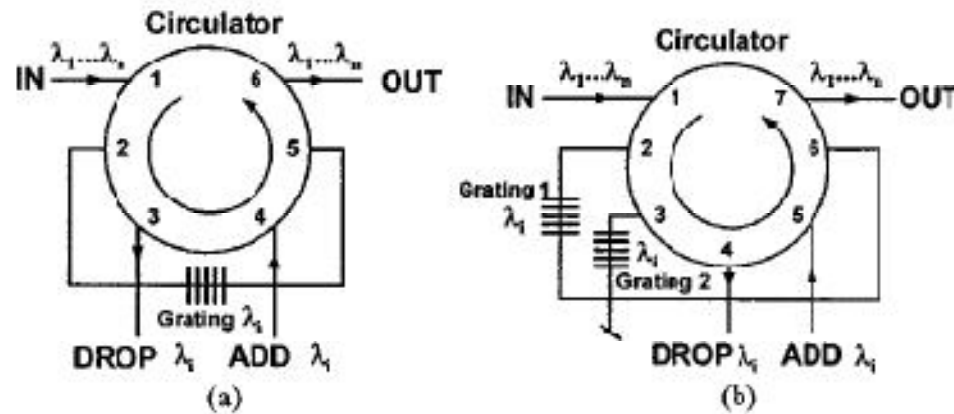


Figure 8.13: (a) Two designs of add-drop multiplexers using a single optical circulator in combination with fiber gratings. (After Ref. [94]; ©2001 IEEE; reprinted with permission.)



Star Couplers

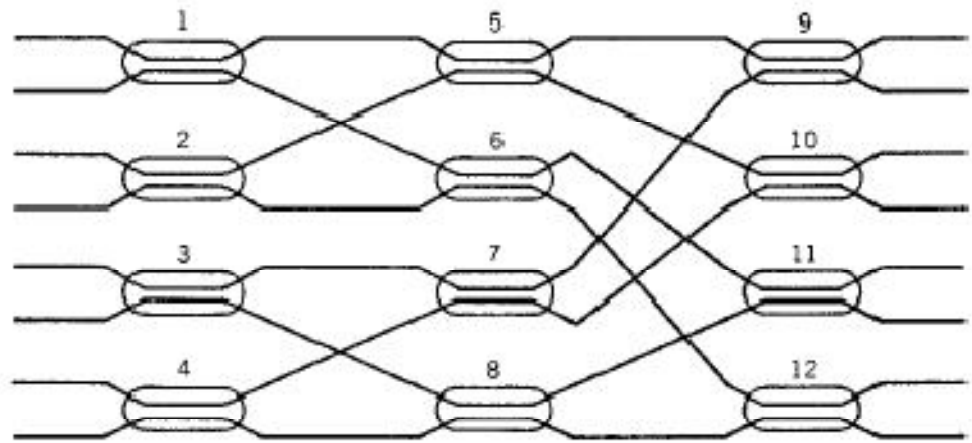


Figure 8.14: An 8×8 star coupler formed by using twelve 2×2 single-mode fiber couplers.



Star Couplers

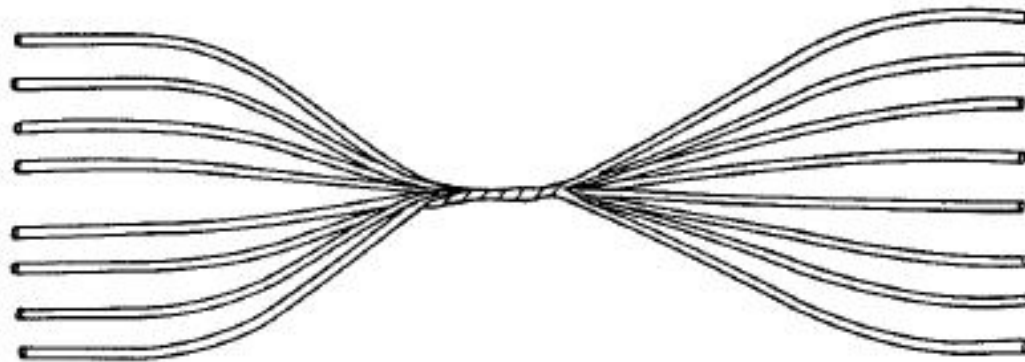


Figure 8.15: A star coupler formed by using the fused biconical tapering method.



Wavelength Routers

AWG

arrayed-waveguide grating

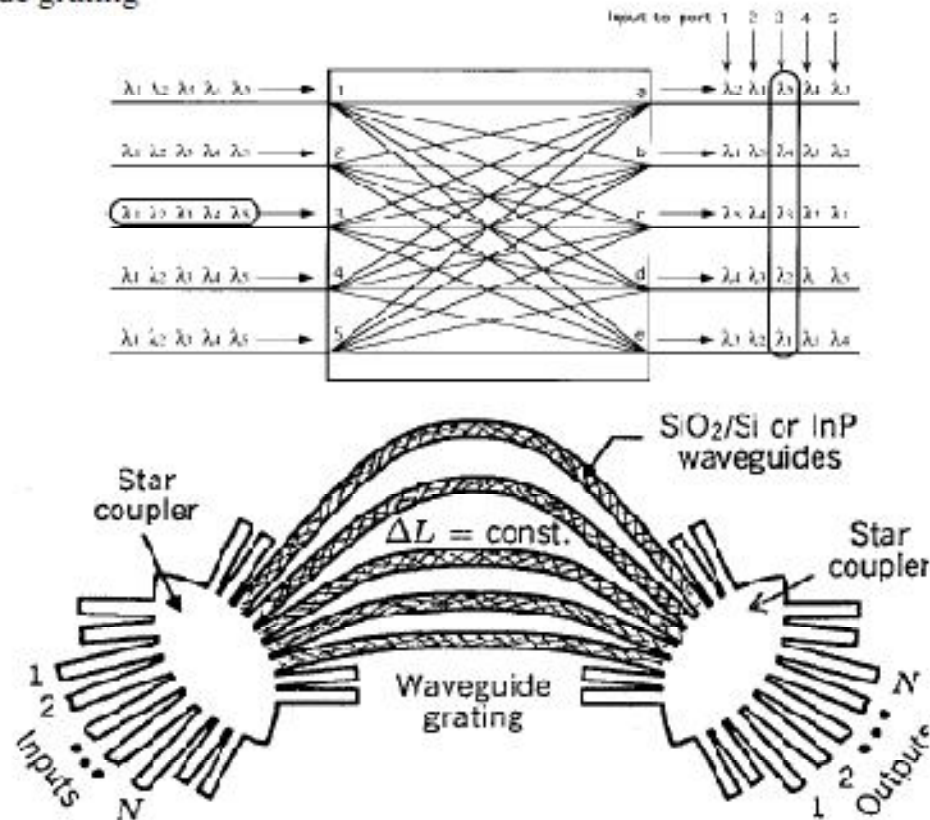


Figure 8.16: (a) Schematic illustration of a wavelength router and (b) its implementation using an AWG. (After Ref. [79]; ©1999 IEEE; reprinted with permission.)

Optical Cross-Connects

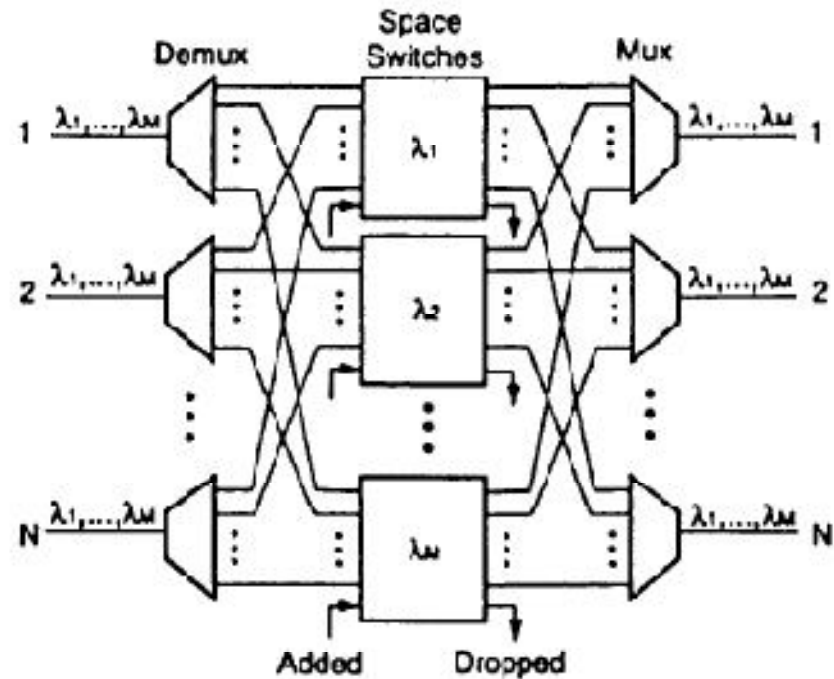


Figure 8.17: Schematic of an optical cross-connect based on optical switches.

Wavelength converters

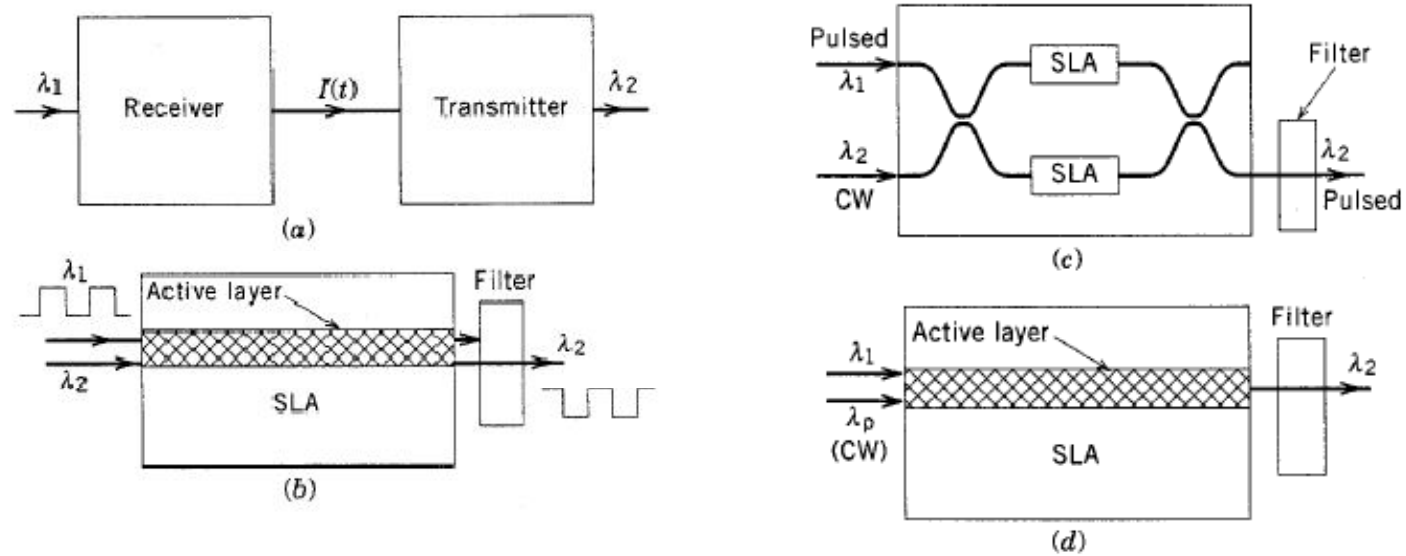


Figure 8.20: Four schemes for wavelength conversion: (a) optoelectronic regenerator; (b) gain saturation in a semiconductor laser amplifier (SLA); (c) phase modulation in a SLA placed in one arm of a Mach-Zehnder interferometer; (d) four-wave mixing inside a SLA.

WDM transmitters and receivers

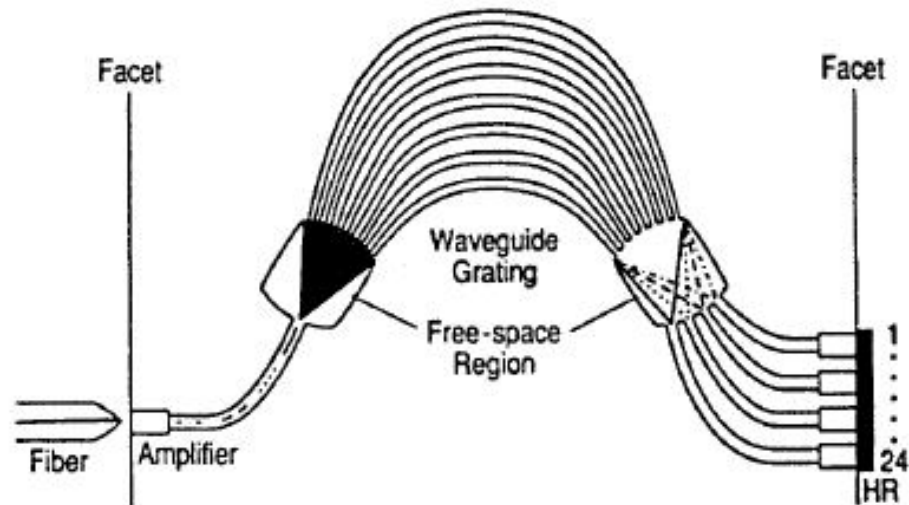


Figure 8.21: Schematic of a WDM laser made by integrating an AWG inside the laser cavity.
 (After Ref. [137]; ©1996 IEEE; reprinted with permission.)

AWG arrayed-waveguide grating



Solutions

- 8.1 Dry fibers have acceptable losses over a spectral region extending from 1.3 to 1.6 μm . Estimate the capacity of a WDM system covering this entire region using 40-Gb/s channels spaced apart by 50 GHz.
- 8.2 The C and L spectral bands cover a wavelength range from 1.53 to 1.61 μm . How many channels can be transmitted through WDM when the channel spacing is 25 GHz? What is the effective bit rate–distance product when a WDM signal covering the two bands using 10-Gb/s channels is transmitted over 2000 km.
- 8.3 A 128×128 broadcast star is made by using 2×2 directional couplers, each having an insertion loss of 0.2 dB. Each channel transmits 1 mW of average power and requires 1 μW of average received power for operation at 1 Gb/s. What is the maximum transmission distance for each channel? Assume a cable loss of 0.25 dB/km and a loss of 3 dB from connectors and splices.



Chương 5: Thiết kế tuyến thông tin quang

Nguyễn Thị Quỳnh Hoa

Khoa Công Nghệ, Đại học Vinh

* hoadhv@gmail.com



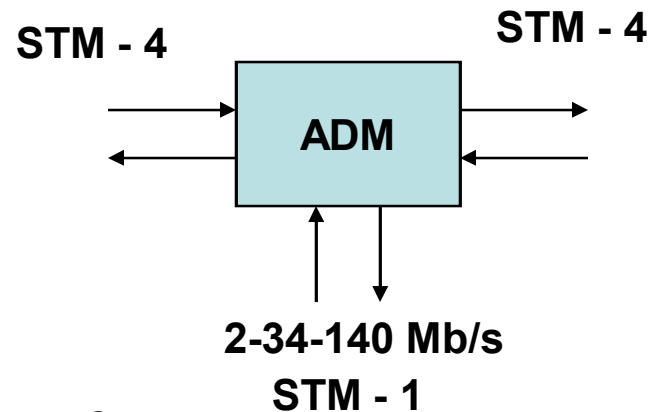
Phân loại thiết bị quang

1. Terminal

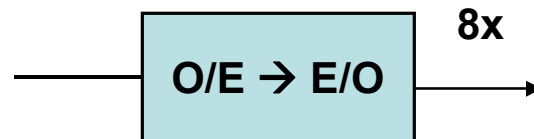
+ 1 máy: ghép kênh + truyền dẫn (Fujitsu)

+ 2 máy: ghép kênh riêng và truyền dẫn riêng (Siemens)

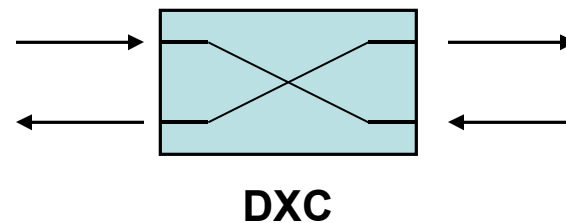
2. ADM



3. Repeater



4. DXC (Digital Cross connect)





Thiết kế tuyến thông tin quang

Yêu cầu thiết

- ❖ **Thiết kế:** Cự ly cần thiết kế
- ❖ Dung lượng đường truyền



Chọn thiết bị thích hợp: Cho biết các thông số kỹ thuật của của thiết bị

Công suất phát: P_{smax} , P_{smin}

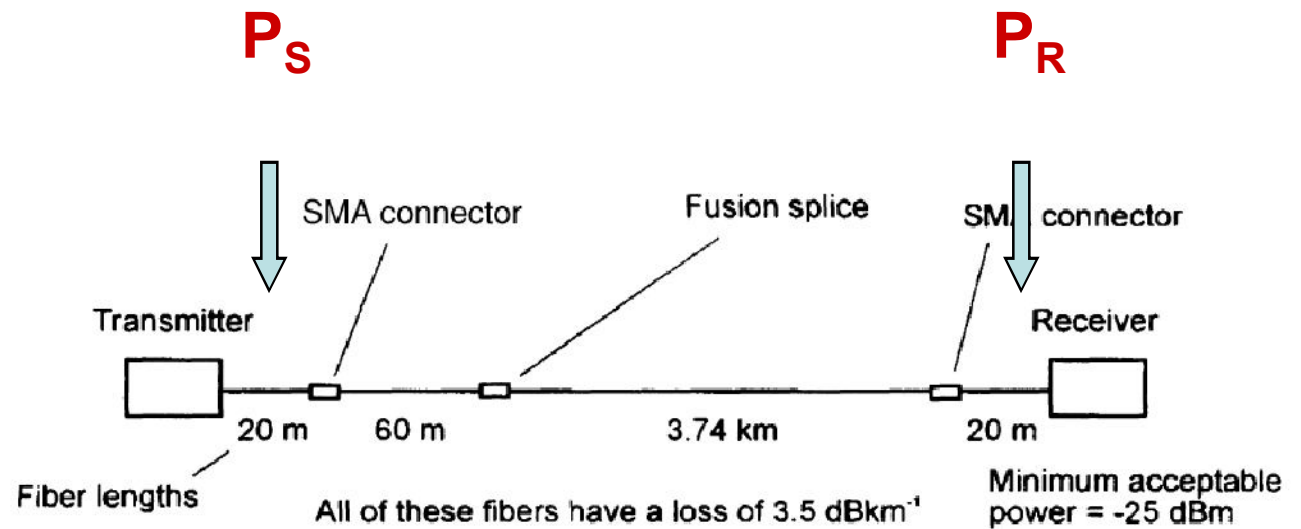
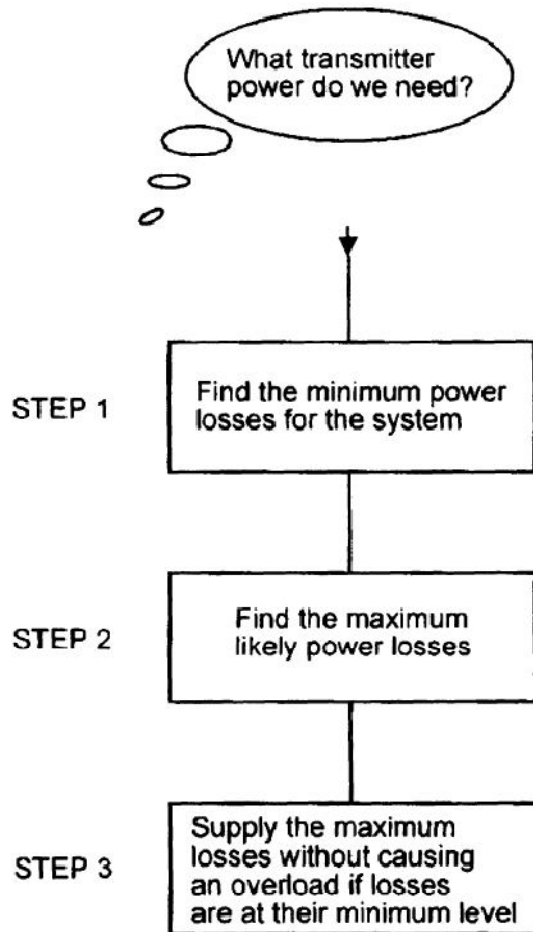
Công suất thu: P_{rmax} , P_{rmin}

Sợi quang sử dụng

Bước sóng sử dụng



Các bước thiết kế



Lắp thêm cuộn suy hao



Tính công suất suy hao tối thiểu của hệ thống

❖ Suy hao:

$$\left\{ \begin{array}{l} S - R = \alpha_{sq} + \alpha_{mh} \\ \alpha_{gi} \end{array} \right.$$

✓ Suy hao sợi quang: $\alpha_{sq} = \alpha [dB / km] \times L [km]$

✓ Suy hao mỗi hàn: $\alpha_{mh} = \alpha [dB].N$

$$N = \frac{L(km)}{D(km)} - 1$$

L: độ dài của tuyến

D: độ dài của mỗi cuộn cáp

✓ Suy hao giắc: $\alpha_{gi} = \alpha [dB].M$



Tính công suất suy hao tối đa của hệ thống

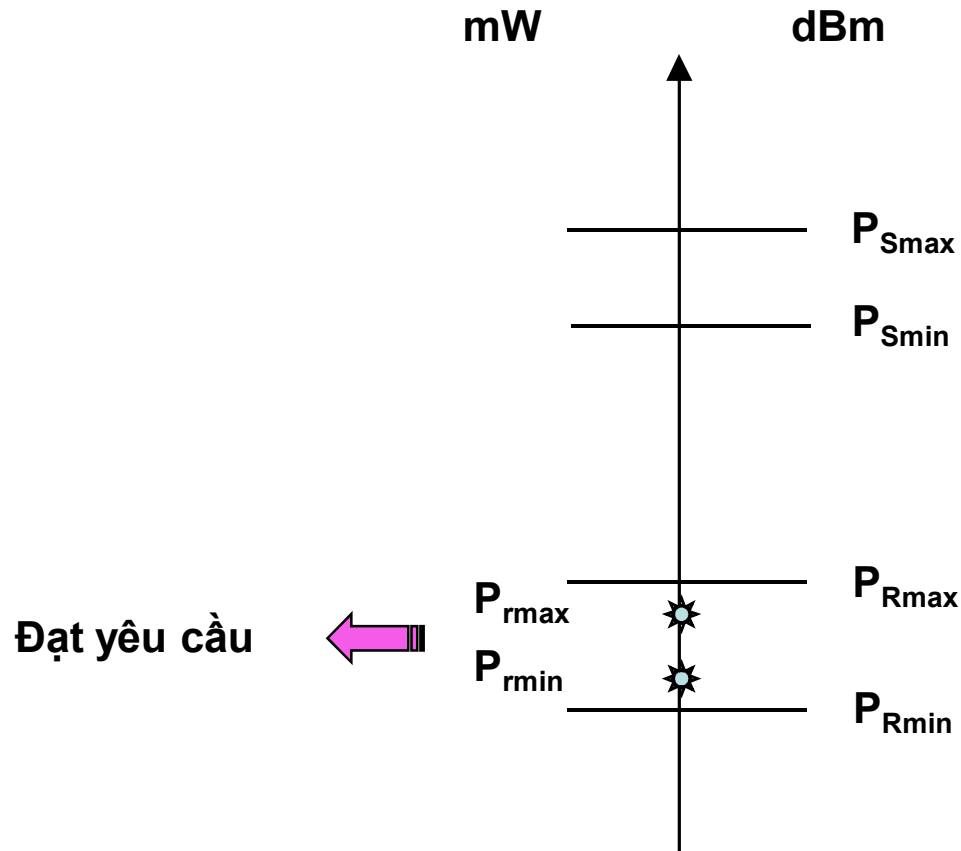
- Công suất suy hao tối thiểu
- Công suất suy hao dự phòng: cho sửa chữa, thời gian...



Thiết kế tuyến quang

$$P_{r \max} = P_{S \max} - P_{\alpha \max}$$

$$P_{r \min} = P_{S \min} - P_{\alpha \min}$$



$P_{r \min} < P_{R \min} \rightarrow$ tăng công suất phát

$P_{r \min} > P_{R \max} \rightarrow$ lắp thêm cuộn suy hao



Ví dụ:

- Thiết kế tuyến thông tin quang Hà Nội – Bắc Ninh cự ly 28 km.
- Dung lượng yêu cầu: $B = 622 \text{ Kb/s}$ (STM-4)

Chọn máy Fujitsu FLX 150/600 - L4.1

$\lambda = 1310 \text{ nm}$

Loại sợi: G.652 ($\alpha = 0,4 \text{ dB/km}$)

$P_{Smax} = 2 \text{ dBm}$

$P_{Smin} = -3 \text{ dBm}$

$P_{Rmax} = -8 \text{ dbm}$

$P_{Rmin} = -28 \text{ dBm}$



Ôn tập

- Cơ sở thông tin quang:
 - Sợi quang
 - Nguồn phát quang
 - Điốt thu quang
- Công nghệ PDH, SDH
 - Chuẩn ghép kênh: Tốc độ và cấu trúc khung
 - Ghép tách kênh
- Công nghệ WDM
- Thiết kế tuyến quang