



BÀI GIẢNG MÔN

CƠ SỞ TRUYỀN THÔNG SỢI QUANG

Bộ môn:

Thông tin quang - Khoa VT1

Năm biên soạn:

2010

Nội dung

Chương

- 1 Tổng quan về kỹ thuật thông tin quang
- 2 **Sợi quang**
- 3 Bộ phát quang
- 4 Bộ thu quang
- 5 Một số vấn đề trong thiết kế truyền TTQ đơn kênh điểm – điểm

SỢI QUANG

- ❖ Cấu trúc và phân loại sợi quang
- ❖ Mô tả quang hình quá trình truyền ánh sáng trong sợi quang
- ❖ Truyền sóng ánh sáng trong sợi quang
- ❖ Các tham số cơ bản của sợi
 - Suy hao
 - Tán sắc
 - Hiệu ứng phi tuyến
- ❖ Một số loại sợi quang mới
- ❖ Cáp sợi quang

CẤU TRÚC VÀ PHÂN LOẠI SỢI (1)

❖ Sợi quang:

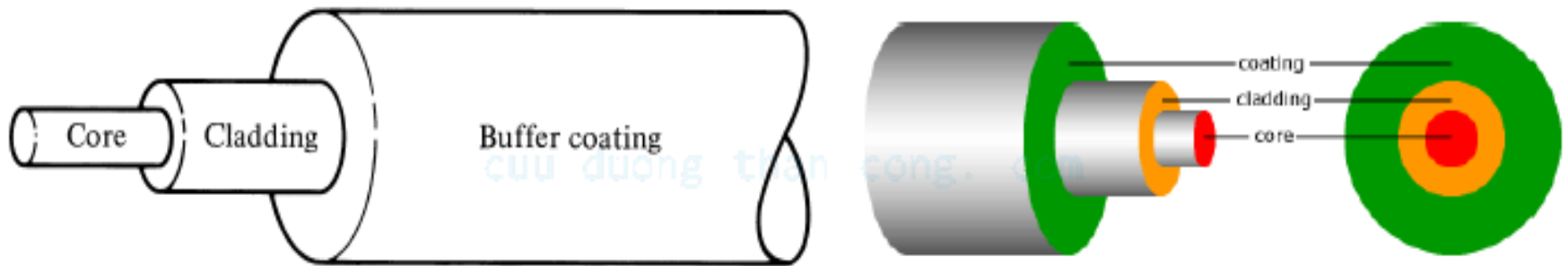
Là ống dẫn sóng có khả năng mang thông tin dưới dạng ánh sáng. Kích thước rất nhỏ.



Professor Charles Kao phát minh ra sợi quang, nhận giải thưởng IEE từ Pro. John Midwinter.
(1998 at IEE Savoy Place, London, UK)

CẤU TRÚC VÀ PHÂN LOẠI SỢI (2)

❖ Cấu trúc sợi quang:



- . Cấu trúc hình trụ, được chế tạo từ vật liệu trong suốt
- . Lõi sợi có chiết suất n_1
- . Vỏ sợi có chiết suất $n_2 < n_1$
- . Lớp phủ đệm có tác dụng bảo vệ sợi

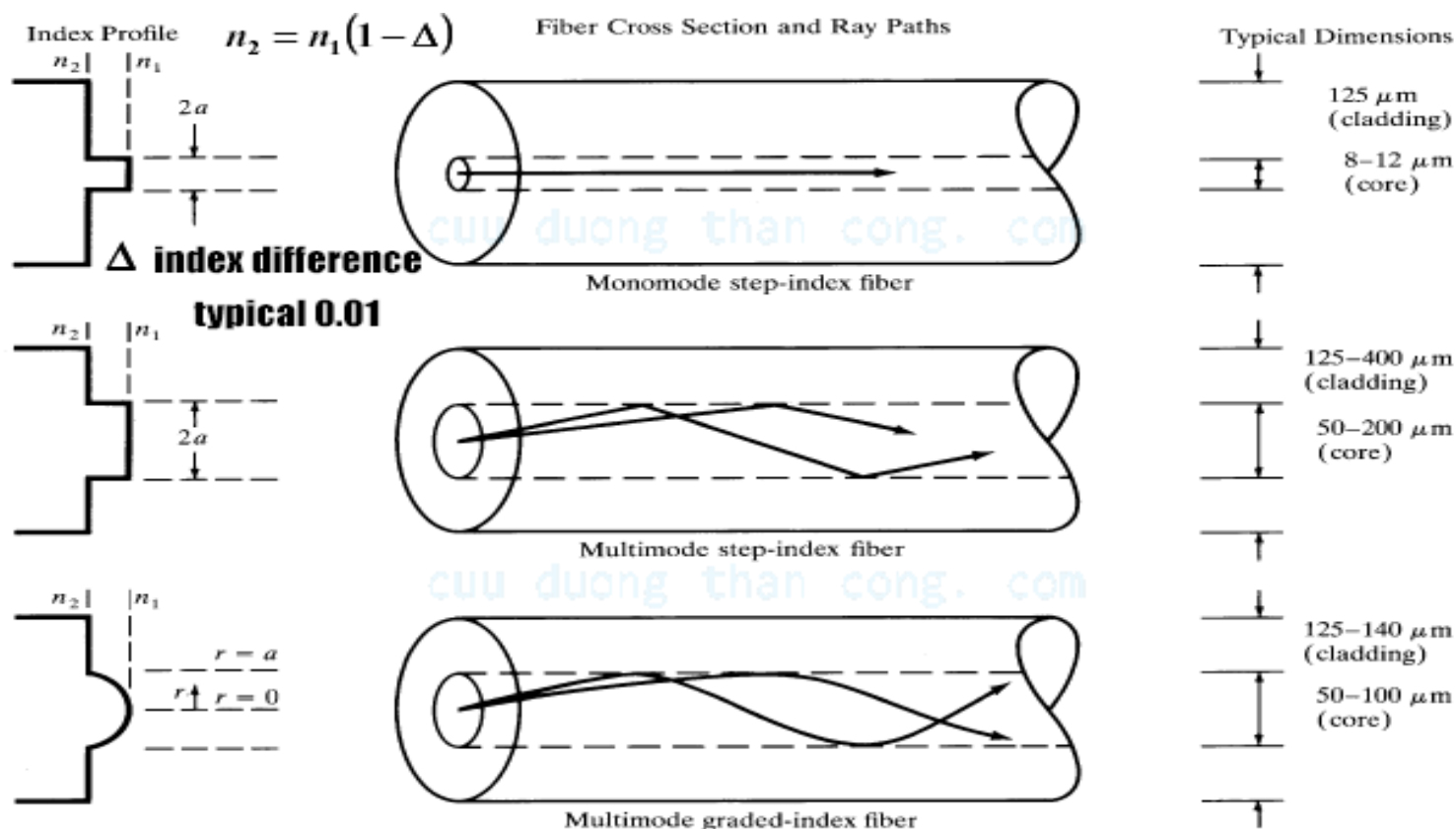
CẤU TRÚC VÀ PHÂN LOẠI SỢI (3)

❖ Phân loại sợi quang:

- Dựa theo vật liệu chế tạo: thủy tinh hoặc chất dẻo hoặc thủy tinh đa thành phần
- Dựa theo mặt cắt chiết suất: chiết suất bậc (SI) hoặc chiết suất biến đổi (GI)
- Dựa theo số lượng mode truyền: đa mode (MM) hoặc đơn mode (SM)
- Dựa theo các chức năng đặc biệt

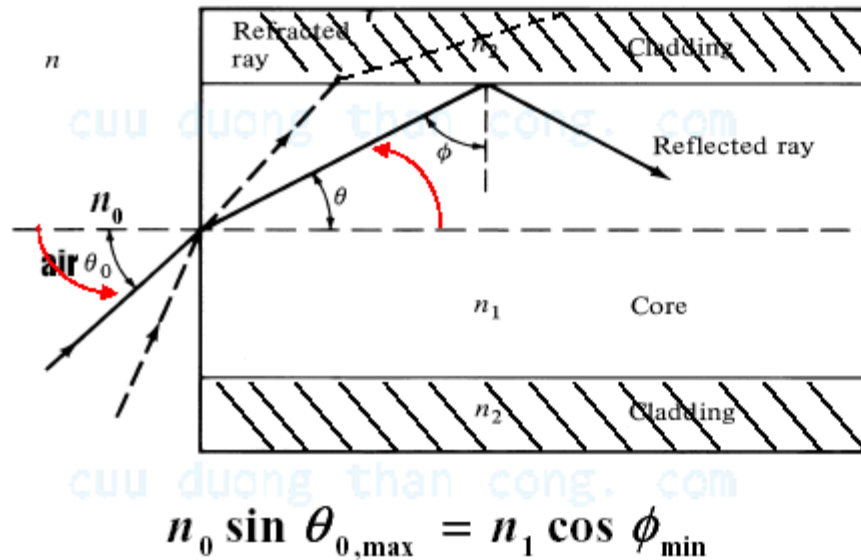
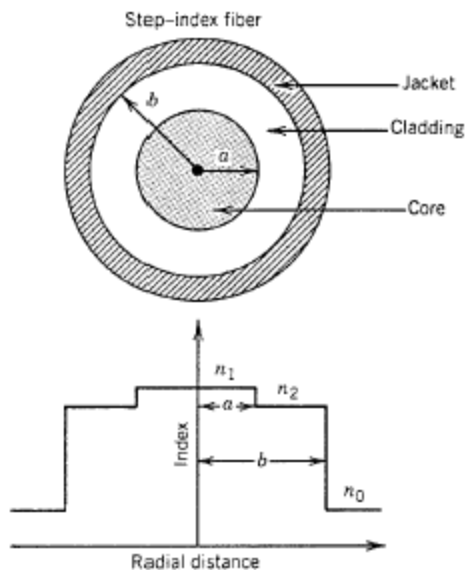
CẤU TRÚC VÀ PHÂN LOẠI SỢI (4)

❖ Các loại sợi quang sử dụng trong VT:



MÔ TẢ QUANG HÌNH (1)

❖ Truyền ánh sáng trong sợi đa mode bậc (MM-SI)

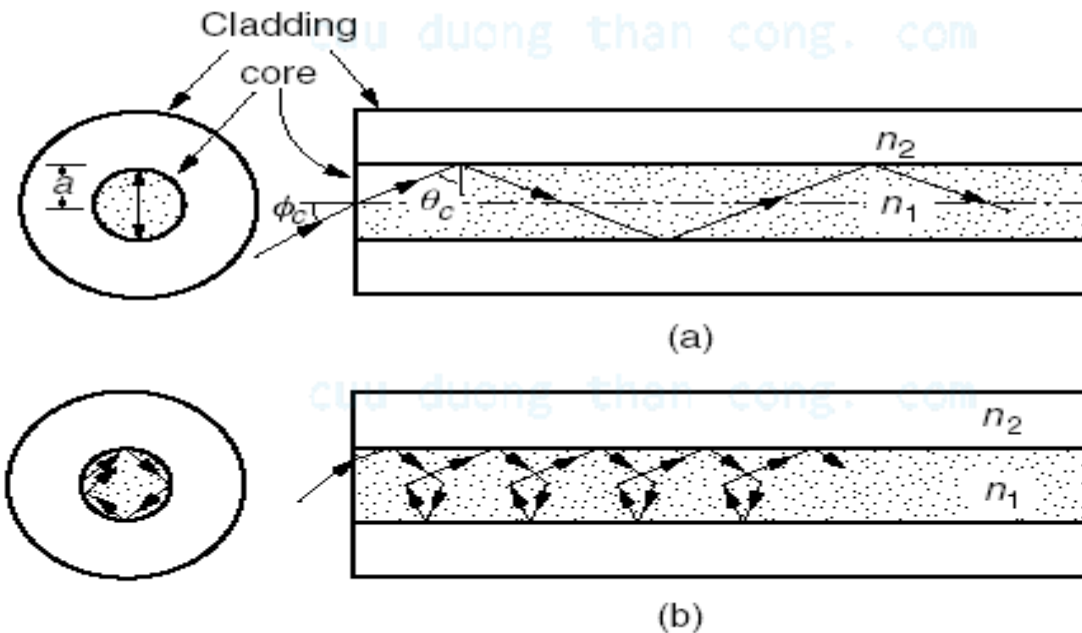


Sợi truyền nhiều mode (coi mỗi mode là một tia sáng ứng với một góc lan truyền cho phép).

MÔ TẢ QUANG HÌNH (2)

❖ Truyền ánh sáng trong sợi đa mode bậc (MM-SI)

Quỹ đạo các tia lan truyền có dạng zigzag, gồm 2 loại tia: tia kinh tuyến (a) và tia nghiêng hoặc tia xoắn (b).



MÔ TẢ QUANG HÌNH (3)

❖ Truyền ánh sáng trong sợi đa mode bậc (MM-SI)

- Khẩu độ số NA:

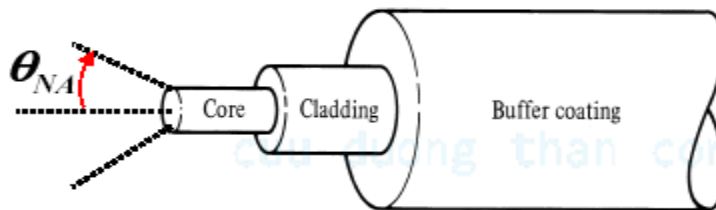
$$NA = n_0 \sin \theta_{0,\max} = \overset{n_0 = 1}{\sin \theta_{NA}} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

For a step-index fiber:

$$NA = n_1 \sqrt{2\Delta} \quad \text{if } n_1 \approx n_2$$

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

Fractional index change



$$\Delta \uparrow \rightarrow NA \uparrow$$

More lights coupled into fiber

- Số lượng mode truyền $M \approx V^2/2$ trong đó $V = 2\pi \cdot a \cdot NA / \lambda$
- Tán sắc mode lớn \Rightarrow Giới hạn dung lượng mang thông tin của sợi

MÔ TẢ QUANG HÌNH (4)

❖ Truyền ánh sáng trong sợi đa mode graded (MM-GI)

• Mặt cắt chiết suất:
$$n(r) = \begin{cases} n_1 \sqrt{1 - \Delta (r/a)^\alpha} & r < a \\ n_1(1 - \Delta) = n_2 & r \geq a \end{cases}$$

Trong đó: a - bán kính lõi, α là hệ số mặt cắt xác định dạng biến đổi chiết suất trong lõi, $\alpha = 2$ tương ứng với mặt cắt parabol.

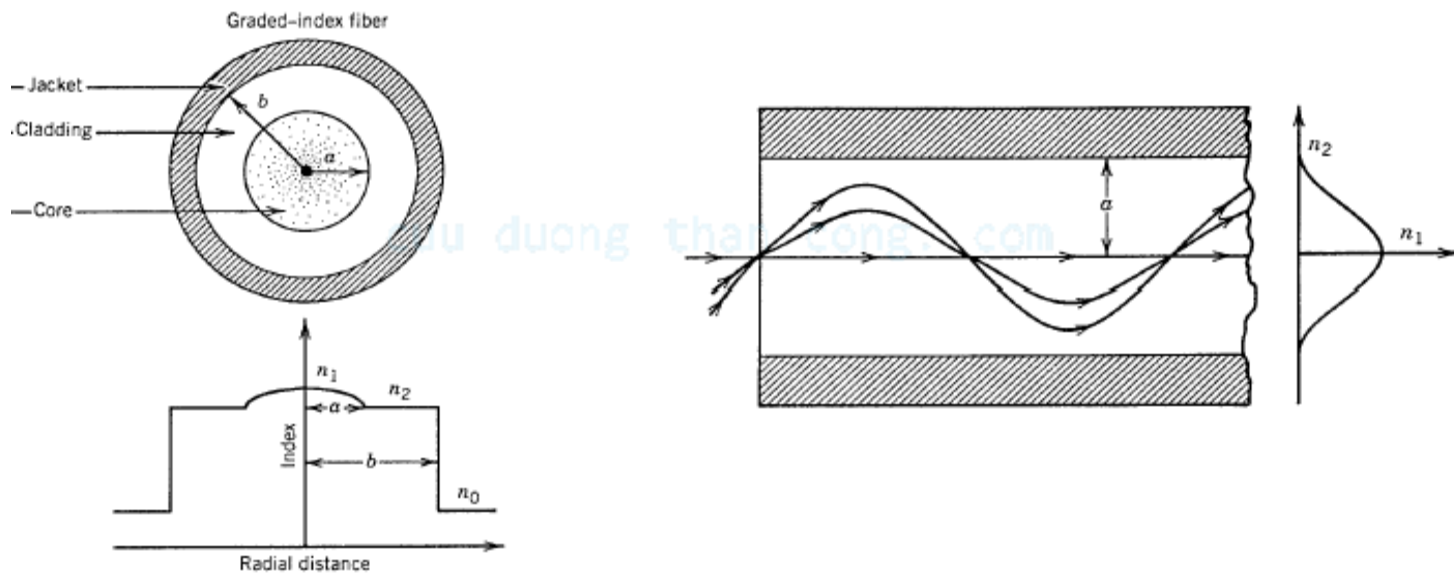
- Sợi truyền nhiều mode hoặc và cũng có 2 loại tia: tia kinh tuyến và tia nghiêng hoặc tia xoắn
- Quỹ đạo các tia lan truyền có dạng đường cong hình sin do bị đổi hướng liên tục khi truyền trong sợi.

Với $\alpha = 2$, quỹ đạo các tia có thể mô tả $r = r_0 \cos(pz) + (r'_0/p) \sin(pz)$ khi $r < a$.

• Khẩu độ số:
$$NA(r) = \sqrt{n^2(r) - n_2^2} = NA_{\max} \sqrt{1 - (r/a)^\alpha} \quad NA_{\max} = n_1 \sqrt{2\Delta}$$

MÔ TẢ QUANG HÌNH (5)

❖ Truyền ánh sáng trong sợi đa mode graded (MM-GI)



- Số lượng mode truyền $M \approx V^2/4$ trong đó $V = 2\pi \cdot a \cdot NA / \lambda$
- Tán sắc mode nhỏ hơn nhiều so với sợi SI \Rightarrow Tăng dung lượng mang thông tin của sợi

TRUYỀN SÓNG ÁNH SÁNG TRONG SỢI (1)

❖ Truyền ánh sáng trong sợi đơn mode (SM)

- Mặt cắt chiết suất thường có dạng SI
- Kích thước sợi bé, độ lệch chiết suất nhỏ
- Sợi chỉ truyền một mode
- Không có tán sắc mode
- Để hiểu đặc tính truyền ánh sáng trong sợi đơn mode phải sử dụng lý thuyết truyền sóng.

TRUYỀN SÓNG ÁNH SÁNG TRONG SỢI (2)

❖ Truyền ánh sáng trong sợi đơn mode (SM)

Hệ phương trình Maxwell:

. Sợi quang: vật liệu cách điện, đẳng hướng và tuyến tính

. Quá trình truyền sóng ánh sáng trong sợi quang tuân theo các phương trình Maxwell:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\partial \mathbf{B} / \partial t, \quad (2.1)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \partial \mathbf{D} / \partial t, \quad (2.2)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = 0, \quad (2.3)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0, \quad (2.4)$$

. Mật độ thông lượng quan hệ với các vector trường

$$\mathbf{D} = \epsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P}, \quad (2.5)$$

$$\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H} + \mathbf{M}, \quad (2.6)$$

. \mathbf{P} và \mathbf{M} là các phân cực điện và từ tương ứng, ở sợi quang $\mathbf{M} = 0$

TRUYỀN SÓNG ÁNH SÁNG TRONG SỢI (3)

❖ Truyền ánh sáng trong sợi đơn mode (SM)

Phương trình sóng đặc trưng cho sợi quang:

. Từ các phương trình Maxwell, lấy curl ptr (2.1) và sử dụng ptr (2.2), (2.5), (2.6) thu được phương trình sóng:

$$\nabla^2 \tilde{\mathbf{E}} + n^2(\omega) k_0^2 \tilde{\mathbf{E}} = 0, \quad (2.7)$$

. Tổng cộng có 3 thành phần E_x, E_y, E_z

. Tương tự ta cũng có $\nabla^2 \vec{H} + n^2(\omega) k_0^2 \vec{H} = 0 \iff H_x, H_y, H_z \quad (2.8)$

. Giải các phương trình sóng (2.7), (2.8) thu được các mode trong sợi quang.

TRUYỀN SÓNG ÁNH SÁNG TRONG SỢI (4)

❖ Các mode trong sợi quang:

. Trong sợi quang có các mode sau:

- *Mode dò*: Giam hãm một phần trong lõi và suy hao do bức xạ công suất khỏi lõi khi lan truyền bởi hiệu ứng xuyên ngầm của sợi (fiber-tunnel effect) hoặc bất kì mode có

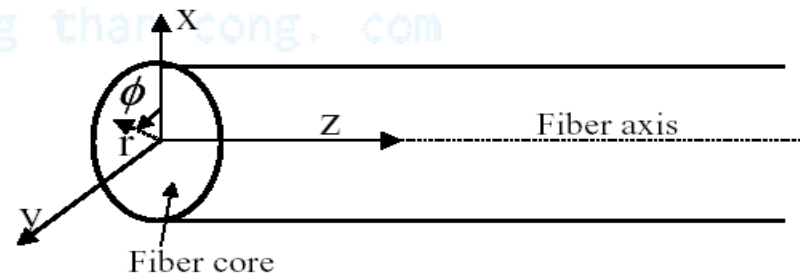
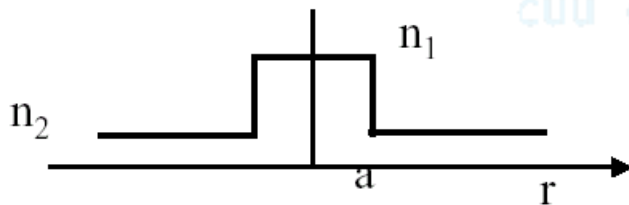
$$\beta < n_2 k_0$$

- *Mode bức xạ*: không bị giam hãm ở lõi, nằm ngoài góc nhận cực đại của sợi và bị khúc xạ khỏi lõi

- *Mode dẫn*: các mode có hệ số truyền dẫn

$$n_2 k_0 < \beta < n_1 k_0$$

. Xét sợi SI và chuyển sang tọa độ trụ:



TRUYỀN SÓNG ÁNH SÁNG TRONG SỢI (5)

❖ Sợi đơn mode:

. Chỉ truyền 1 mode cơ bản duy nhất, mode LP_{01} hoặc 2 HE_{11}

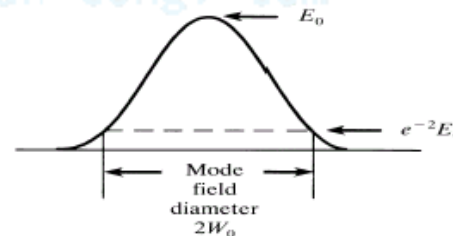
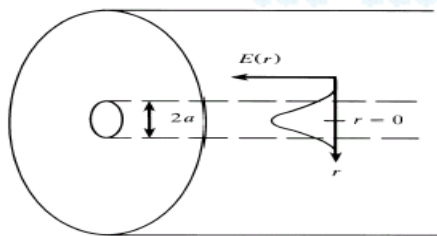
. Điều kiện đơn mode: $V < 2,405$ (2.9)

. Phân bố trường E_x hoặc E_y :

$$E_x = E_0 \begin{cases} [J_0(pr)/J_0(pa)] \exp(i\beta z); & r \leq a, \\ [K_0(qr)/K_0(qa)] \exp(i\beta z); & r > a, \end{cases} \quad (2.10)$$

. Gần đúng dạng Gauss:
$$\frac{J_0(pr)}{J_0(pa)} \sim \exp\left(-\frac{r^2}{w_0^2}\right) \quad (2.11)$$

w_0 - bán kính trường hay đường kính trường mode (MFD) $= 2w_0$



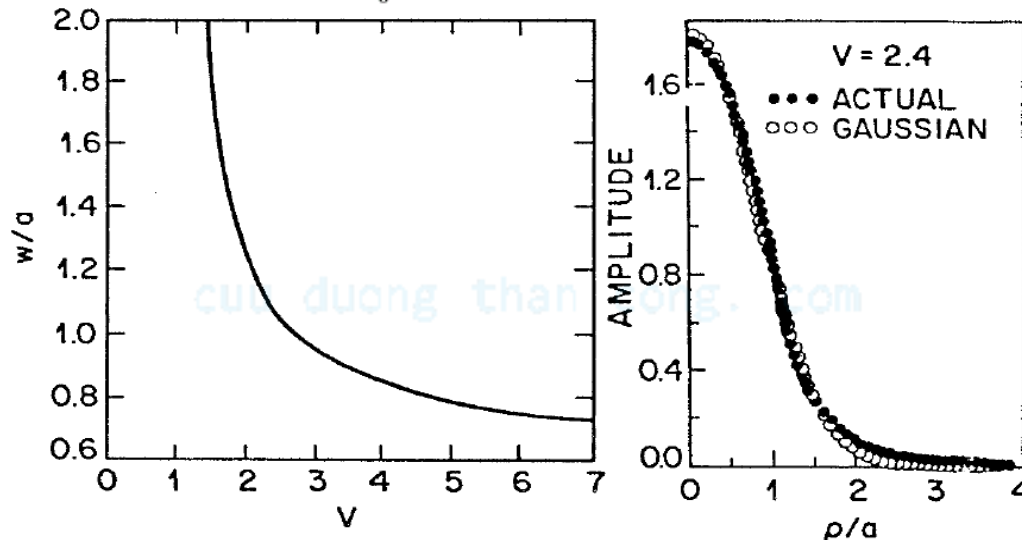
TRUYỀN SÓNG ÁNH SÁNG TRONG SỢI (6)

❖ Sợi đơn mode:

. Diện tích hiệu dụng (spot size): $A_{eff} = \pi w_0^2$ (2.12)

. Hệ số giam hãm: $\Gamma = \frac{P_{core}}{P_{total}} = \frac{\int_0^a |E_x|^2 r dr}{\int_0^\infty |E_x|^2 r dr} = 1 - \exp\left(-\frac{2a^2}{w_0^2}\right)$ (2.13)

All fibers: $2 < V < 2.4$



TÁN SẮC TRONG SỢI QUANG (1)

❖ Khái niệm:

. Tán sắc trong sợi quang gây ra sự giãn rộng xung ánh sáng khi lan truyền.

. Các loại tán sắc quan trọng:

- Tán sắc mode
- Tán sắc vật liệu
- Tán sắc ống dẫn sóng
- Tán sắc mode phân cực

. Vận tốc pha:
$$v_p = \frac{dz}{dt} = \frac{\omega}{k} \quad (2.14) \quad \beta = n\omega/c$$

. Vận tốc nhóm:
$$v_g = \frac{d\omega}{d\beta} \quad (2.15) \quad k = \omega/c$$

. Độ trễ nhóm:
$$\tau = \frac{1}{v_g} = \frac{d\beta}{d\omega} \quad \text{hay} \quad \tau = \frac{1}{c} \frac{d\beta}{dk} \quad (2.16)$$

TÁN SẮC TRONG SỢI QUANG (2)

❖ Tán sắc mode:

. Nguyên nhân:

- Sợi truyền nhiều mode

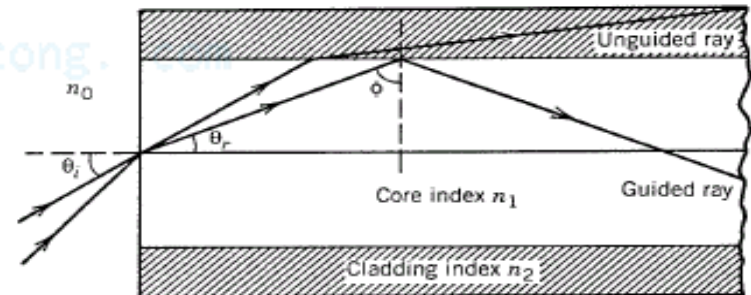
- Mỗi mode truyền có vận tốc nhóm khác nhau (mỗi mode có hằng số lan truyền khác nhau)

⇒ Lệch thời gian truyền gây ra tán sắc mode

. Đối với sợi MM-SI:

Độ lệch thời gian truyền giữa tia ngắn nhất (mode bậc thấp nhất) và tia dài nhất (mode bậc cao nhất).

$$\Delta T = \frac{n_1}{c} \left(\frac{L}{\sin \phi_c} - L \right) = \frac{L n_1^2}{c n_2} \Delta. \quad (2.17)$$



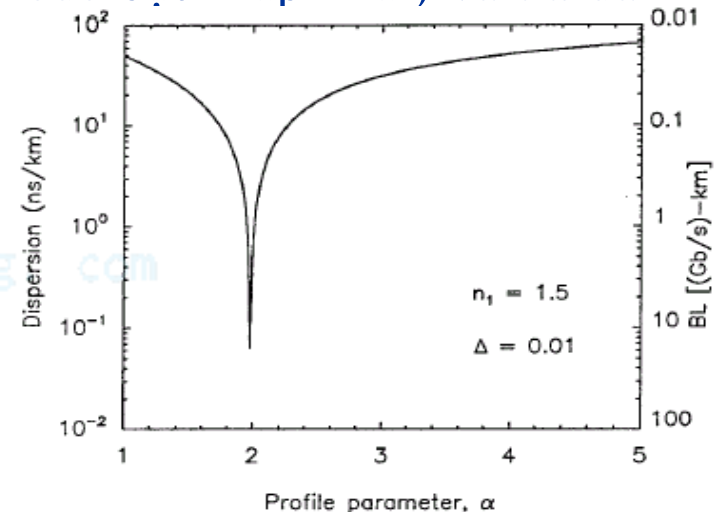
TÁN SẮC TRONG SỢI QUANG (3)

❖ Tán sắc mode:

. Đối với sợi MM-GI

- Các tia có quãng đường ngắn lan truyền với vận tốc chậm và ngược lại.
- Sợi GI có một mặt cắt chiết suất tối ưu ở đó độ trễ thời gian là nhỏ nhất.
- Độ lệch thời gian truyền giữa tia ngắn nhất (mode bậc thấp nhất) và tia dài nhất (mode bậc cao nhất)

$$\Delta T \approx \begin{cases} n_1 \Delta \frac{(\alpha - \alpha_{opt})L}{(\alpha + 2)c} & \alpha \neq \alpha_{opt} \\ \frac{n_1 \Delta^2 L}{2c} & \alpha = \alpha_{opt} \end{cases} \quad (2.18)$$



TÁN SẮC TRONG SỢI QUANG (4)

❖ Tán sắc vật liệu:

. Nguyên nhân:

- ánh sáng truyền trong sợi quang không đơn sắc mà có độ rộng phổ xác định.
- Tốc độ lan truyền của các thành phần phổ là khác nhau (do chiết suất là hàm của bước sóng)

⇒ Các thành phần phổ có thời gian truyền lệch nhau gây ra tán sắc vật liệu

$$D_M = \frac{d\tau}{d\lambda} = \frac{1}{c} \left[\frac{dn}{d\lambda} - \lambda \frac{d^2 n}{d\lambda^2} - \frac{dn}{d\lambda} \right] = - \frac{\lambda}{c} \frac{d^2 n}{d\lambda^2} \text{ [ps/(nm.km)]} \quad (2.19)$$

. Độ dẫn xung vì nguồn có độ rộng phổ $\Delta\lambda$ do tán sắc vật liệu là

$$\Delta\tau = D_M \cdot \Delta\lambda \cdot L \quad (2.20)$$

TÁN SẮC TRONG SỢI QUANG (5)

❖ Tán sắc ống dẫn sóng:

. Nguyên nhân:

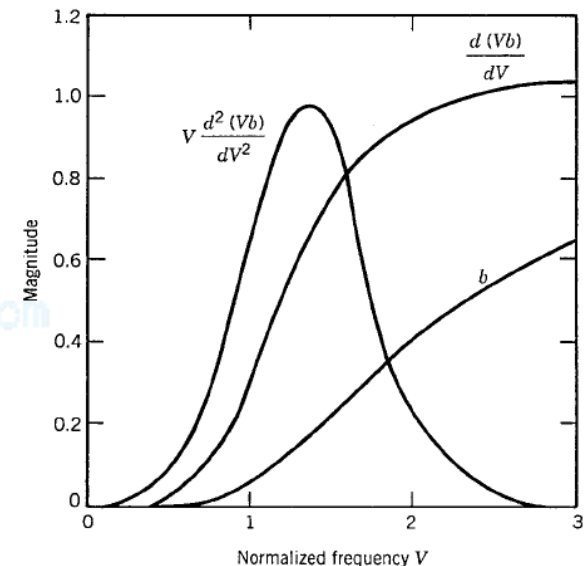
- ánh sáng truyền trong sợi không đơn sắc mà có độ rộng phổ xác định.
- Do hằng số lan truyền là hàm của a/λ nên vận tốc nhóm của các thành phần phổ là khác nhau \Rightarrow Các thành phần phổ có thời gian truyền lệch nhau gây ra tán sắc ống dẫn sóng.

. Hệ số tán sắc ống dẫn sóng:

$$D_w = \frac{d\tau}{d\lambda} = -\frac{V}{\lambda} \frac{d\tau}{dV} \approx -\frac{n_1 \Delta}{c \lambda} \left(V \frac{d^2(Vb)}{dV^2} \right) \quad (2.21)$$

. Độ dẫn xung vì nguồn có độ rộng phổ $\Delta\lambda$ do tán sắc ống dẫn sóng là:

$$\Delta\tau = D_w \cdot \Delta\lambda \cdot L \quad (2.22)$$



TÁN SẮC TRONG SỢI QUANG (6)

. Trong sợi đơn mode, hệ số tán sắc sắc thể:

$$D = D_M + D_W$$

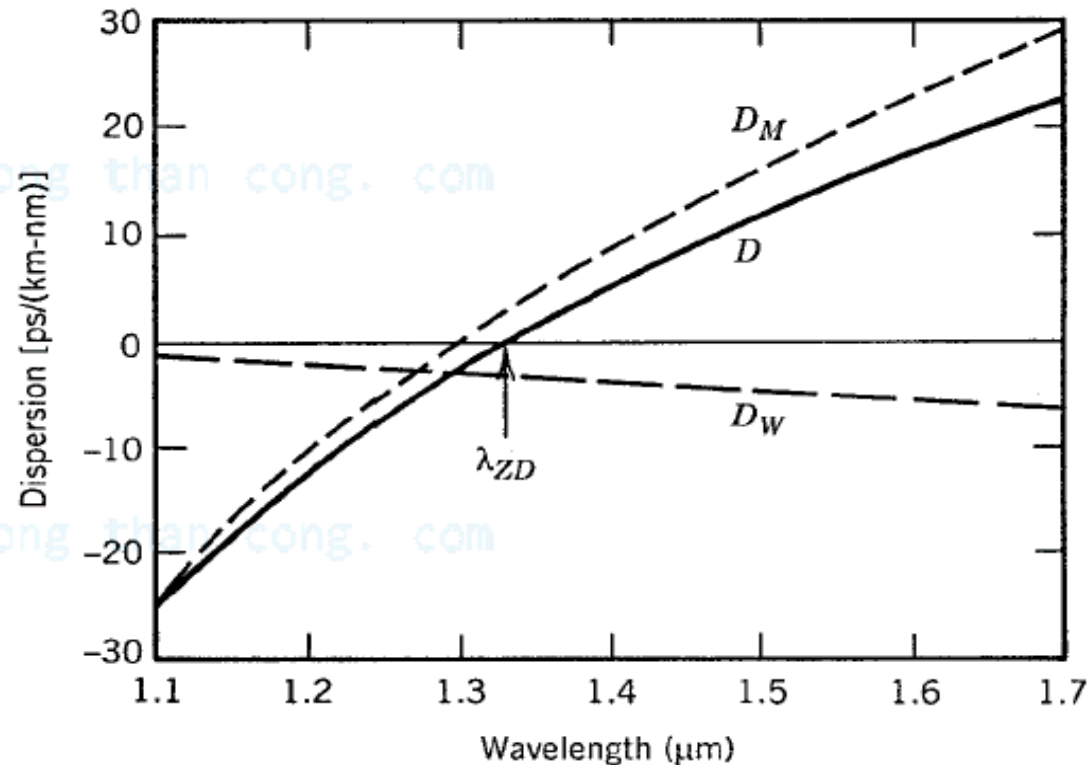
(2.23)

. Sợi đơn mode thông thường:

$D = 0$ tại $\lambda \approx 1310$ nm

$D = 15\text{-}20$ ps/(nm.km)

tại $\lambda = 1550$ nm



TÁN SẮC TRONG SỢI QUANG (7)

❖ Tán sắc bậc cao:

. Nguyên nhân: do $D \neq 0$ trong dải bước sóng nằm trong phổ xung quang quanh λ_{ZD} .

. Đặc trưng bởi độ dốc tán sắc: $S = dD/d\lambda$ hoặc

$$S = (2\pi c/\lambda^2)^2 \beta_3 + (4\pi c/\lambda^3) \beta_2, \quad (2.24)$$

Trong đó: $\beta_3 = d\beta_2/d\omega \equiv d^3\beta/d\omega^3$

Fiber Type and Trade Name	A_{eff} (μm^2)	λ_{ZD} (nm)	D (C band) [ps/(km-nm)]	Slope S [ps/(km-nm ²)]
Corning SMF-28	80	1302–1322	16 to 19	0.090
Lucent AllWave	80	1300–1322	17 to 20	0.088
Alcatel ColorLock	80	1300–1320	16 to 19	0.090
Corning Vascade	101	1300–1310	18 to 20	0.060
Lucent TrueWave-RS	50	1470–1490	2.6 to 6	0.050
Corning LEAF	72	1490–1500	2 to 6	0.060
Lucent TrueWave-XL	72	1570–1580	–1.4 to –4.6	0.112
Alcatel TeraLight	65	1440–1450	5.5 to 10	0.058

TÁN SẮC TRONG SỢI QUANG (8)

❖ Tán sắc mode phân cực (PMD):

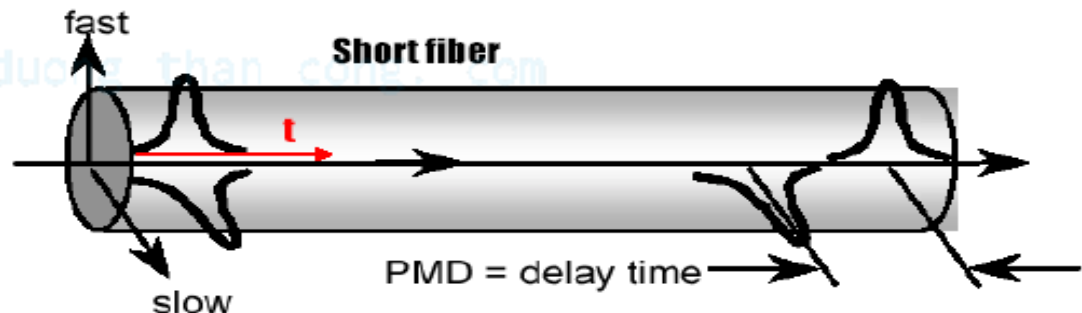
. Nguyên nhân:

- Sợi đơn mode có 2 mode phân cực trực giao
- Do sợi thực tế không hoàn hảo nên mỗi mode có chỉ số mode khác nhau (birefringence)

$$\beta_x \neq \beta_y$$

Độ lệch chỉ số mode $B_m = |\bar{n}_x - \bar{n}_y| = |\beta_x - \beta_y| / k_0$ (2.25)

- Xung quang truyền trong sợi một phần năng lượng mang bởi một trạng thái phân cực (trục nhanh), phần kia mang bởi trạng thái khác (trục chậm) \Rightarrow tán sắc mode phân cực (PMD).



SUY HAO TRONG SỢI QUANG (1)

❖ Khái niệm:

- Suy hao là sự suy giảm công suất của tín hiệu quang khi lan truyền qua sợi quang
- Sự thay đổi công suất quang trung bình truyền trong sợi tuân theo định luật Beer:



$$\frac{dP}{dz} = -\alpha P \quad (2.77) \quad \alpha - \text{hệ số suy hao}$$

- Công suất tại khoảng cách truyền dẫn L:

$$P(L) = P(0) \cdot \exp(-\alpha L) \quad (2.26)$$

- Hệ số suy hao:

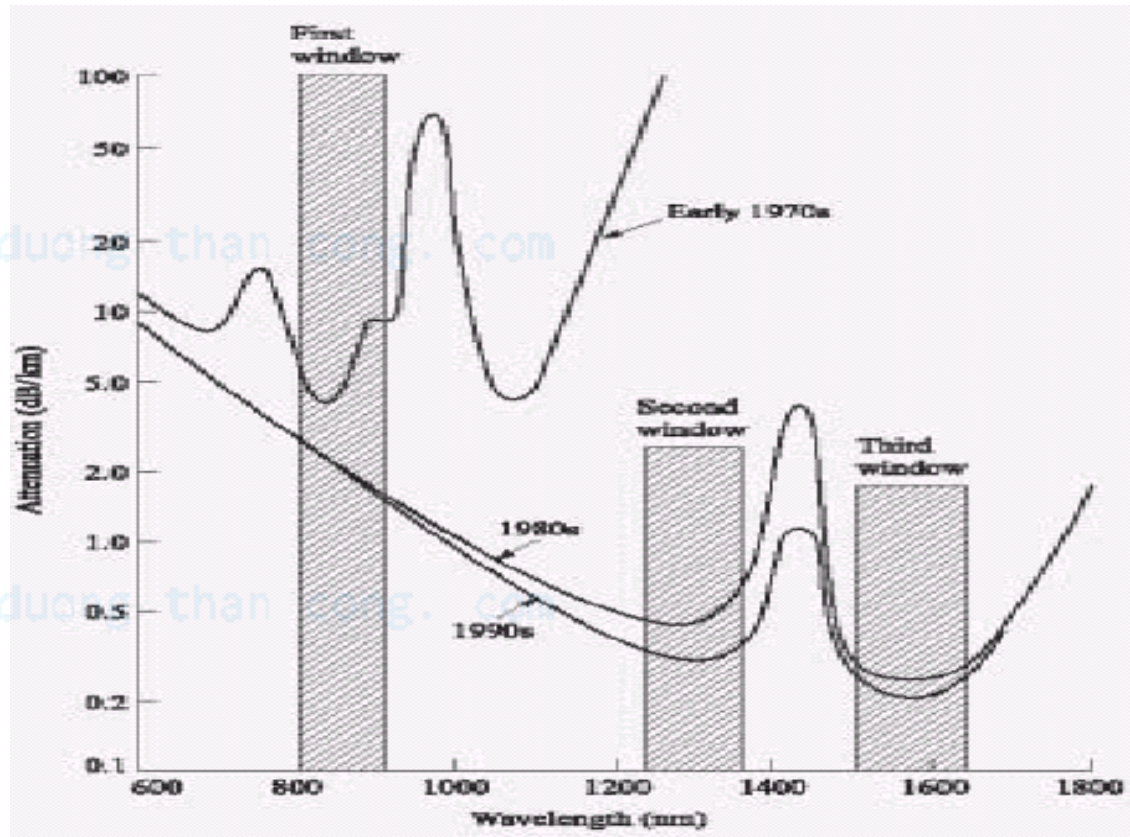
$$\alpha = \frac{1}{L} \ln \left[\frac{P(0)}{P(L)} \right] \quad [1/\text{km or } 1/\text{m}] \quad (2.27)$$

$$\alpha (\text{dB/km}) = -\frac{10}{L} \log_{10} \left(\frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \right) \approx 4.343 \alpha, \quad (2.28)$$

SUY HAO TRONG SỢI QUANG (2)

❖ Các nguyên nhân gây suy hao:

- Suy hao do hấp thụ
- Suy hao do tán xạ
- Suy hao do uốn cong
- Các suy hao khác



SUY HAO TRONG SỢI QUANG (3)

❖ Suy hao do hấp thụ:

- Gồm 2 loại chính: *Hấp thụ ngoài*

Hấp thụ thuần

- Hấp thụ ngoài: do có mặt của các ion tạp chất.

- Ion kim loại chuyển tiếp (Fe, Cu, Co, Ni, Mn và Cr): hấp thụ mạnh trong dải bước sóng 0,6 - 1,6 μm . (suy hao < 1 dB/km, lượng tạp chất < 1 ppb).

- ion OH^- : hấp thụ chính (có mặt của hơi nước trong thủy tinh).

Đỉnh hấp thụ chính tại 2,7 μm và các đỉnh hấp thụ khác 1,39; 1,24; 0,95 μm .

(suy hao < 1 dB/km, nồng độ ion OH^- phải < 10^{-8} . Hiện nay, nồng độ ion OH^- có thể đạt < 1 ppb).

SUY HAO TRONG SỢI QUANG (4)

❖ Suy hao do hấp thụ:

- Hấp thụ thuần: do sự hấp thụ của thủy tinh tạo nên sợi.
- Hấp thụ cực tím ($\lambda < 0,4 \mu\text{m}$):

Các photon kích thích điện tử trong dải hoá trị và kích thích lên mức năng lượng cao hơn (Cộng hưởng hay chuyển tiếp điện tử).

- Hấp thụ hồng ngoại ($\lambda > 7 \mu\text{m}$):

Tương tác giữa các liên kết dao động và trường của tín hiệu quang (Cộng hưởng dao động).

Do bản chất vô định hình của thủy tinh các cộng hưởng này ở dạng các dải hấp thụ có đuôi dài mở rộng vào vùng nhìn thấy.

Hấp thụ thuần trong dải $0.8\text{-}1.6 \mu\text{m} < 0,1 \text{ dB/km}$.

SUY HAO TRONG SỢI QUANG (5)

❖ Suy hao do tán xạ:

• Nguyên nhân:

- Sự thay đổi vi mô về mật độ trong vật liệu
- Sự thăng giáng thành phần trong vật liệu chế tạo sợi
- Các khuyết tật hoặc cấu trúc không đồng nhất trong quá trình sản xuất sợi
- Quan trọng: Sự thăng giáng mật độ dẫn đến các thăng giáng ngẫu nhiên của chiết suất n cỡ $<$ bước sóng $\lambda \Rightarrow$ Tán xạ Rayleigh

Suy hao từ tán xạ Rayleigh: $\alpha_R = \frac{C}{\lambda^4}$ (2.29)

Trong đó hằng số C nằm trong phạm vi 0,7-0,9 (dB/km). μm^4

$$\alpha_R = 0.12 - 0.16 \text{ dB/km tại } 1,55 \mu\text{m}$$

SUY HAO TRONG SỢI QUANG (6)

❖ Suy hao do uốn cong:

- Có 2 kiểu: *Uốn cong vĩ mô*

Vi uốn cong

- Uốn cong vĩ mô: bán kính uốn cong lớn so với đường kính sợi
- Khi bán uốn cong R giảm dần, suy hao tăng theo hàm mũ $\sim \exp(-R/R_c)$,

$$R_c = a/NA$$

- ở sợi đa mode: Số lượng mode truyền dẫn trong sợi bị uốn cong nhỏ hơn sợi thẳng.

Số lượng mode hiệu dụng:

$$N_{eff} = N_{\infty} \left\{ 1 - \frac{\alpha + 2}{2^{\alpha} \Delta} \left[\frac{2a}{R} + \left(\frac{3}{2n_2 k R} \right)^{2/3} \right] \right\} \quad (2.30)$$

$$N_{\infty} = \frac{\alpha}{\alpha + 2} (n_1 k a)^2 \Delta$$

SUY HAO TRONG SỢI QUANG (7)

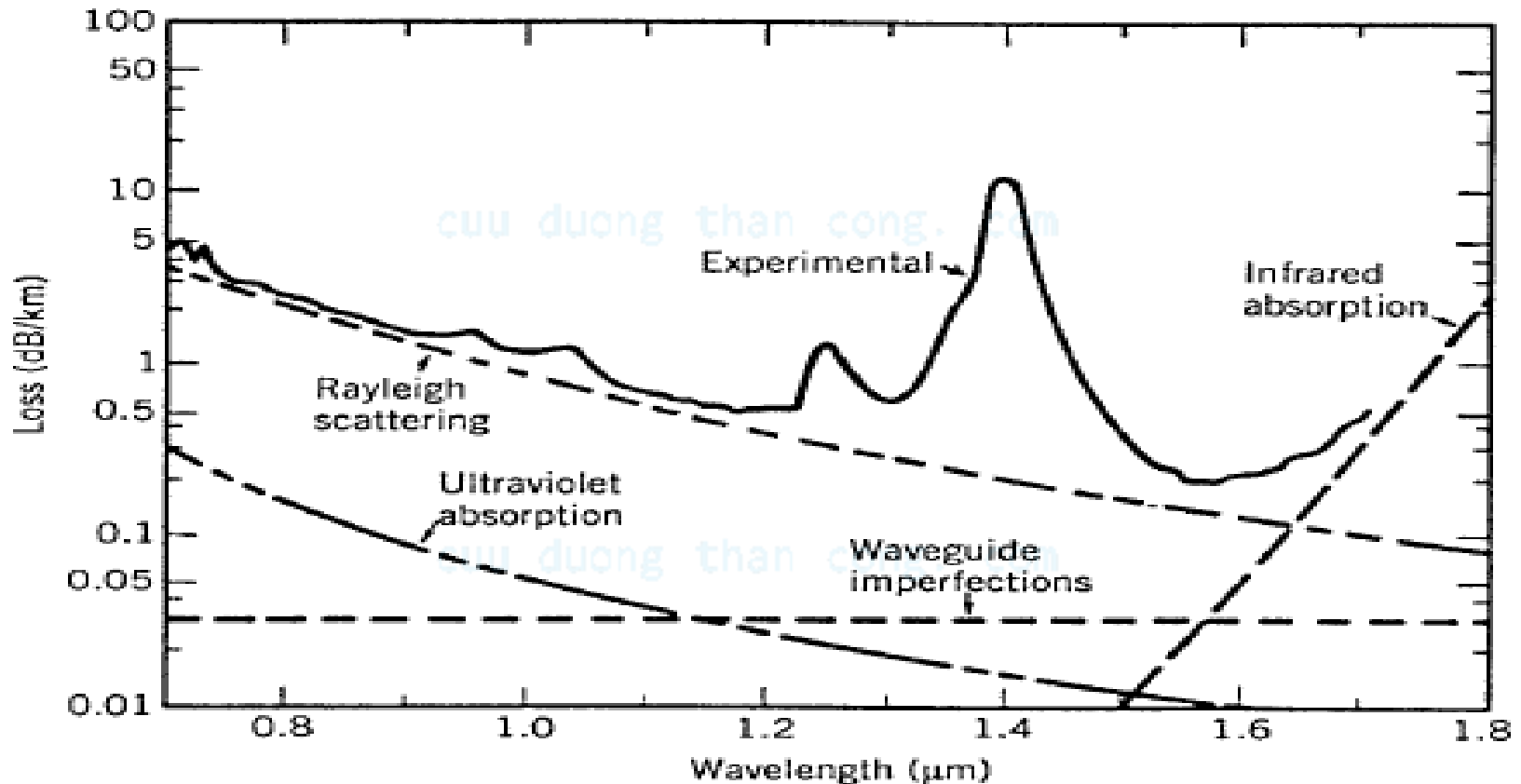
❖ Suy hao do uốn cong

- Vi uốn cong: bán kính uốn cong nhỏ theo trục
 - Do quá trình sản xuất sợi quang và chế tạo cáp sợi quang tạo lực nén không đều lên bề mặt.
 - Các méo dạng ngẫu nhiên quanh trục sợi → bề mặt không phẳng hoàn toàn → ghép cặp năng lượng mode giữa các mode dẫn và các mode dò hoặc không dẫn
 - Để giảm suy hao vi uốn cong bọc thêm lớp đệm chịu nén bằng polyme.

Đối với sợi SM chọn tham số V sát với giá trị cắt $V = 2,0 - 2,4$

SUY HAO TRONG SỢI QUANG (8)

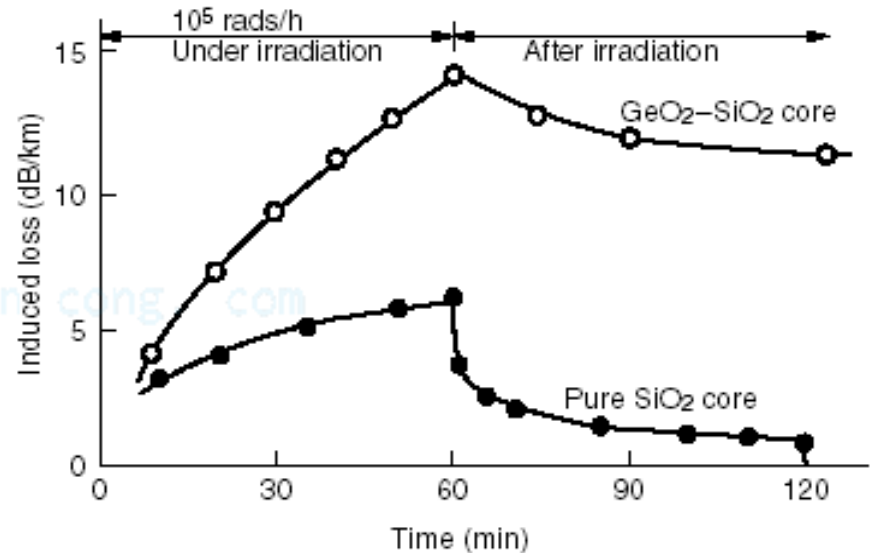
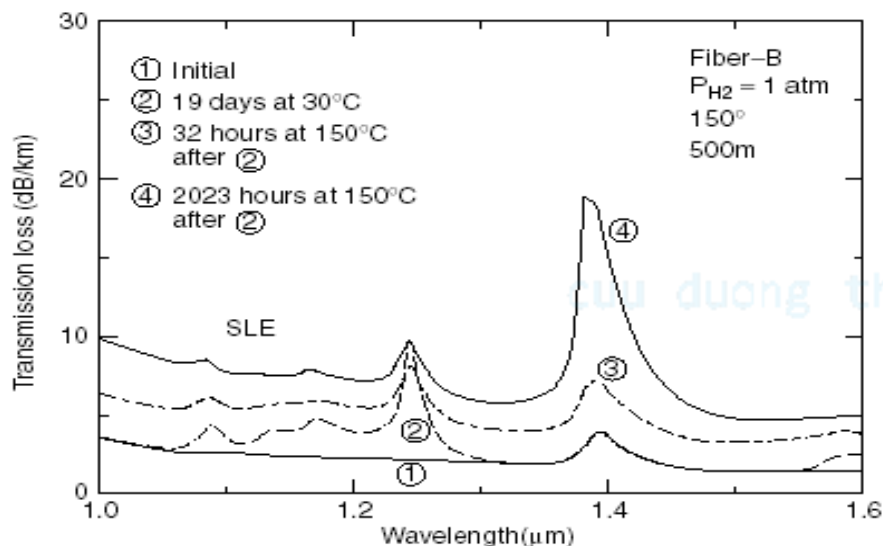
❖ Đặc tuyến suy hao trong sợi đơn mode



SUY HAO TRONG SỢI QUANG (9)

❖ Các suy hao khác:

- Suy hao do sự không hoàn hảo cấu trúc sợi quang
- Suy hao do hàn nối
- Suy hao trong môi trường hydrogenn và chiếu xạ gamma



HIỆU ỨNG PHI TUYẾN (1)

- Trường quang khi lan truyền trong sợi quang:

$$E(z+dz)=E(z)\exp[(-\alpha/2+i\beta+\gamma P(z,t)/2)dz] \quad (2.31)$$

trong đó: γ - hệ số phi tuyến $\gamma=(2\pi/\lambda)(n_2/A_{\text{eff}})$; n_2 - chiết suất phi tuyến

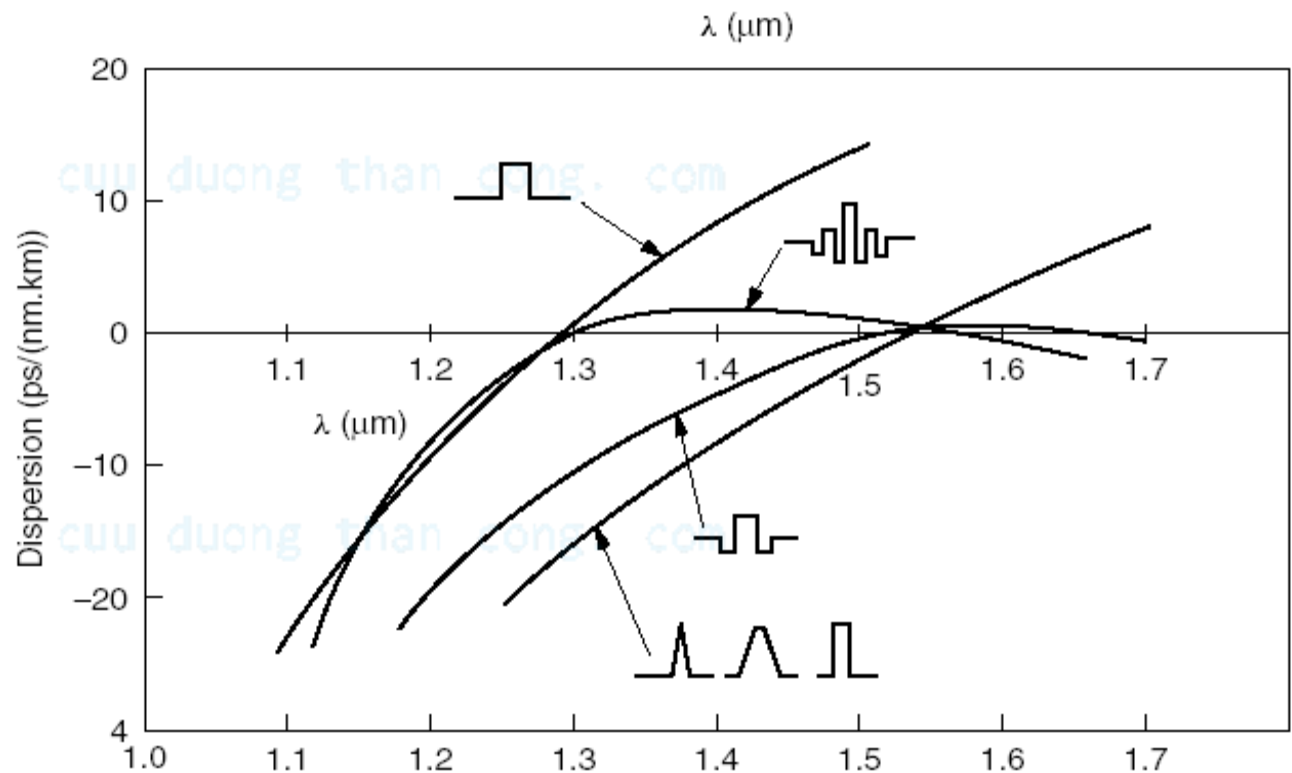
- Hiệu ứng phi tuyến chỉ ảnh hưởng khi công suất quang trong lõi sợi lớn (γ nhỏ)

- Các hiệu ứng phi tuyến trong sợi quang:

- Tán xạ kích thích (γ là thực):
 - + Tán xạ Raman kích thích (SRS)
 - + Tán xạ Brillouin kích thích (SBS)
- Điều chế pha phi tuyến (γ là ảo):
 - + Tự điều chế pha (SPM)
 - + Điều chế pha chéo (XPM)
 - + Trộn bốn sóng (FWM)

MỘT SỐ LOẠI SỢI QUANG MỚI (1)

- Thay đổi D_w để thay đổi $D \Rightarrow$ Các sợi quang mới
 - Sợi dịch tán sắc
 - Sợi tán sắc phẳng
 - Sợi bù tán sắc



CÁP SỢI QUANG (1)

❖ Sản xuất sợi quang:

. Sản xuất theo 2 giai đoạn:

- Chế tạo phôi: Có kích thước dài ~ 1 m, đường kính ~ 2 cm.

Sử dụng các phương pháp sau:

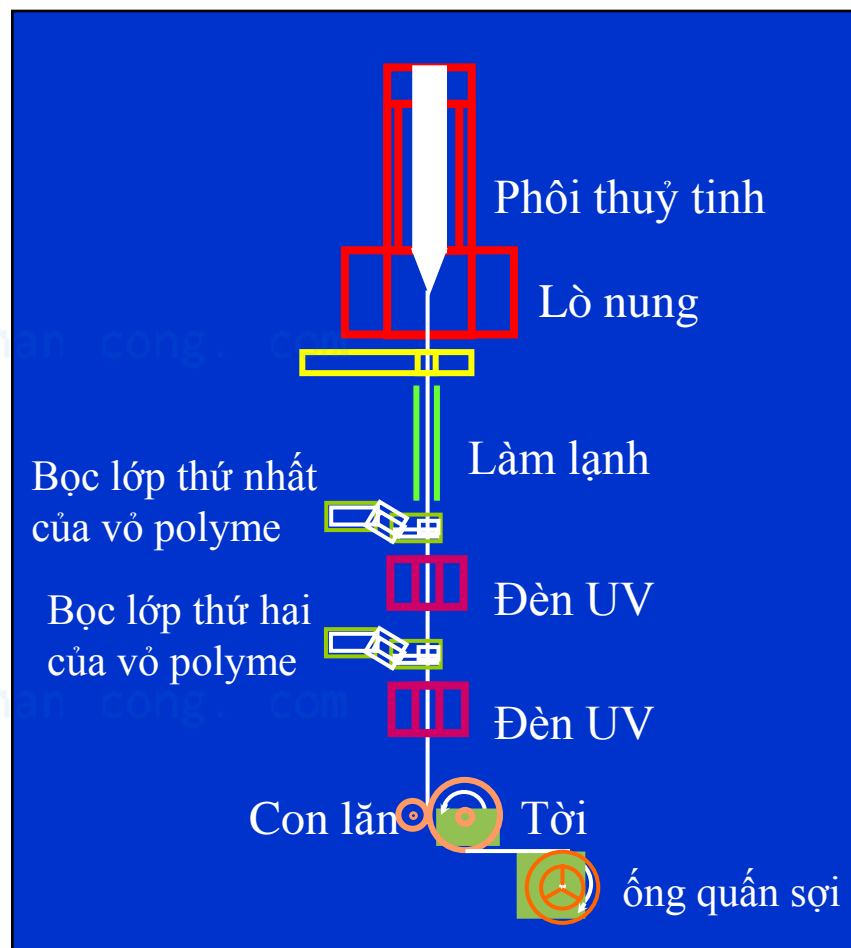
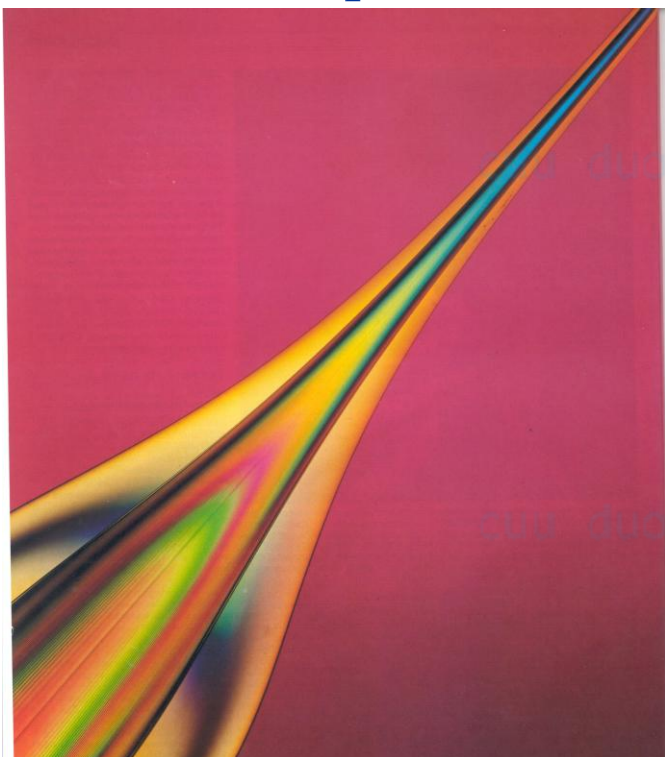
- + Phương pháp bay hơi lắng đọng bên trong (IVD)
- + Phương pháp bay hơi lắng đọng bên ngoài (OVD)
- + Phương pháp bay hơi lắng đọng đầu trực (AVD)

- Kéo sợi

CÁP SỢI QUANG (2)

❖ Sản xuất sợi quang:

Tạo phôi

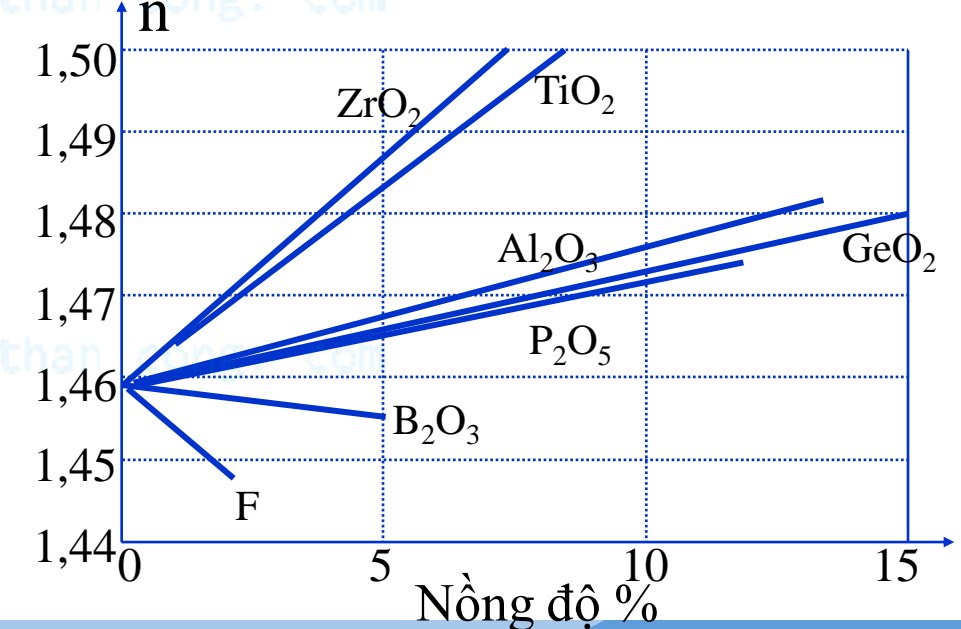
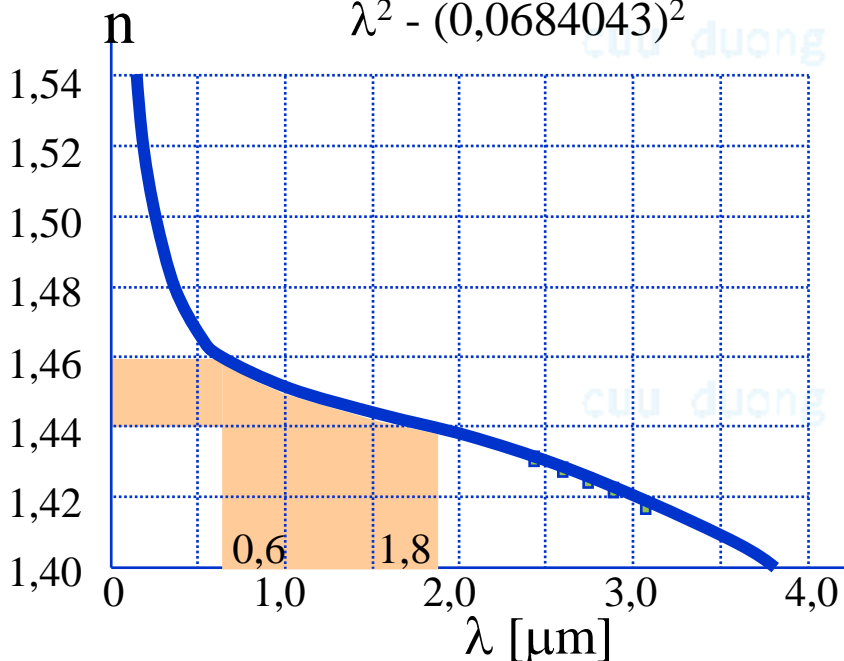


CÁP SỢI QUANG (3)

❖ Sản xuất sợi quang: (Vật liệu chế tạo)

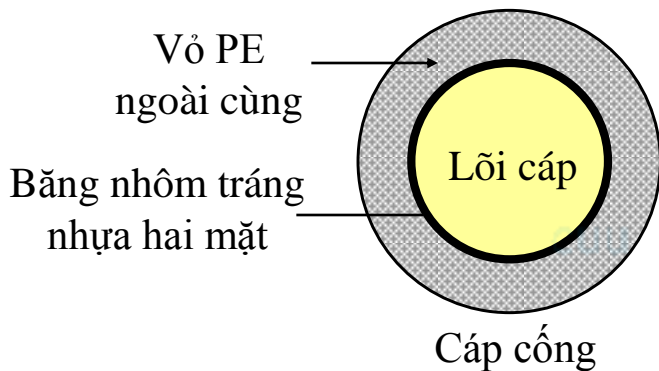
- Phương pháp thay đổi chiết xuất:

$$n^2 - 1 = \frac{0,6961663 \lambda^2}{\lambda^2 - (0,0684043)^2} + \frac{0,4079426 \lambda^2}{\lambda^2 - (0,1162414)^2} + \frac{0,8974794 \lambda^2}{\lambda^2 - (9,896161)^2}$$



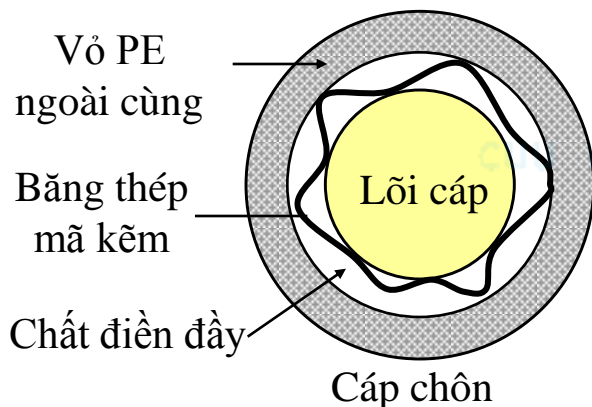
CÁP SỢI QUANG (4)

❖ Cấu trúc cáp sợi quang:



- Phần lõi:

- . Phần tử gia cường
- . Các ống đệm (khối ống đệm)
- . Các sợi dây đồng để cấp nguồn
- . Các phần tử độn & chất điền đầy

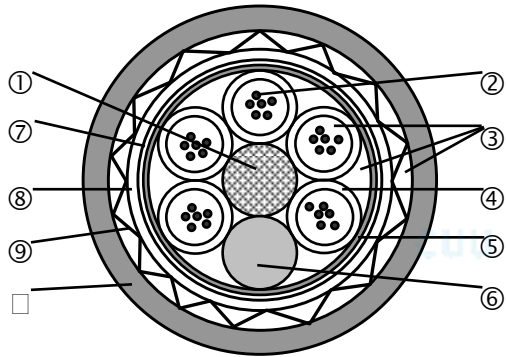


- Phần vỏ:

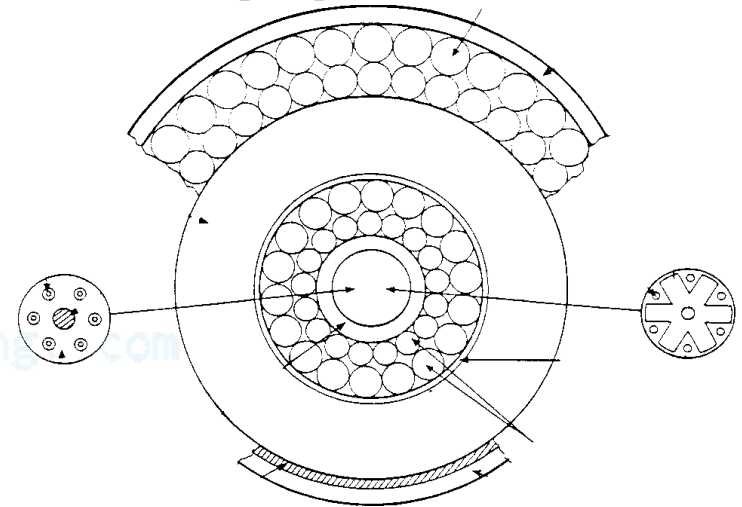
- . Vỏ PE thứ nhất bọc ngoài lõi (1mm)
- . Lớp chống ẩm và chống gặm nhấm
- . Vỏ PE ngoài cùng (1,5-2 mm)

CÁP SỢI QUANG (5)

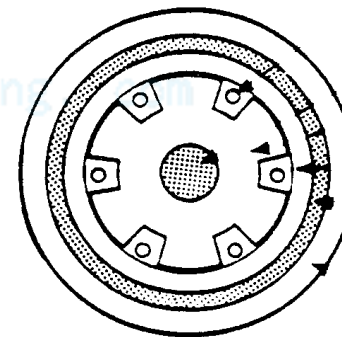
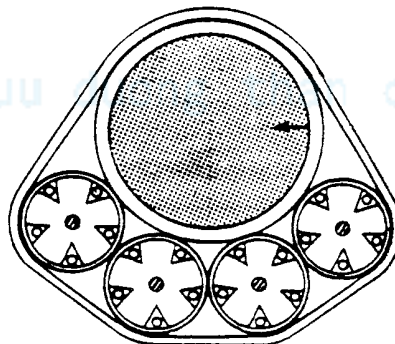
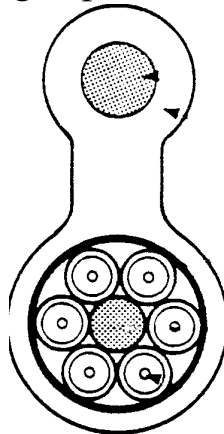
❖ Một số cáp sợi quang:



Mặt cắt ngang cáp chôn trực tiếp



Cấu trúc của cáp biên



Cấu trúc của cáp treo

CÁP SỢI QUANG (6)

❖ Kết nối cáp sợi quang (yếu tố ảnh hưởng):

- Chất lượng mặt cắt đầu sợi:

- + Không phẳng nhẵn, lồi lõm.
- + Dính bụi và các chất bẩn.
- + Không vuông góc với trục sợi.

- Vị trí tương đối giữa hai đầu sợi:

- + Lệch trục
- + Lệch tâm
- + Khe hở

- Các thông số hai sợi khác biệt nhau: đường kính lõi, đường kính vỏ, NA, độ méo
...

CÁP SỢI QUANG (7)

❖ Kết nối cáp sợi quang (connector):



Fiber channel (FC)



Square connector (SC)



Straight tip (ST)

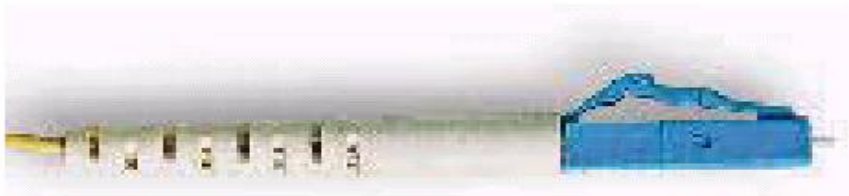
ferrule

CÁP SỢI QUANG (8)

❖ Kết nối cáp sợi quang (connector):



E2000



Lucent connector (LC)

- PC (physical contact)
- APC (Angled physical contact)

FC/PC, FC/APC, LC/PC, LC/APC,

CÁP SỢI QUANG (9)

❖ Kết nối cáp sợi quang (hàn nóng chảy):

