



TRƯỜNG ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA HÀ NỘI



Nguyễn Công Phương

Lý thuyết trường điện từ

Dẫn sóng & bức xạ

Nội dung

- I. Giới thiệu
- II. Giải tích vectơ
- III. Luật Coulomb & cường độ điện trường
- IV. Dịch chuyển điện, luật Gauss & divergence
- V. Năng lượng & điện thế
- VI. Dòng điện & vật dẫn
- VII. Điện môi & điện dung
- VIII. Các phương trình Poisson & Laplace
- IX. Từ trường dừng
- X. Lực từ & điện cảm
- XI. Trường biến thiên & hệ phương trình Maxwell
- XII. Sóng phẳng
- XIII. Phản xạ & tán xạ sóng phẳng
- XIV. Dẫn sóng & bức xạ**



Dẫn sóng & bức xạ

1. Trường của đường dây dài
2. Các kiểu dẫn sóng cơ bản
3. Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng
4. Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng
5. Dẫn sóng chữ nhật
6. Dẫn sóng điện môi phẳng
7. Cáp quang
8. Các nguyên lý cơ bản của anten

Trường của đường dây dài (1)

$$V_s(z) = V_0 e^{-j\beta z}$$

$$I_s(z) = \frac{V_0}{Z_0} e^{-j\beta z}$$

với $Z_0 = \sqrt{L/C}$

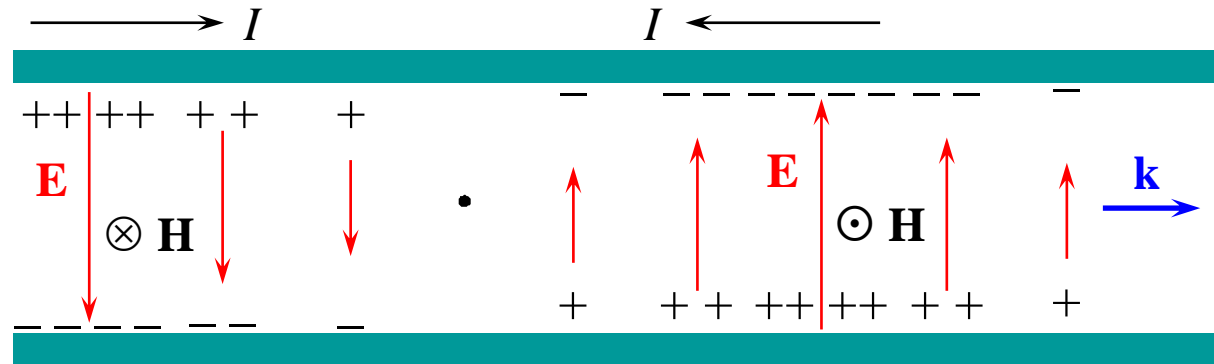
$$E_{sx}(z) = \frac{V_s}{d} = \frac{V_0}{d} e^{-j\beta z}$$

$$H_{sy}(z) = K_{sz} = \frac{I_s}{b} = \frac{V_0}{bZ_0} e^{-j\beta z}$$

$$\left. \begin{array}{l} E_{sx}(z) = \frac{V_s}{d} = \frac{V_0}{d} e^{-j\beta z} \\ H_{sy}(z) = K_{sz} = \frac{I_s}{b} = \frac{V_0}{bZ_0} e^{-j\beta z} \end{array} \right\} \rightarrow P_z = \int_0^b \int_0^d \frac{1}{2} \text{Re}\{E_{xs} \hat{H}_{ys}\} dx dy$$

$$= \frac{1}{2} \frac{V_0}{d} \frac{\hat{V}_0}{b\hat{Z}_0} (bd)$$

$$= \frac{|V_0|^2}{2\hat{Z}_0} = \frac{1}{2} \text{Re}[V_s \hat{I}_s]$$



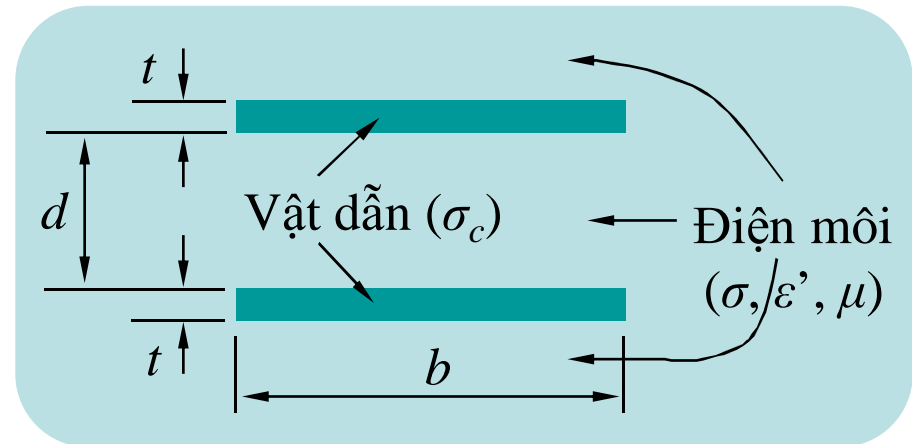
Trường của đường dây dài (2)

$$C = \frac{\epsilon' b}{d}$$

$$G = \frac{\sigma}{\epsilon'} C = \frac{\sigma b}{d}$$

$$L \approx L_{\text{ngoài}} = \frac{\mu d}{b}$$

$$R = \frac{2}{\sigma_c \delta b}$$



$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{d}{b} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon'}}$$

Trường của đường dây dài (3)

$$C = \frac{2\pi\epsilon'}{\ln(b/a)}$$

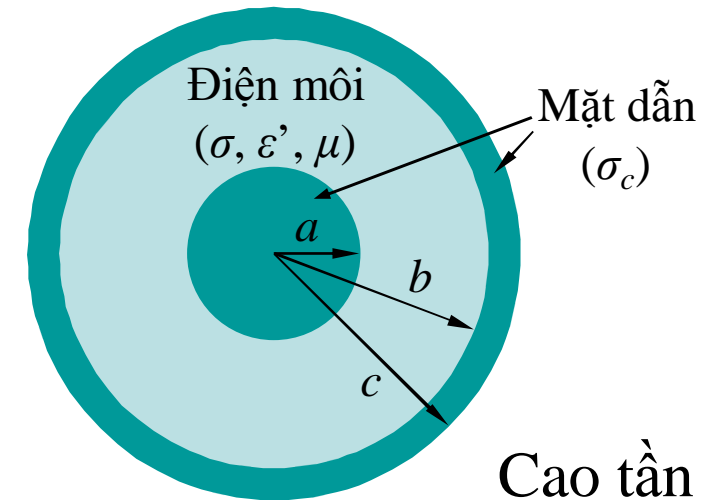
$$G = \frac{\sigma}{\epsilon'} C = \frac{2\pi\sigma}{\ln(b/a)}$$

$$L_{\text{ngoài}} = \frac{\mu}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$$

$$R_{\text{trong}} = \frac{1}{2\pi a \delta \sigma_c}, \quad R_{\text{ngoài}} = \frac{1}{2\pi b \delta \sigma_c}$$

$$R = \frac{1}{2\pi \delta \sigma_c} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right)$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_{\text{ngoài}}}{C}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon'}} \ln \frac{b}{a}$$



Trường của đường dây dài (4)

$$C = \frac{2\pi\epsilon'}{\ln(b/a)}$$

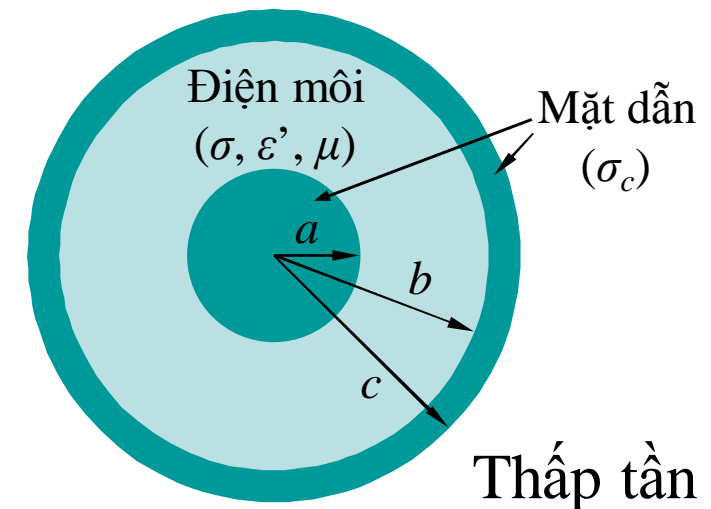
$$G = \frac{\sigma}{\epsilon'} C = \frac{2\pi\sigma}{\ln(b/a)}$$

$$R_{\text{trong}} = \frac{l}{\sigma_c S} = \frac{1}{\sigma_c (\pi a^2)}$$

$$R_{\text{ngoài}} = \frac{1}{\sigma_c [\pi(c^2 - b^2)]}$$

$$R = \frac{1}{\pi\sigma_c} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2 - b^2} \right)$$

$$L = \frac{\mu}{2\pi} \left[\ln \frac{b}{a} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4(c^2 - b^2)} \left(b^2 - 3c^2 + \frac{4c^2}{c^2 - b^2} \ln \frac{c}{b} \right) \right]$$



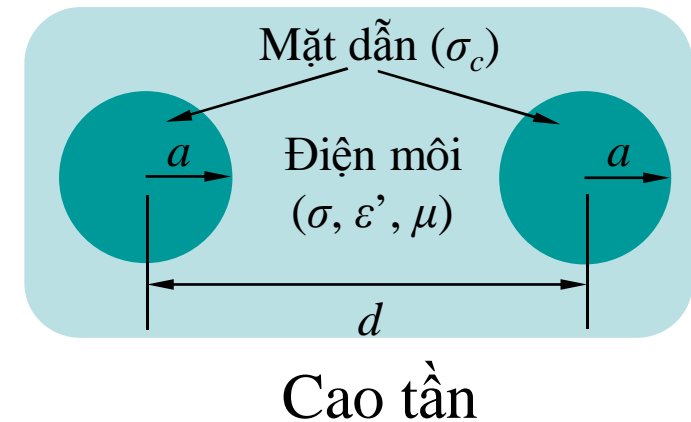
Trường của đường dây dài (5)

$$C = \frac{\pi \epsilon'}{\cosh^{-1}(d/2a)} \approx \frac{\pi \epsilon'}{\ln(d/a)} \quad (a \ll d)$$

$$L_{\text{ngoài}} = \frac{\mu}{\pi} \cosh^{-1}(d/2a) \approx \frac{\mu}{\pi} \ln \frac{d}{a} \quad (a \ll d)$$

$$G = \frac{\sigma}{\epsilon'} C = \frac{\pi \sigma}{\cosh^{-1}(d/2a)}$$

$$R = \frac{1}{\pi a \delta \sigma_c}$$



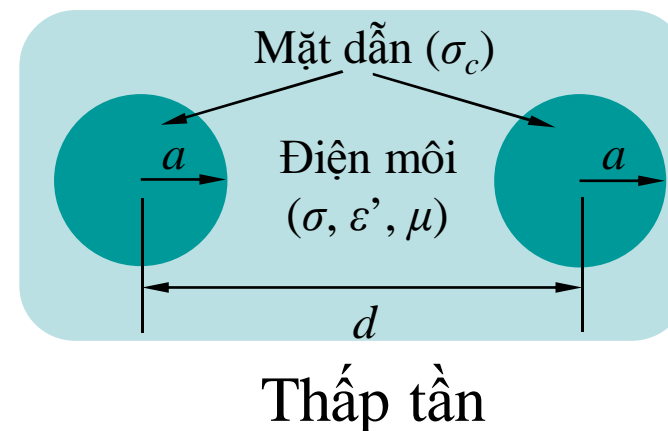
Trường của đường dây dài (5)

$$C = \frac{\pi \epsilon'}{\cosh^{-1}(d / 2a)}$$

$$G = \frac{\pi \sigma}{\cosh^{-1}(d / 2a)}$$

$$L = \frac{\mu}{\pi} \left[\frac{1}{4} + \cosh^{-1}(d / 2a) \right]$$

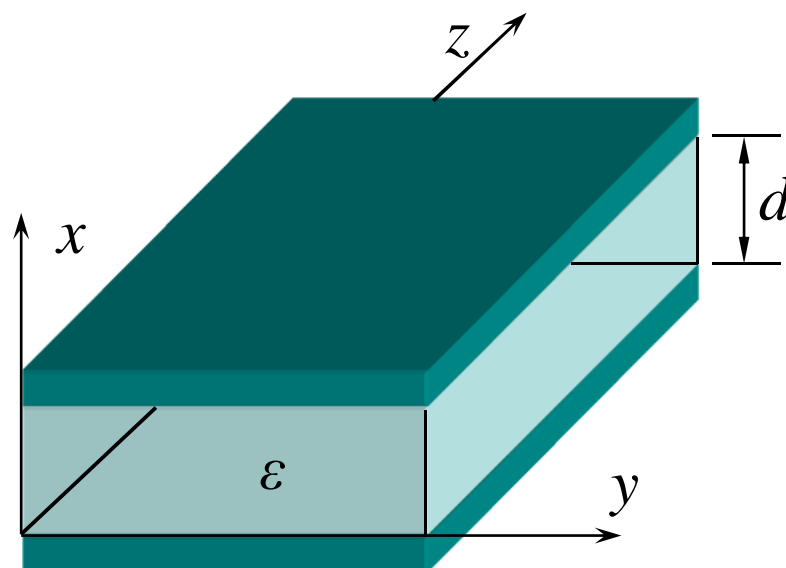
$$R = \frac{2}{\pi a^2 \sigma_c}$$



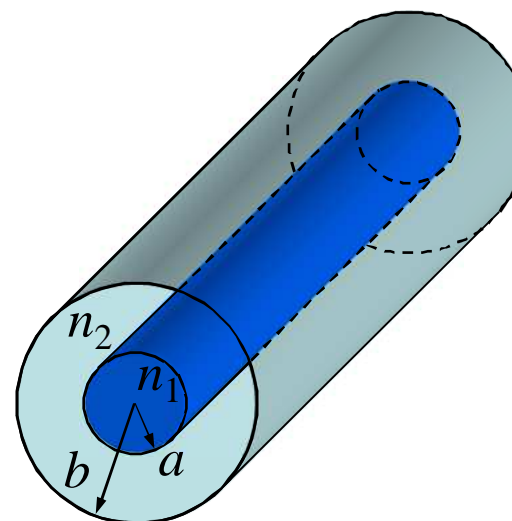
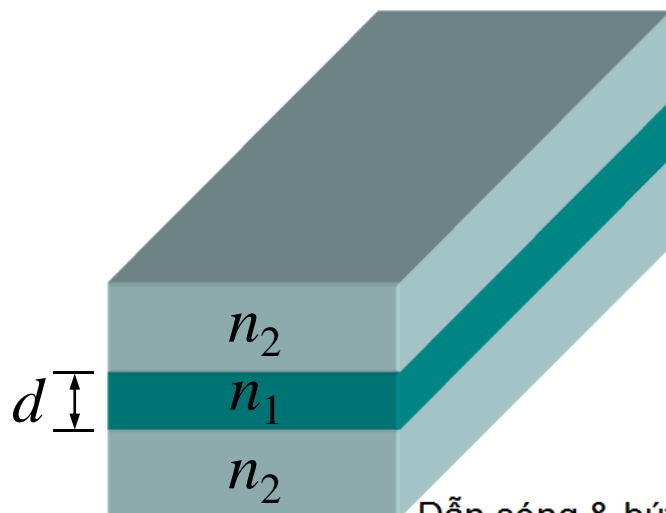
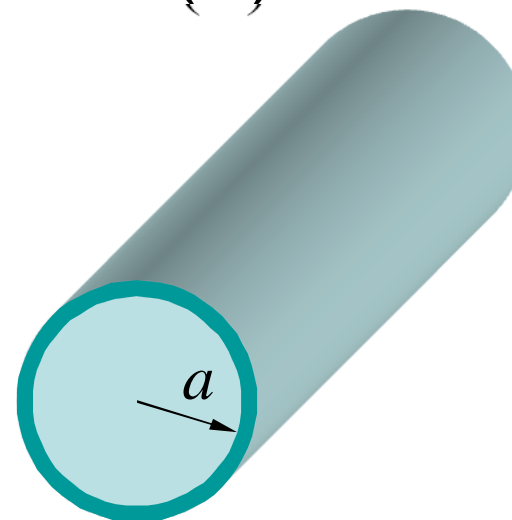
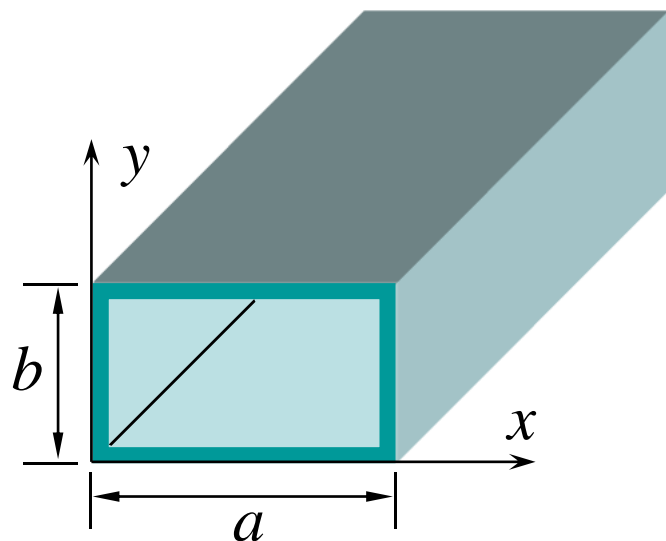
Dẫn sóng & bức xạ

1. Trường của đường dây dài
- 2. Các kiểu dẫn sóng cơ bản**
3. Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng
4. Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng
5. Dẫn sóng chữ nhật
6. Dẫn sóng điện môi phẳng
7. Cáp quang
8. Các nguyên lý cơ bản của anten

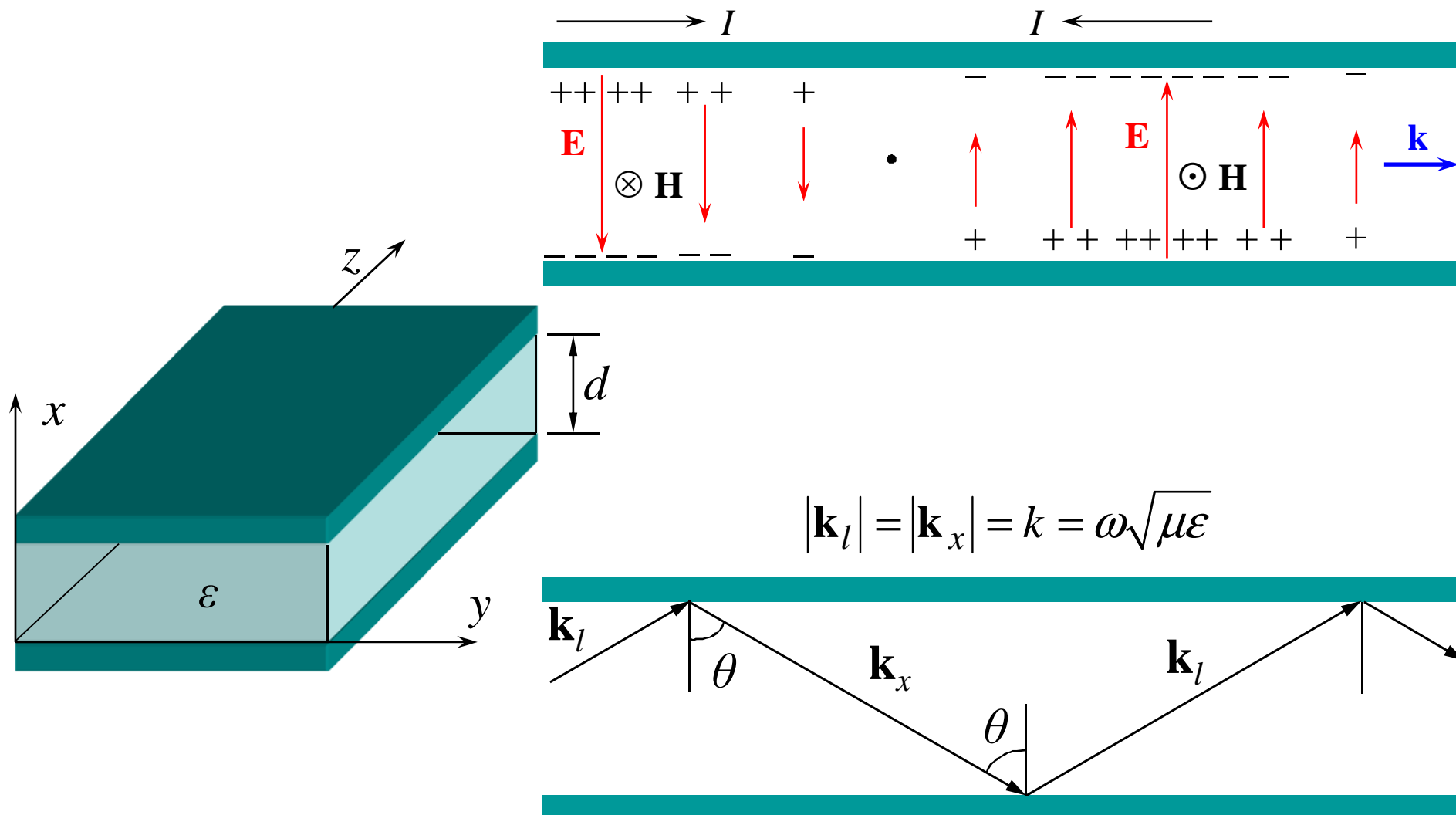
Các kiểu dẫn sóng cơ bản (1)



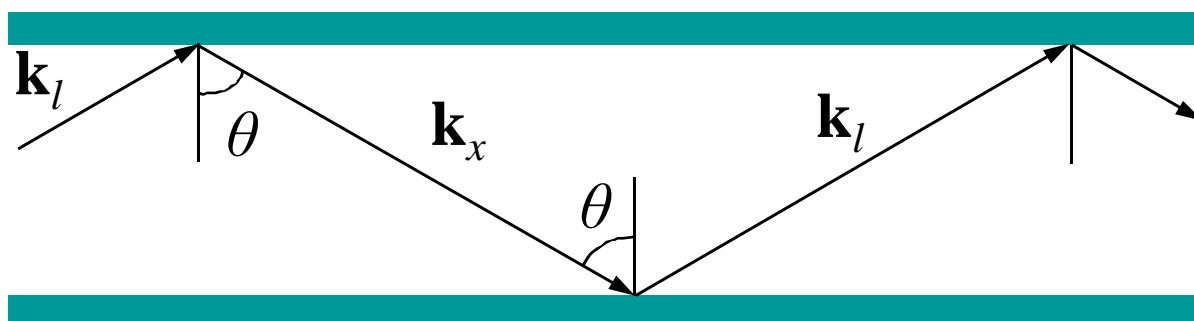
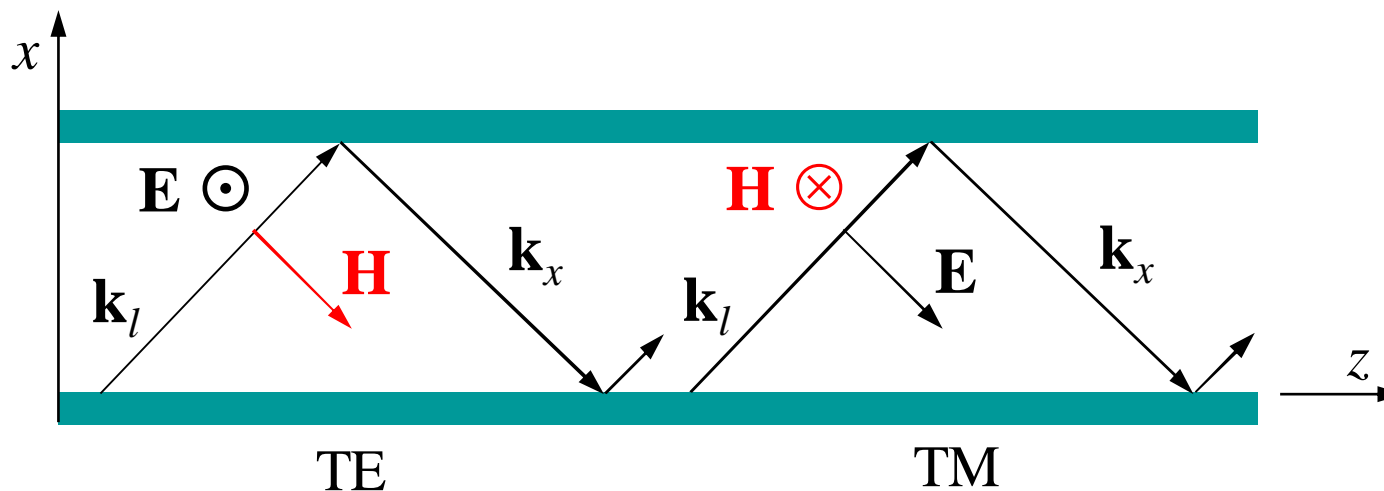
Các kiểu dẫn sóng cơ bản (2)



Các kiểu dẫn sóng cơ bản (3)



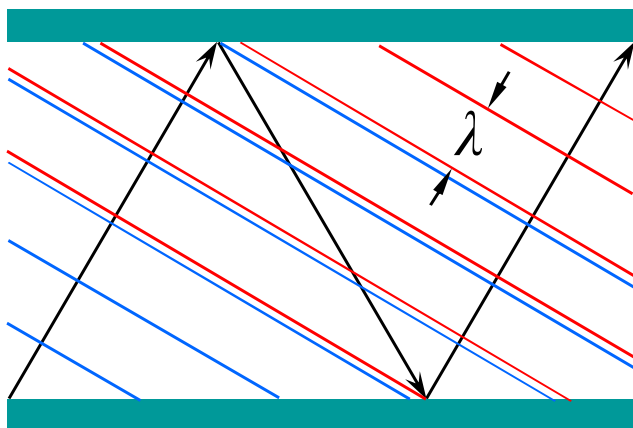
Các kiểu dẫn sóng cơ bản (4)



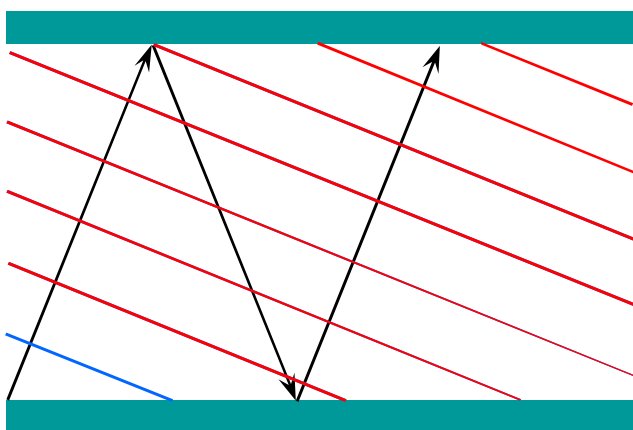
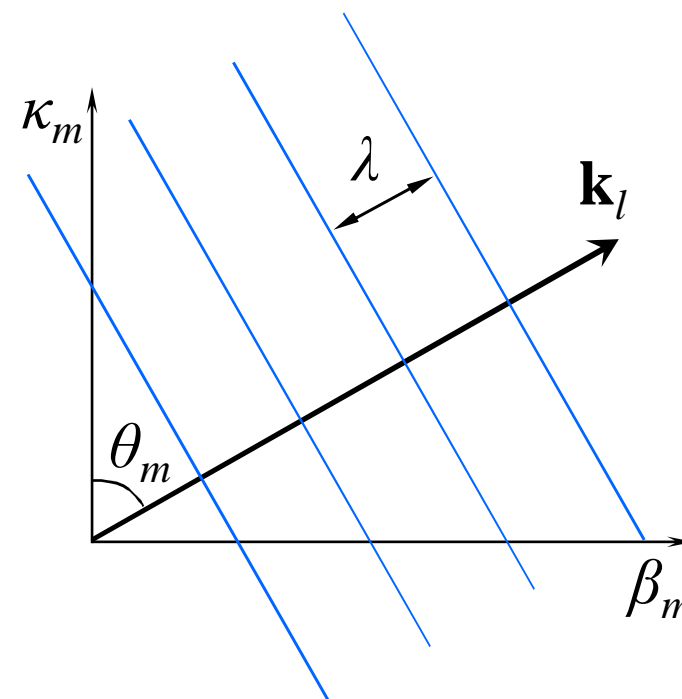
Dẫn sóng & bức xạ

1. Trường của đường dây dài
2. Các kiểu dẫn sóng cơ bản
- 3. Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng**
4. Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng
5. Dẫn sóng chữ nhật
6. Dẫn sóng điện môi phẳng
7. Cáp quang
8. Các nguyên lý cơ bản của anten

Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (1)

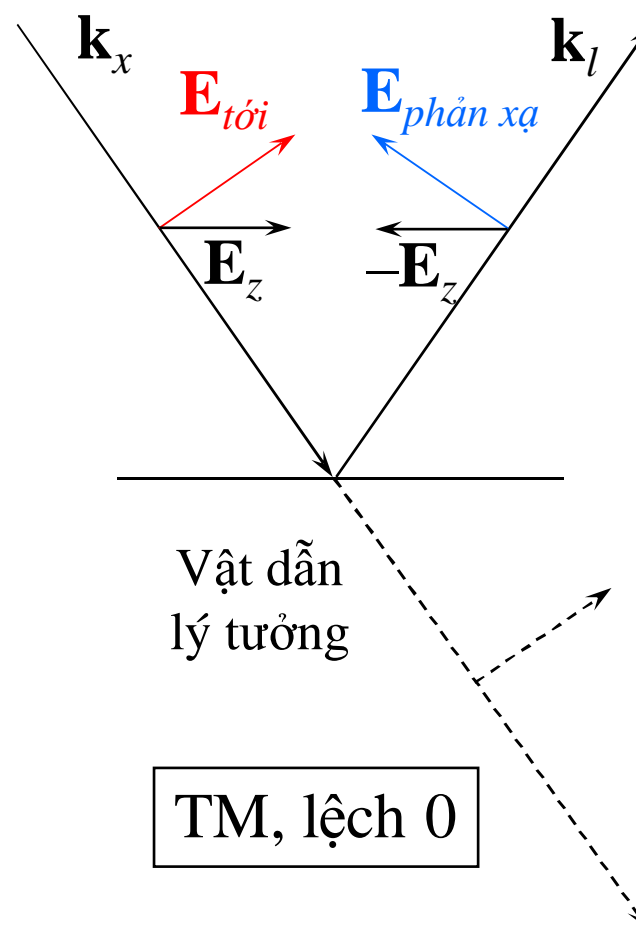
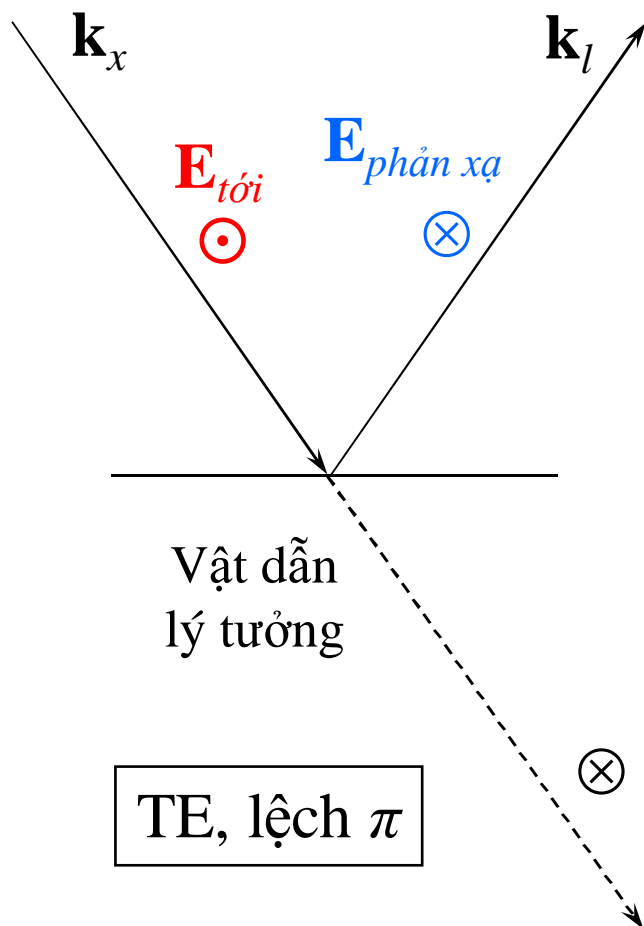


$$\beta_m = \sqrt{k^2 - \kappa_m^2}$$



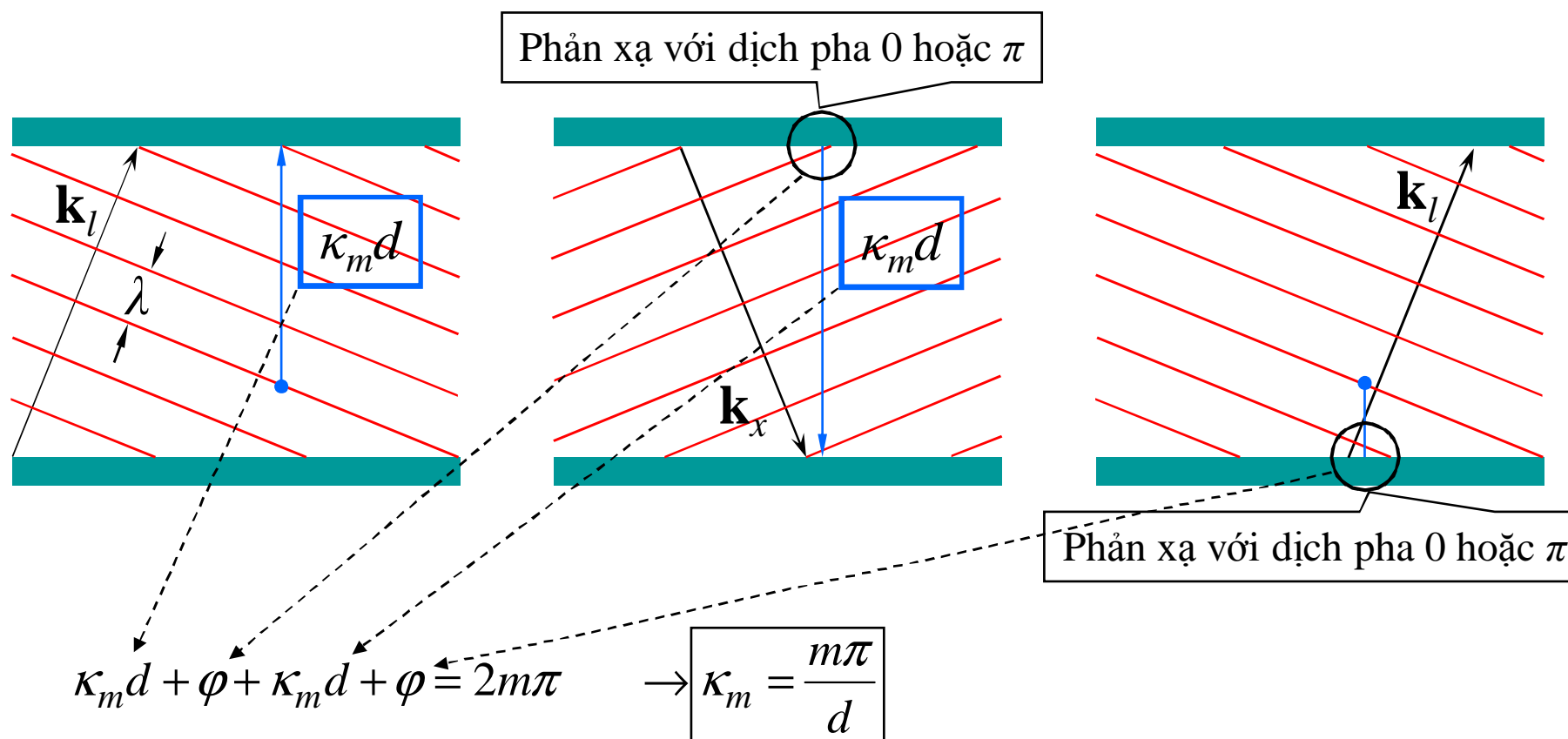
$$k = \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon'} = \frac{\omega \sqrt{\epsilon_r}}{c} = \frac{\omega n}{c}$$

Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (2)



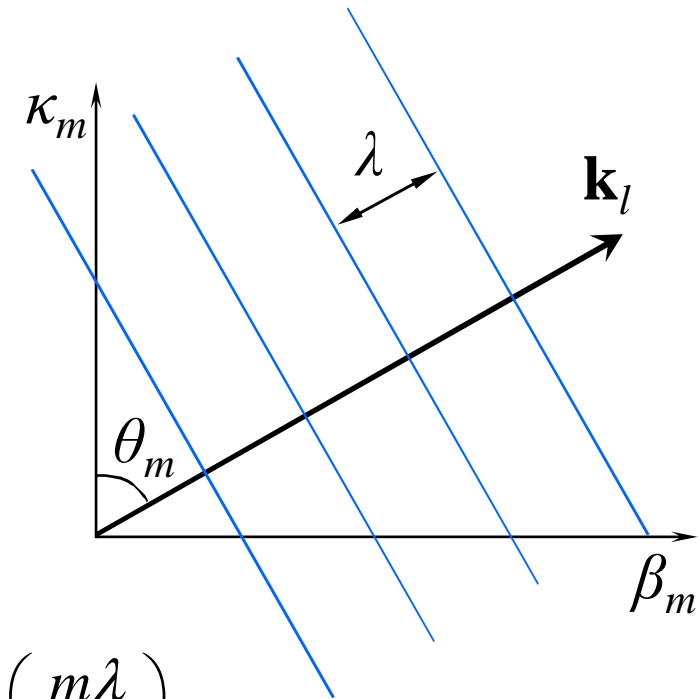
Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (3)

$$\beta_m = \sqrt{k^2 - \kappa_m^2} \quad k = \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon'} = \frac{\omega \sqrt{\epsilon_r}}{c} = \frac{\omega n}{c}$$



Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (4)

$$\left. \begin{aligned} \beta_m &= \sqrt{k^2 - \kappa_m^2} \\ k &= \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon'} = \frac{\omega \sqrt{\epsilon_r'}}{c} = \frac{\omega n}{c} \\ \kappa_m &= \frac{m\pi}{d} \\ \kappa_m &= k \cos \theta_m \end{aligned} \right\}$$



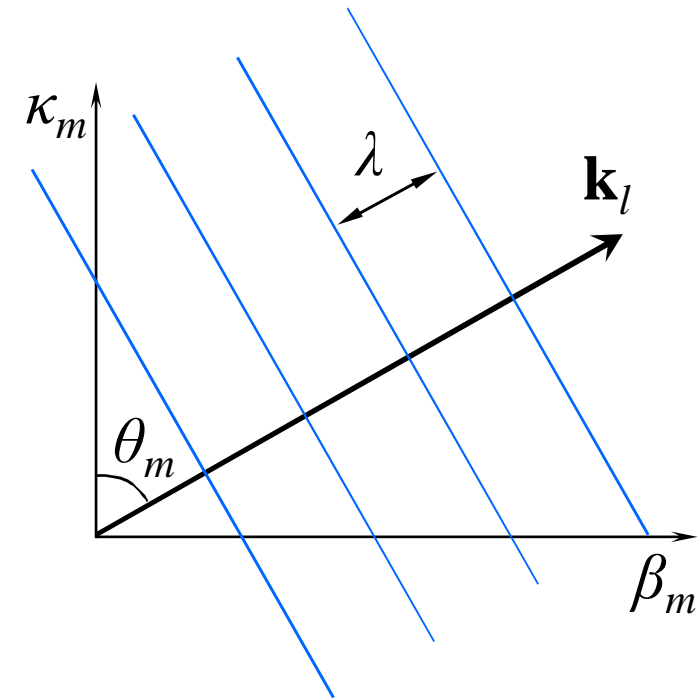
$$\rightarrow \left\{ \begin{aligned} \theta_m &= \arccos\left(\frac{m\pi}{kd}\right) = \arccos\left(\frac{m\pi c}{\omega nd}\right) = \arccos\left(\frac{m\lambda}{2nd}\right) \\ \beta_m &= \sqrt{k^2 - \kappa_m^2} = k \sqrt{1 - \left(\frac{m\pi}{kd}\right)^2} = k \sqrt{1 - \left(\frac{m\pi c}{\omega nd}\right)^2} \end{aligned} \right.$$

Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (5)

Định nghĩa: $\omega_{cm} = \frac{m\pi c}{nd}$

$$\left. \begin{aligned} \beta_m &= k \sqrt{1 - \left(\frac{m\pi c}{\omega nd} \right)^2} \\ \rightarrow \beta_m &= \frac{n\omega}{c} \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_{cm}}{\omega} \right)^2} \\ \lambda_{cm} &= \frac{2\pi c}{\omega_{cm}} = \frac{2nd}{m} \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \beta_m = \frac{2\pi n}{\lambda} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_{cm}} \right)^2}$$



Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (6)

Ví dụ 1

Xét đường dây dẫn sóng song phẳng, khoảng cách giữa 2 mặt dẫn là $d = 1$ cm, được điền đầy teflon với $\varepsilon'_r = 2,1$. Xác định tần số hoạt động của sóng để nó có thể lan truyền ở chế độ $m = 1$.

$$\omega_{c1} = \frac{m\pi c}{nd} = \frac{1\pi c}{\sqrt{\varepsilon'_r} d} = \frac{\pi \cdot 3 \cdot 10^8}{\sqrt{2,1} \cdot 10^{-2}} = \frac{3\pi}{\sqrt{2,1}} 10^{10}$$

$$f_{c1} = \frac{\omega_{c1}}{2\pi} = \frac{3\pi \cdot 10^{10}}{2\pi \sqrt{2,1}} = 1,03 \cdot 10^{10} \text{ Hz} = 10,3 \text{ GHz}$$

$$10,3 \text{ GHz} < f < 20,6 \text{ GHz}$$

Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (7)

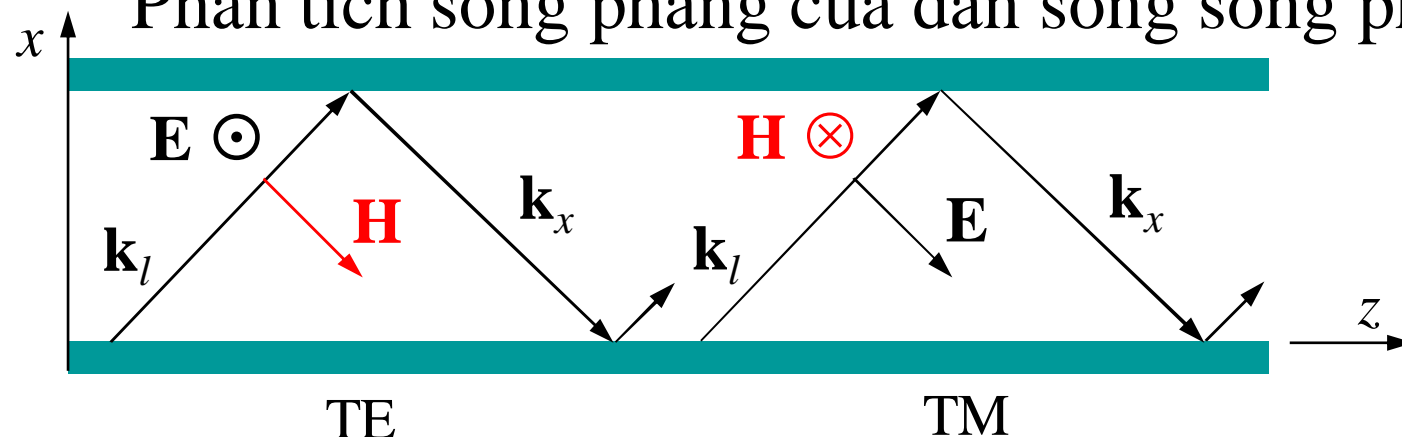
Ví dụ 2

Xét đường dây dẫn sóng song phẳng, khoảng cách giữa 2 mặt dẫn là $d = 1$ cm, được điền đầy teflon với $\varepsilon'_r = 2,1$. Bước sóng của sóng hoạt động là $\lambda = 2$ mm. Có bao nhiêu chế độ sóng lan truyền được?

$$\lambda_{cm} = \frac{2nd}{m} \rightarrow 2 \cdot 10^{-3} < \frac{2\sqrt{2,1} \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{m}$$

$$\rightarrow m < \frac{2\sqrt{2,1} \cdot 10}{2} = 14,5$$

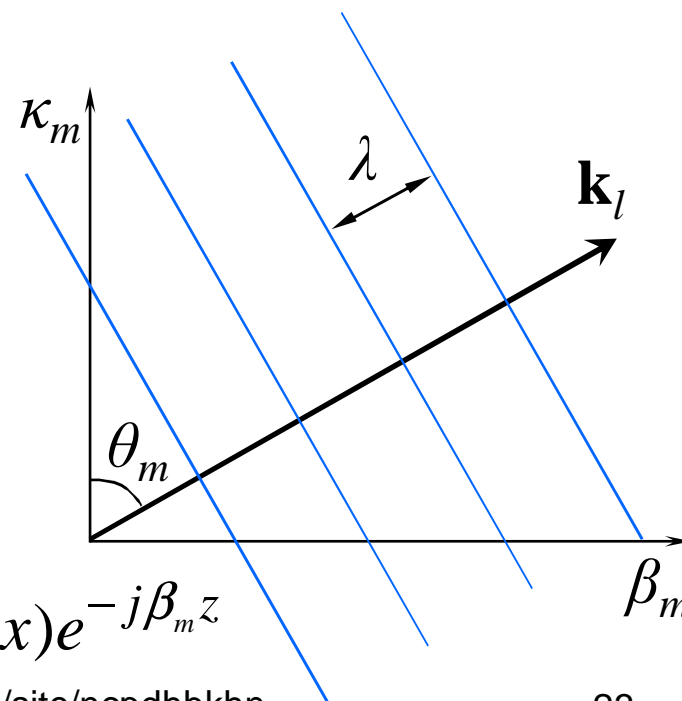
Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (8)



$$\left. \begin{aligned} E_{ys} &= E_0 e^{-j\mathbf{k}_l \cdot \mathbf{r}} - E_0 e^{-j\mathbf{k}_x \cdot \mathbf{r}} \\ \mathbf{k}_l &= \kappa_m \mathbf{a}_x + \beta_m \mathbf{a}_z \\ \mathbf{k}_x &= -\kappa_m \mathbf{a}_x + \beta_m \mathbf{a}_z \\ \mathbf{r} &= x\mathbf{a}_x + z\mathbf{a}_z \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow E_{ys} = E_0 (e^{-j\kappa_m x} - e^{j\kappa_m x}) e^{-j\beta_m z}$$

$$= 2jE_0 \sin(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} = E'_0 \sin(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z}$$



Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (9)

$$\left. \begin{aligned}
 E_{ys} &= E_0 (e^{-j\kappa_m x} - e^{j\kappa_m x}) e^{-j\beta_m z} \\
 &= 2jE_0 \sin(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} = E'_0 \sin(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} \\
 \rightarrow E_y(z, t) &= \text{Re}[E_{ys} e^{j\omega t}] = E'_0 \sin(\kappa_m x) \cos(\omega t - \beta_m z) \\
 \beta_m &= \frac{n\omega}{c} \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_{cm}}{\omega}\right)^2} \quad \left. \begin{array}{l} \rightarrow -j|\beta_m| = -j\alpha_m \\ \text{Nếu } \omega < \omega_{cm} \end{array} \right\}
 \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \begin{cases} E_{ys} = E'_0 \sin(\kappa_m x) e^{-\alpha_m z} \\ E(z, t) = E'_0 \sin(\kappa_m x) e^{-\alpha_m z} \cos \omega t \end{cases}$$

Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (10)

$$\beta_m = \frac{n\omega}{c} \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_{cm}}{\omega} \right)^2} = \frac{n}{c} \sqrt{\omega^2 - \omega_{cm}^2} \left. \vphantom{\frac{n\omega}{c}} \right\} \omega < \omega_{cm}$$

$$\rightarrow \alpha_m = \frac{n}{c} \sqrt{\omega_{cm}^2 - \omega^2} = \frac{n\omega_{cm}}{c} \sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_{cm}} \right)^2} = \frac{2\pi n}{\lambda_{cm}} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_{cm}}{\lambda} \right)^2}$$

$$\theta_m = \arccos \left(\frac{m\pi}{kd} \right) = \arccos \left(\frac{m\pi c}{\omega nd} \right) = \arccos \left(\frac{m\lambda}{2nd} \right) \left. \vphantom{\arccos} \right\} \omega_{cm} = \frac{m\pi c}{nd}$$

$$\rightarrow \cos \theta_m = \frac{\omega_{cm}}{\omega} = \frac{\lambda}{\lambda_{cm}}$$

Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng (11)

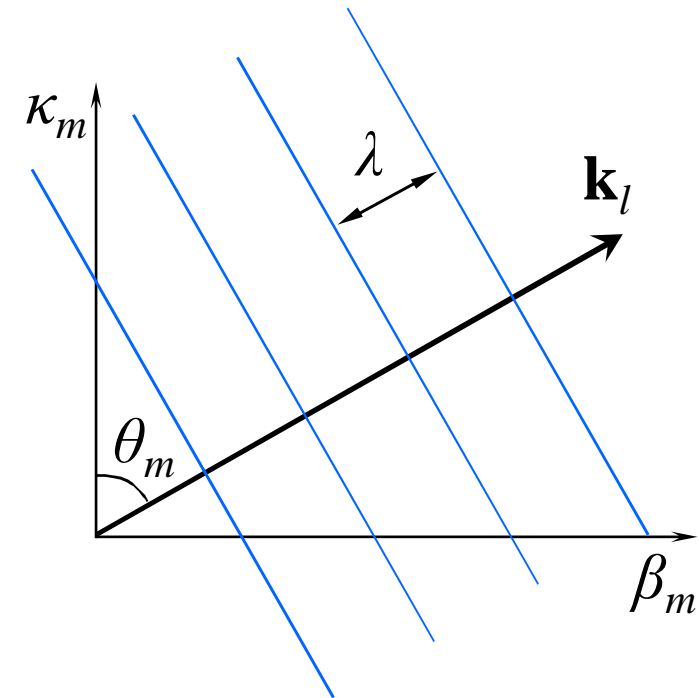
$$\cos \theta_m = \frac{\omega_{cm}}{\omega} = \frac{\lambda}{\lambda_{cm}}$$

$$\beta_m = k \sin \theta_m = \frac{n\omega}{c} \sin \theta_m$$

$$v_{pm} = \frac{\omega}{\beta_m} = \frac{c}{n \sin \theta_m}$$

$$v_{gm}^{-1} = \frac{d\beta_m}{d\omega} = \frac{d}{d\omega} \left[\frac{n\omega}{c} \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_{cm}}{\omega} \right)^2} \right]$$

$$\rightarrow v_{gm} = \frac{c}{n} \sqrt{1 - \left(\frac{\omega_{cm}}{\omega} \right)^2} = \frac{c}{n} \sin \theta_m$$

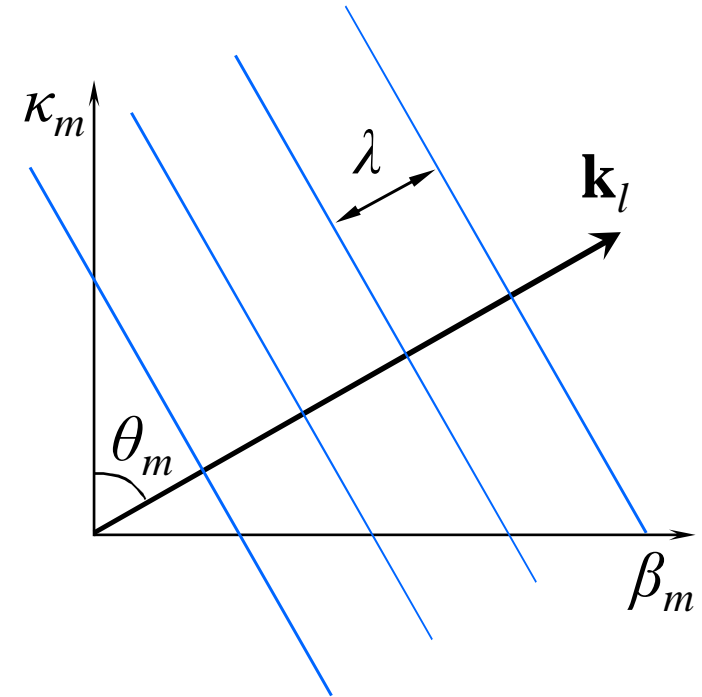


Dẫn sóng & bức xạ

1. Trường của đường dây dài
2. Các kiểu dẫn sóng cơ bản
3. Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng
- 4. Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng**
5. Dẫn sóng chữ nhật
6. Dẫn sóng điện môi phẳng
7. Cáp quang
8. Các nguyên lý cơ bản của anten

Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng (1)

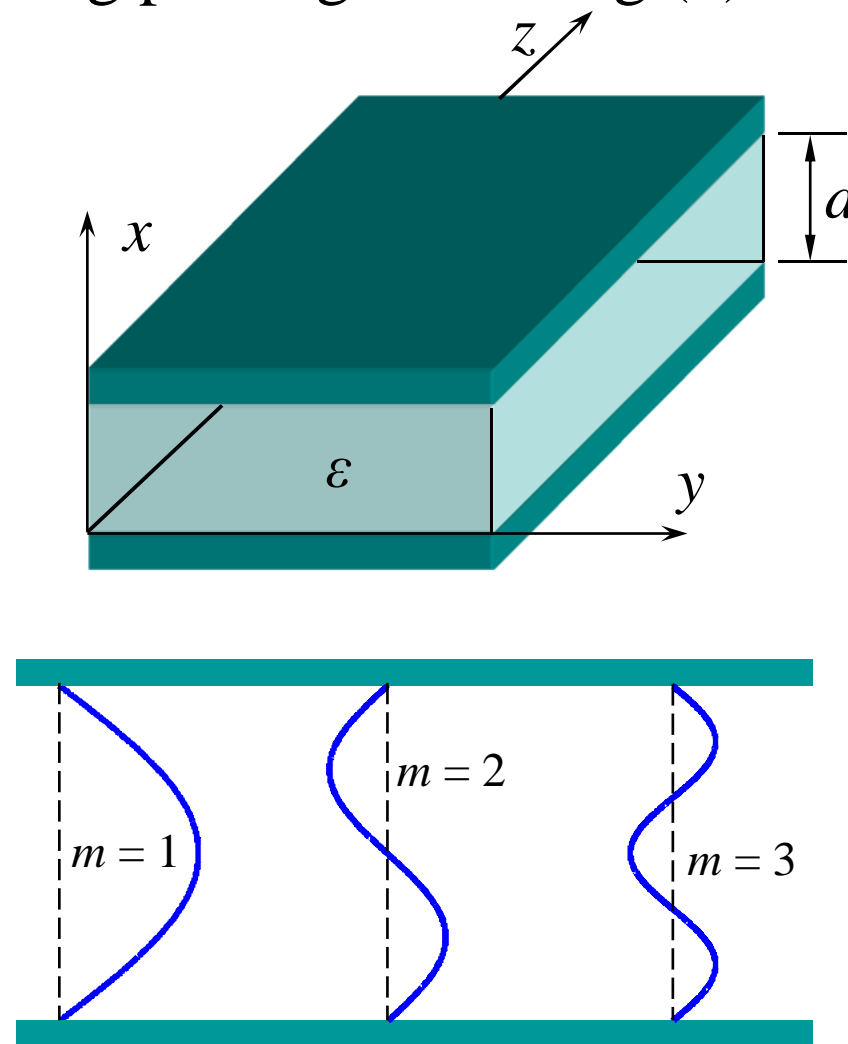
$$\begin{aligned} \nabla^2 \mathbf{E}_s &= -k_0^2 \mathbf{E}_s \\ \rightarrow \nabla^2 \mathbf{E}_s &= -k^2 \mathbf{E}_s, \quad k = n\omega/c \\ \rightarrow \left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial z^2} + k^2 E_{ys} &= 0 \\ \frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial y^2} &= 0 \end{aligned} \right\} \\ E_{ys} &= E_0 f_m(x) e^{-j\beta_m z} \\ \rightarrow \left. \begin{aligned} \frac{d^2 f_m(x)}{dx^2} + (k^2 - \beta_m^2) f_m(x) &= 0 \\ k^2 - \beta_m^2 &= \kappa_m^2 \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{d^2 f_m(x)}{dx^2} + \kappa_m^2 f_m(x) &= 0 \\ \rightarrow f_m(x) &= \cos(\kappa_m x) + \sin(\kappa_m x) \end{aligned}$$



Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng (2)

$$\left. \begin{aligned} E_{ys} &= E_0 f_m(x) e^{-j\beta_m z} \\ f_m(x) &= \cos(\kappa_m x) + \sin(\kappa_m x) \\ E_y|_{x=0} &= 0 \rightarrow f_m(x) = \sin(\kappa_m x) \\ E_y|_{x=d} &= 0 \rightarrow \kappa_m = \frac{m\pi}{d} \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow E_{ys} = E_0 \sin\left(\frac{m\pi x}{d}\right) e^{-j\beta_m z}$$



Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng (3)

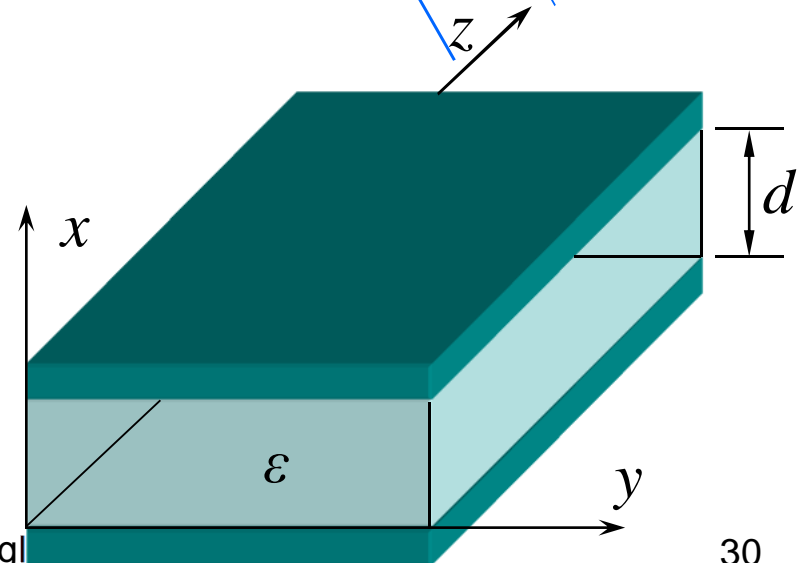
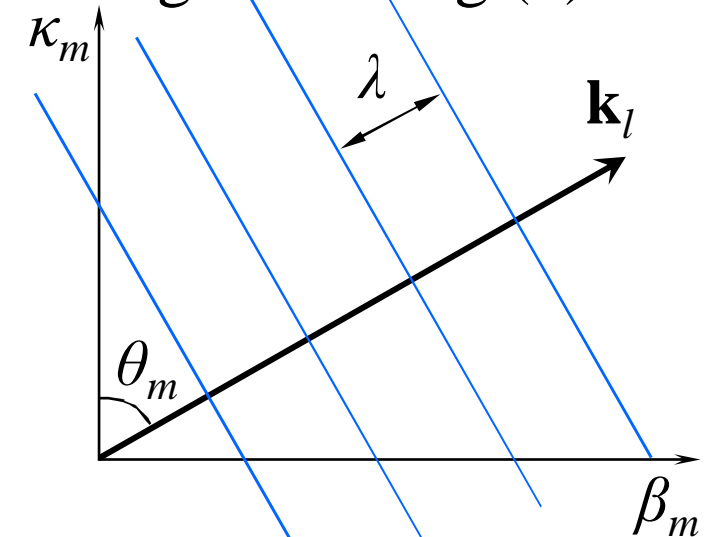
$$E_{ys} = E_0 \sin\left(\frac{m\pi x}{d}\right) e^{-j\beta_m z}$$

$$\left. \begin{array}{l} \cos \theta_m = \frac{\omega_{cm}}{\omega} \\ \text{Nếu } \omega = \omega_{cm} \end{array} \right\} \rightarrow \beta_m = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} \rightarrow \kappa_m = k = \frac{2n\pi}{\lambda_{cm}} \\ \kappa_m = \frac{m\pi}{d} \end{array} \right\}$$

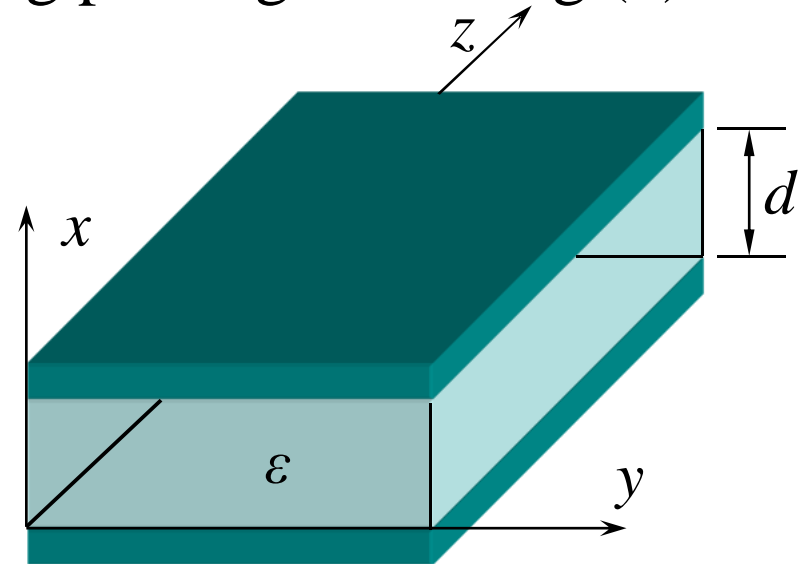
$$\rightarrow \frac{m\pi}{d} = \frac{2n\pi}{\lambda_{cm}} \rightarrow d = \frac{m\lambda_{cm}}{2n}$$

$$\rightarrow E_{ys} = E_0 \sin\left(\frac{m\pi x}{d}\right) = E_0 \sin\left(\frac{2n\pi x}{\lambda_{cm}}\right)$$



Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng (4)

$$\left. \begin{aligned} \nabla \times \mathbf{E}_s &= -j\omega\mu\mathbf{H}_s \\ E_{ys} &= E_0 \sin\left(\frac{m\pi x}{d}\right) e^{-j\beta_m z} \end{aligned} \right\}$$



$$\begin{aligned} \rightarrow \nabla \times \mathbf{E}_s &= \frac{\partial E_{ys}}{\partial x} \mathbf{a}_z - \frac{\partial E_{ys}}{\partial z} \mathbf{a}_x \\ &= \kappa_m E_0 \cos(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} \mathbf{a}_z + j\beta_m E_0 \sin(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} \mathbf{a}_x \end{aligned}$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = \left(\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} \right) \mathbf{a}_x + \left(\frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} \right) \mathbf{a}_y + \left(\frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} \right) \mathbf{a}_z$$

Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng (5)

$$\left. \begin{aligned} \nabla \times \mathbf{E}_s &= \kappa_m E_0 \cos(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} \mathbf{a}_z + j\beta_m E_0 \sin(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} \mathbf{a}_x \\ \nabla \times \mathbf{E}_s &= -j\omega\mu \mathbf{H}_s \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{aligned} H_{xs} &= \frac{\beta_m}{\omega\mu} E_0 \sin(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} \\ H_{zs} &= j \frac{\kappa_m}{\omega\mu} E_0 \cos(\kappa_m x) e^{-j\beta_m z} \end{aligned} \right\}$$

$$|\mathbf{H}_s| = \sqrt{\mathbf{H}_s \cdot \hat{\mathbf{H}}_s} = \sqrt{H_{xs} \hat{H}_{xs} + H_{zs} \hat{H}_{zs}}$$

$$\rightarrow |\mathbf{H}_s| = \frac{E_0}{\omega\mu} \left(\kappa_m^2 + \beta_m^2 \right)^{1/2} \left[\sin^2(\kappa_m x) + \cos^2 \kappa_m x \right]^{1/2}$$

$$\left. \begin{aligned} \kappa_m^2 + \beta_m^2 &= k^2, \quad \sin^2(\kappa_m x) + \cos^2 \kappa_m x = 1 \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow |\mathbf{H}_s| = \frac{kE_0}{\omega\mu} = \frac{\omega\sqrt{\mu\epsilon}}{\omega\mu} = \frac{E_0}{\eta}$$

Dẫn sóng & bức xạ

1. Trường của đường dây dài
2. Các kiểu dẫn sóng cơ bản
3. Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng
4. Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng
- 5. Dẫn sóng chữ nhật**
6. Dẫn sóng điện môi phẳng
7. Cáp quang
8. Các nguyên lý cơ bản của anten

Dẫn sóng chữ nhật (1)

$$\frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial z^2} + k^2 E_{ys} = 0$$

$$\rightarrow \frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_{ys}}{\partial y^2} + (k^2 - \beta_{mp}^2) E_{ys} = 0$$

$$\rightarrow E_{ys} = E_0 f_m(x) f_p(y) e^{-j\beta_{mp}z}$$

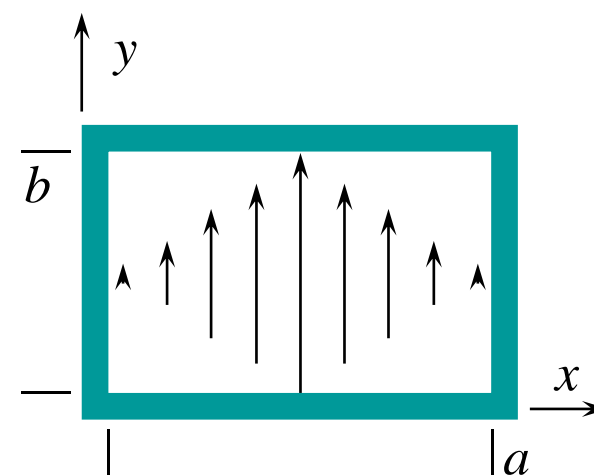
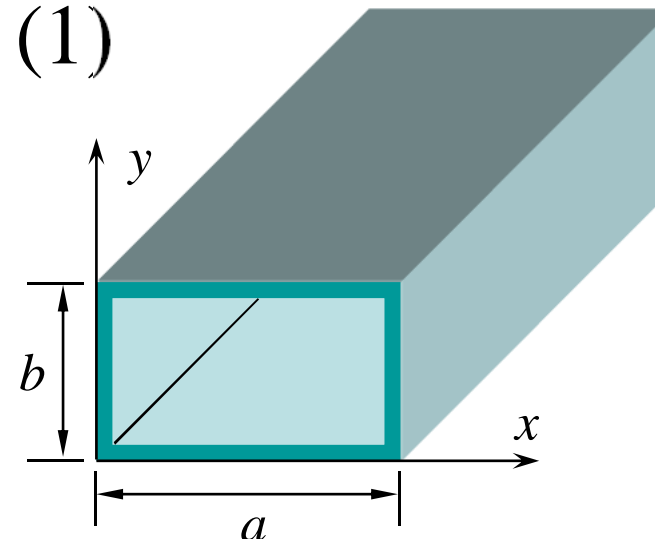
$$E_{ys} = E_0 \sin(\kappa_{m0}x) e^{-j\beta_{m0}z}, \quad \kappa_{m0} = \frac{m\pi}{a}$$

$$H_{xs} = -\frac{\beta_{m0}}{\omega\mu} E_0 \sin(\kappa_{m0}x) e^{-j\beta_{m0}z}$$

$$H_{zs} = j \frac{\kappa_{m0}}{\omega\mu} E_0 \cos(\kappa_{m0}x) e^{-j\beta_{m0}z}$$

$$\kappa_{m0}^2 + \beta_{m0}^2 = k^2$$

$$\omega_c(m0) = \frac{m\pi c}{na}$$



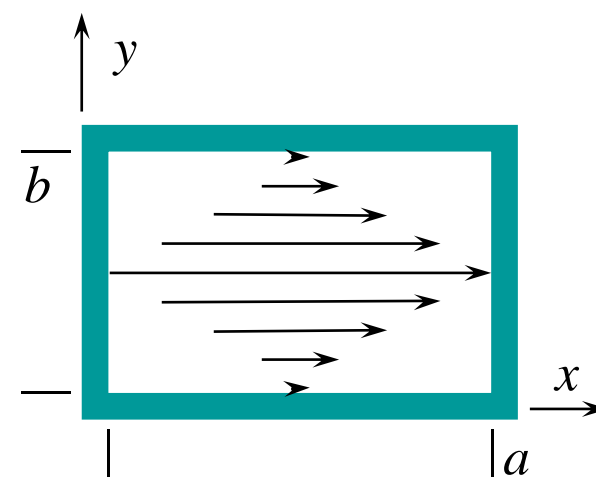
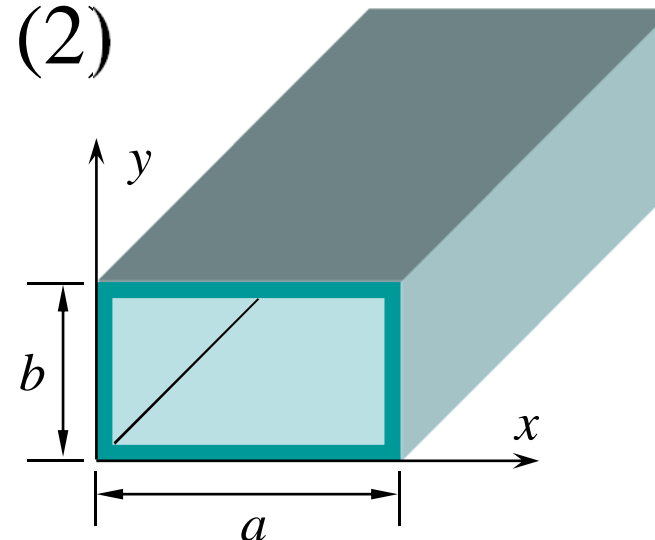
Dẫn sóng chữ nhật (2)

$$E_{xs} = E_0 \sin(\kappa_{0p} y) e^{-j\beta_{0p} z}, \quad \kappa_{0p} = \frac{p\pi}{b}$$

$$H_{ys} = \frac{\beta_{0p}}{\omega\mu} E_0 \sin(\kappa_{0p} y) e^{-j\beta_{0p} z}$$

$$H_{zs} = -j \frac{\kappa_{0p}}{\omega\mu} E_0 \cos(\kappa_{0p} y) e^{-j\beta_{0p} z}$$

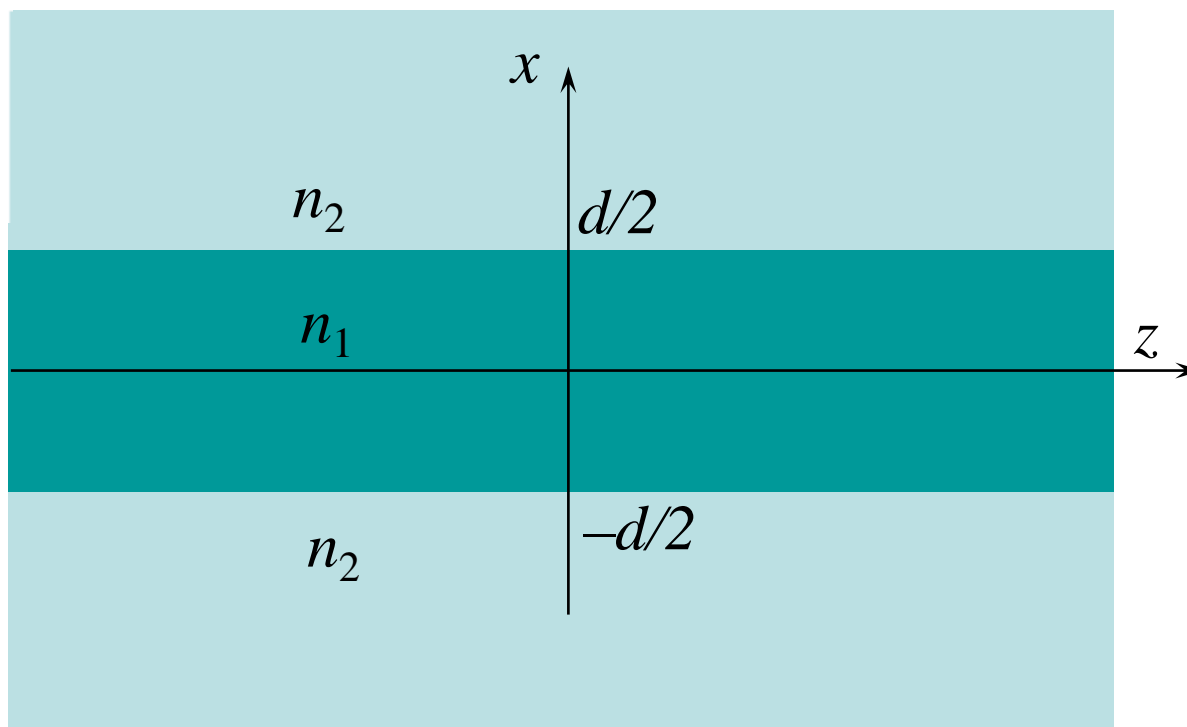
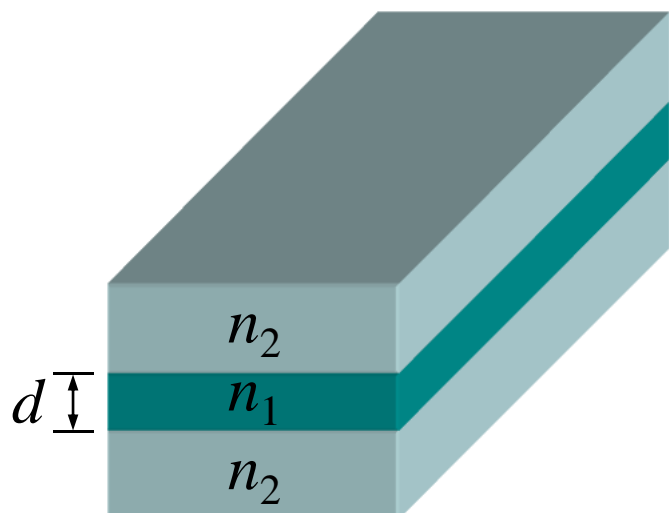
$$\omega_c(0p) = \frac{p\pi c}{nb}$$



Dẫn sóng & bức xạ

1. Trường của đường dây dài
2. Các kiểu dẫn sóng cơ bản
3. Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng
4. Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng
5. Dẫn sóng chữ nhật
- 6. Dẫn sóng điện môi phẳng**
7. Cáp quang
8. Các nguyên lý cơ bản của anten

Dẫn sóng điện môi phẳng (1)



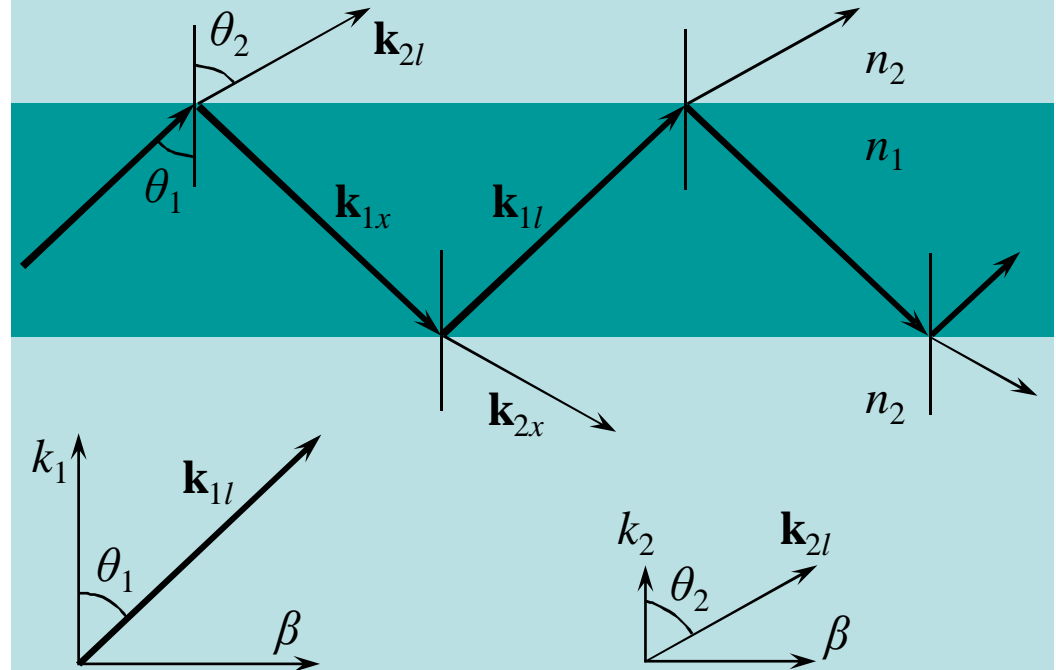
Dẫn sóng điện môi phẳng (2)

$$\theta_1 \geq \theta_c = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$

$$E_{y1s} = E_0 e^{-j\mathbf{k}_{1l} \cdot \mathbf{r}} \pm E_0 e^{-j\mathbf{k}_{1x} \cdot \mathbf{r}} \left\{ \begin{array}{l} -\frac{d}{2} < x < \frac{d}{2} \\ \text{với } \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{k}_{1l} = \kappa_1 \mathbf{a}_x + \beta \mathbf{a}_z \\ \mathbf{k}_{1x} = -\kappa_1 \mathbf{a}_x + \beta \mathbf{a}_z \end{array} \right. \end{array} \right.$$

$$\mathbf{r} = x\mathbf{a}_x + z\mathbf{a}_z$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} E_{y1s} = E_0 [e^{j\kappa_1 x} + e^{-j\kappa_1 x}] e^{-j\beta z} = 2E_0 \cos(\kappa_1 x) e^{-j\beta z} \\ E_{y1s} = E_0 [e^{j\kappa_1 x} - e^{-j\kappa_1 x}] e^{-j\beta z} = 2E_0 \sin(\kappa_1 x) e^{-j\beta z} \end{array} \right.$$



Dẫn sóng điện môi phẳng (3)

$$E_{y2s} = E_{02} e^{-j\mathbf{k}_2 \cdot \mathbf{r}} = E_{02} e^{-j\kappa_2 x} e^{-j\beta z}$$

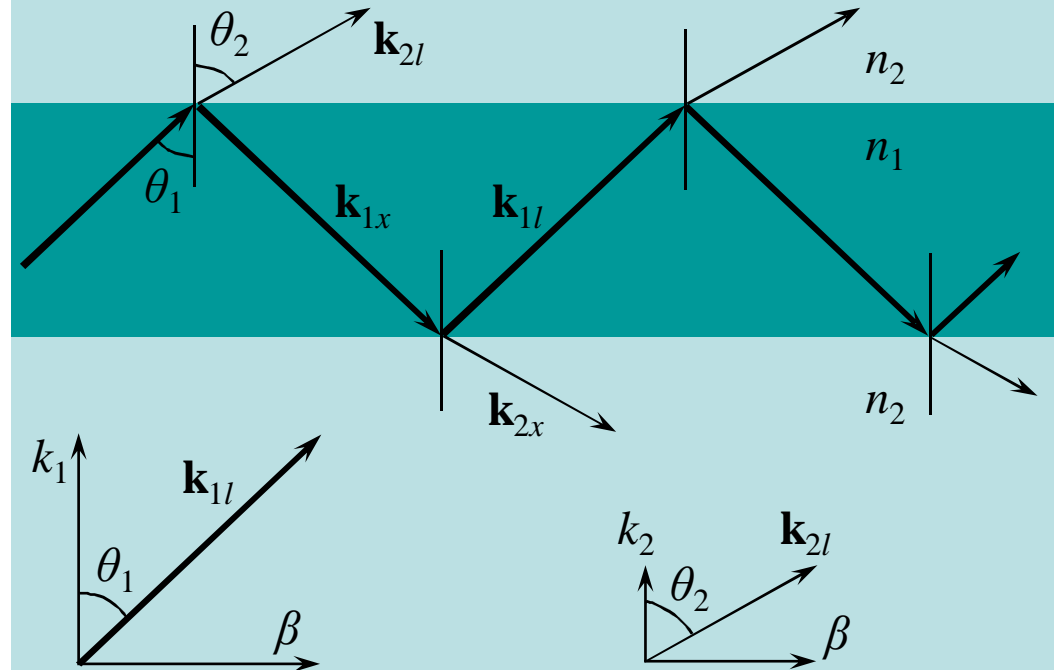
$$\kappa_2 = -j\gamma_2$$

$$\gamma_2 = j\kappa_2 = jn_2 k_0 \cos \theta_2$$

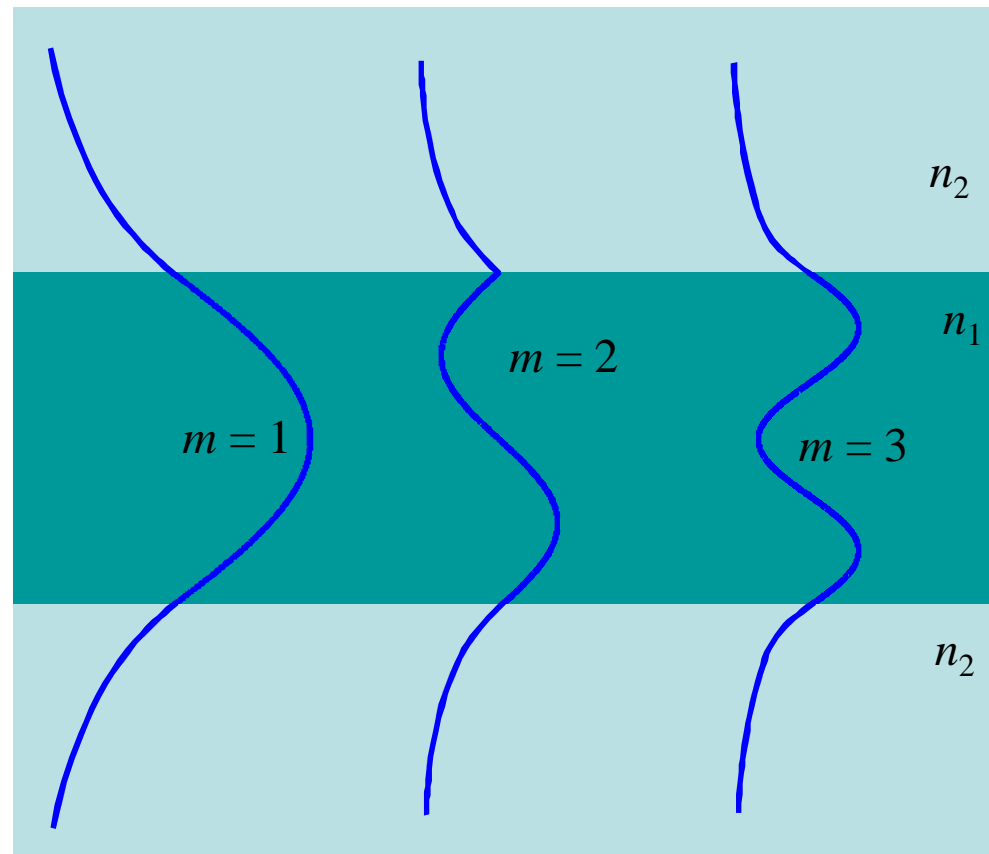
$$= jn_2 k_0 (-j) \left[\left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \sin^2 \theta_1 - 1 \right]^{1/2}$$

$$E_{y2s} = E_{02} e^{-\gamma_2(x-d/2)} e^{-j\beta z} \quad \left(x > \frac{d}{2} \right)$$

$$E_{y2s} = E_{02} e^{\gamma_2(x+d/2)} e^{-j\beta z} \quad \left(x < -\frac{d}{2} \right)$$



Dẫn sóng điện môi phẳng (4)



Dẫn sóng điện môi phẳng (5)

$$E_{sc}(\text{TE chắn}) = \begin{cases} E_{0c} \cos(\kappa_1 x) e^{-j\beta z} & \left(-\frac{d}{2} < x < \frac{d}{2}\right) \\ E_{0c} \cos(\kappa_1 \frac{d}{2}) e^{-\gamma_2(x-d/2)} e^{-j\beta z} & \left(x > \frac{d}{2}\right) \\ E_{0c} \cos(\kappa_1 \frac{d}{2}) e^{\gamma_2(x+d/2)} e^{-j\beta z} & \left(x < -\frac{d}{2}\right) \end{cases}$$

$$E_{sl}(\text{TE lẻ}) = \begin{cases} E_{0l} \sin(\kappa_1 x) e^{-j\beta z} & \left(-\frac{d}{2} < x < \frac{d}{2}\right) \\ E_{0l} \sin(\kappa_1 \frac{d}{2}) e^{-\gamma_2(x-d/2)} e^{-j\beta z} & \left(x > \frac{d}{2}\right) \\ -E_{0l} \cos(\kappa_1 \frac{d}{2}) e^{\gamma_2(x+d/2)} e^{-j\beta z} & \left(x < -\frac{d}{2}\right) \end{cases}$$

Dẫn sóng điện môi phẳng (5)

$$k_0 d \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \geq (m-1)\pi \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

$$k_0 d \sqrt{n_1^2 - n_2^2} < \pi \rightarrow \lambda > 2d \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Dẫn sóng điện môi phẳng (6)

Ví dụ 1

Một đường dây dẫn sóng điện môi phẳng được dùng để truyền ánh sáng có bước sóng $\lambda = 1,30 \mu\text{m}$; độ dày của tấm dẫn là $d = 5,00 \mu\text{m}$; chiết suất của lớp điện môi bao quanh là $n_2 = 1,450$. Xác định chiết suất lớn nhất của tấm dẫn để nó có thể truyền sóng chế độ đơn.

$$\lambda > 2d\sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

$$\rightarrow n_1 < \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2d}\right)^2 + n_2^2} = \sqrt{\left(\frac{1,30}{2.5,00}\right)^2 + 1,450^2} = 1,456$$

Dẫn sóng & bức xạ

1. Trường của đường dây dài
2. Các kiểu dẫn sóng cơ bản
3. Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng
4. Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng
5. Dẫn sóng chữ nhật
6. Dẫn sóng điện môi phẳng
- 7. Cáp quang**
8. Các nguyên lý cơ bản của anten

Cáp quang (1)

$$E_{xs}(\rho, \varphi, z) = \sum_i R_i(\rho) \Phi_i(\varphi) \exp(-j\beta_i z)$$

$$\nabla^2 \mathbf{E}_s = -k^2 \mathbf{E}_s$$

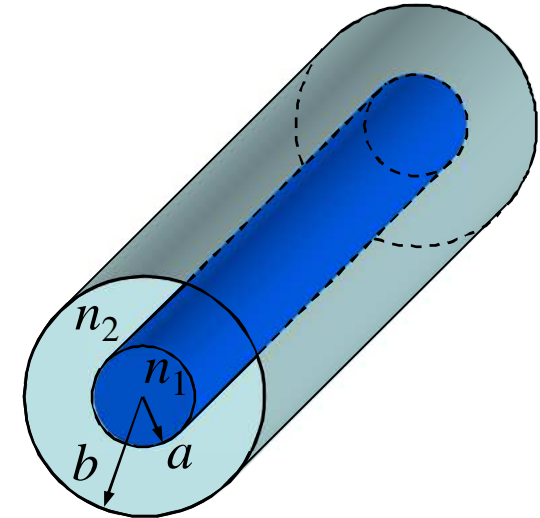
$$\rightarrow \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial \rho} \left(\rho \frac{\partial^2 E_{xs}}{\partial \rho^2} \right) + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 E_{xs}}{\partial \varphi^2} + (k^2 - \beta^2) E_{xs} = 0$$

$$\rightarrow \underbrace{\frac{\rho^2}{R} \frac{d^2 R}{d\rho^2} + \frac{\rho}{R} \frac{dR}{d\rho}}_{\ell^2} + \underbrace{\rho^2 (k^2 - \beta^2)}_{\ell^2} = - \underbrace{\frac{1}{\Phi} \frac{d^2 \Phi}{d\varphi^2}}_{\ell^2}$$

$$\rightarrow \begin{cases} \frac{d^2 \Phi}{d\varphi^2} + \ell^2 \Phi = 0 \\ \frac{d^2 R}{d\rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{dR}{d\rho} + \left[k^2 - \beta^2 - \frac{\ell^2}{\rho^2} \right] R = 0 \end{cases} \rightarrow \Phi(\varphi) = \begin{cases} \cos(\ell \varphi + \alpha) \\ \sin(\ell \varphi + \alpha) \end{cases}$$

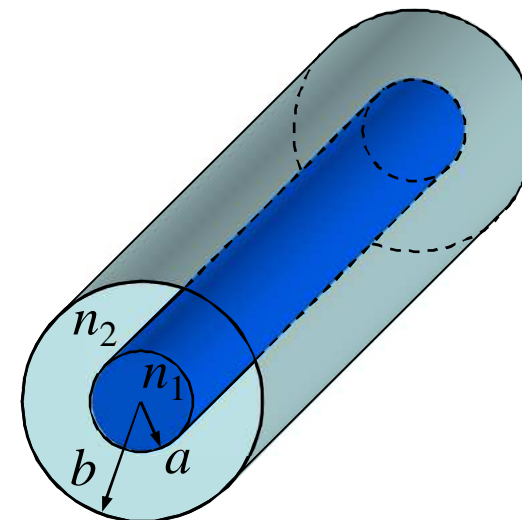
$$\downarrow$$

$$\Phi(\varphi) = \cos(\ell \varphi)$$



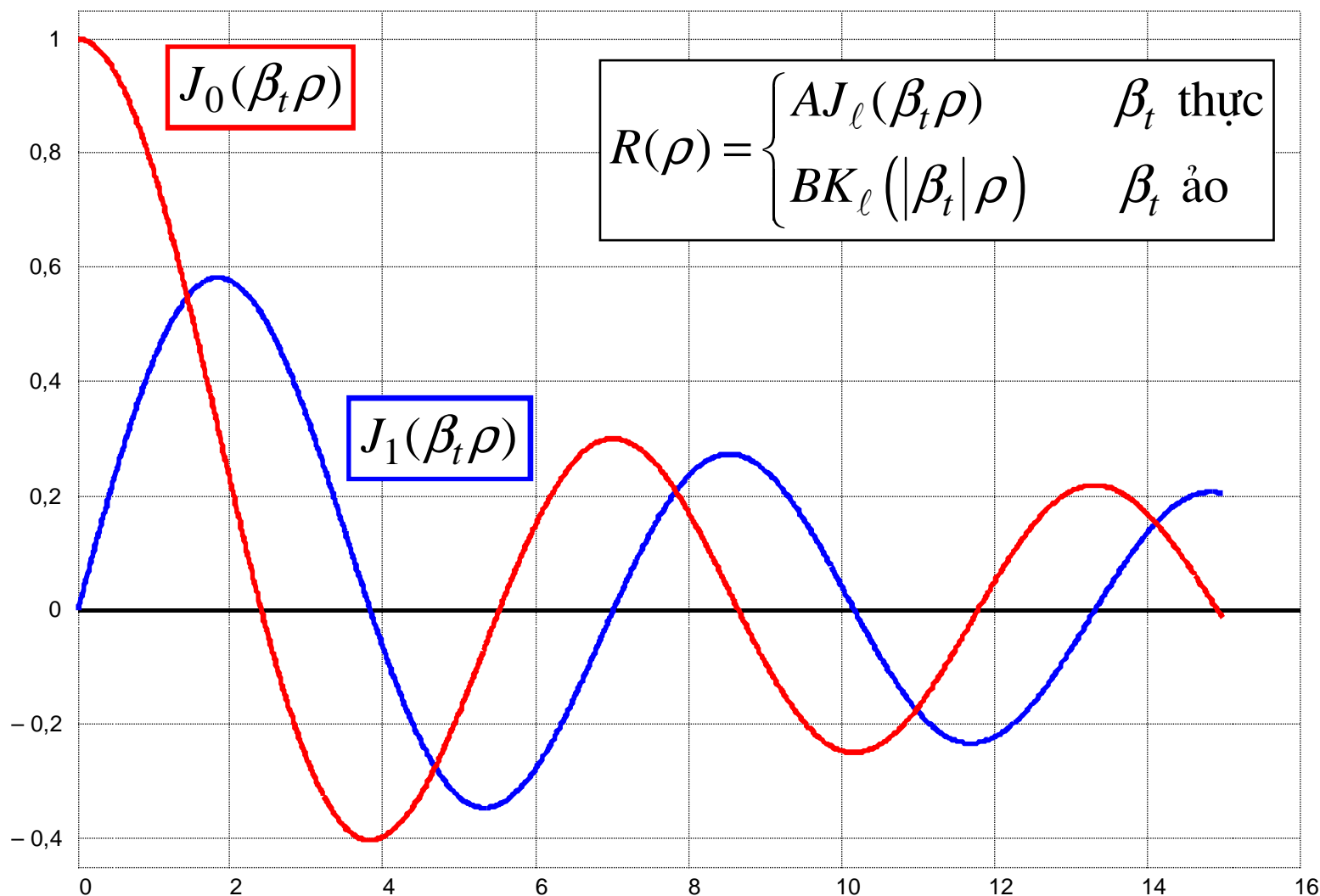
Cáp quang (2)

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2 \Phi}{d\varphi^2} + \ell^2 \Phi = 0 \rightarrow \Phi(\varphi) = \cos(\ell \varphi) \\ \frac{d^2 R}{d\rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{dR}{d\rho} + \left[k^2 - \beta^2 - \frac{\ell^2}{\rho^2} \right] R = 0 \\ \text{Đặt } \beta_t = \sqrt{k^2 - \beta^2} \\ \beta_t = \left\{ \begin{array}{ll} \beta_{t1} = \sqrt{n_1^2 k_0^2 - \beta^2} & (\rho < a) \\ \beta_{t2} = \sqrt{n_2^2 k_0^2 - \beta^2} & (\rho > a) \end{array} \right. \end{array} \right.$$

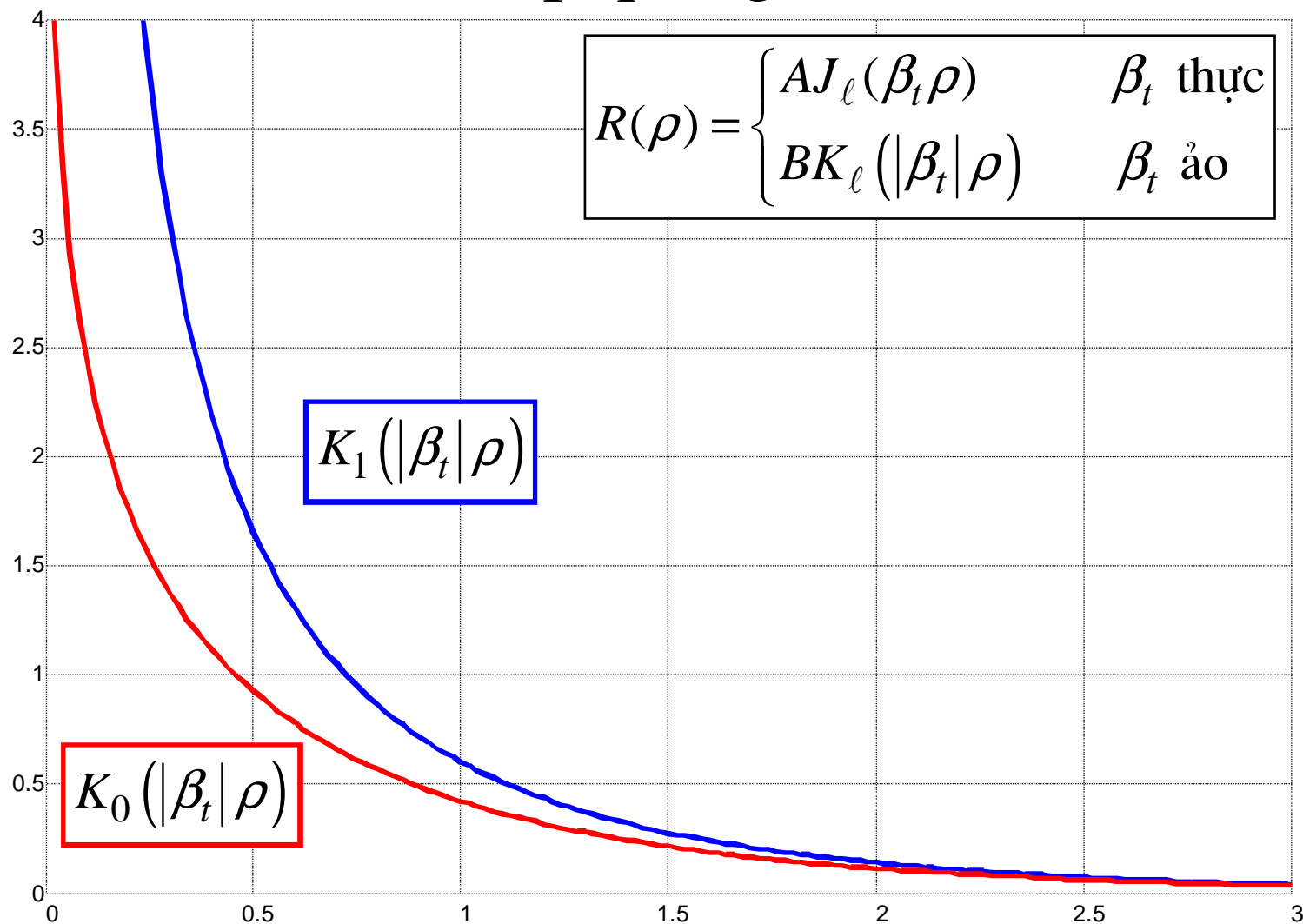


$$\rightarrow R(\rho) = \begin{cases} A J_\ell(\beta_t \rho) & \beta_t \text{ thực} \\ B K_\ell(|\beta_t| \rho) & \beta_t \text{ ảo} \end{cases}$$

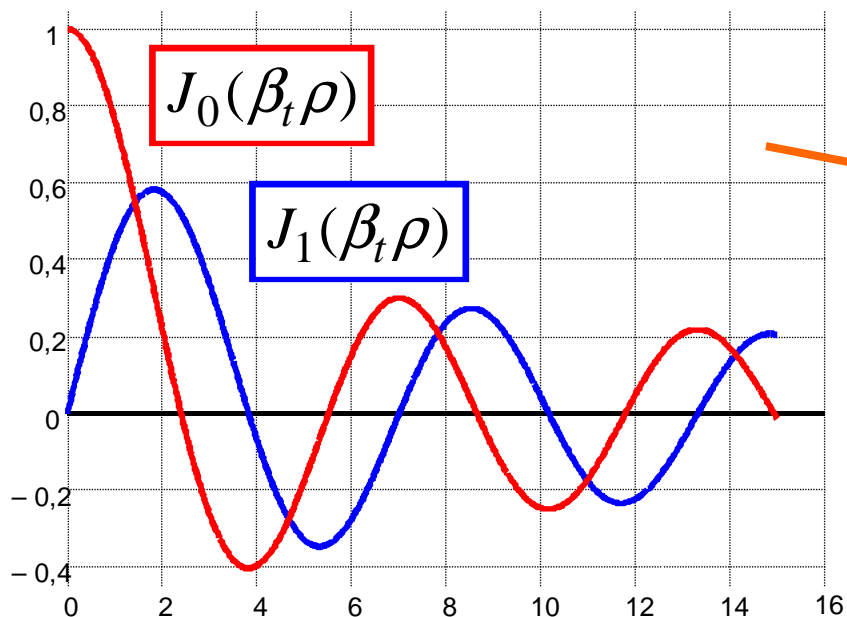
Cáp quang (3)



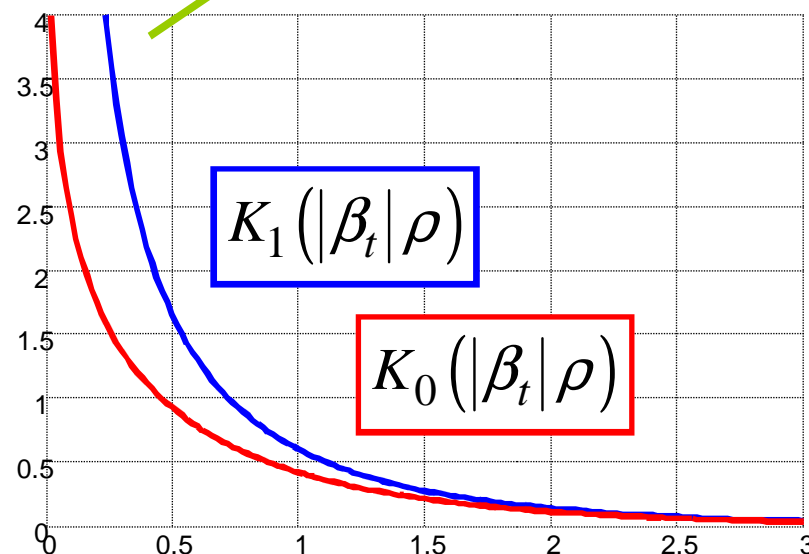
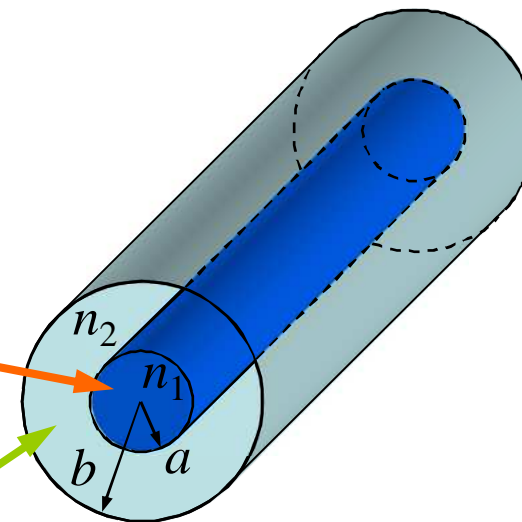
Cáp quang (4)



Cáp quang (5)



$$R(\rho) = \begin{cases} AJ_\ell(\beta_t \rho) & \beta_t \text{ thực} \\ BK_\ell(|\beta_t| \rho) & \beta_t \text{ ảo} \end{cases}$$

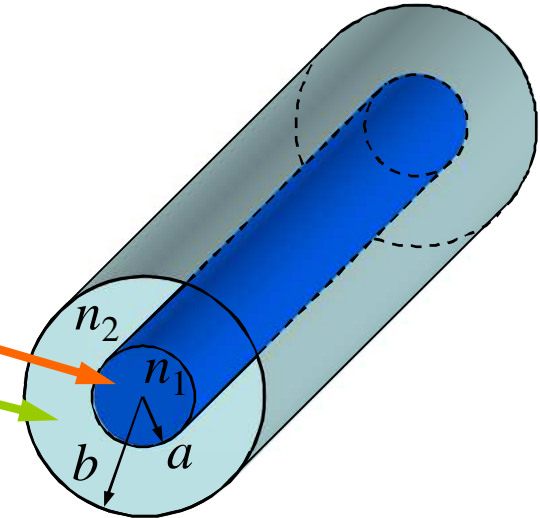


Cáp quang (6)

$$R(\rho) = \begin{cases} AJ_\ell(\beta_t \rho) & \beta_t \text{ thực} \\ BK_\ell(|\beta_t| \rho) & \beta_t \text{ ảo} \end{cases}$$

Đặt $u = a\beta_{t1} = a\sqrt{n_1^2 k_0^2 - \beta^2}$

Đặt $w = a|\beta_{t2}| = a\sqrt{\beta^2 - n_2^2 k_0^2}$



$$\rightarrow E_{xs} = \begin{cases} E_0 J_\ell(u\rho/a) \cos(\ell\varphi) e^{-j\beta z} & \rho \leq a \\ E_0 [J_\ell(u)/K_\ell(w)] K_\ell(w\rho/a) \cos(\ell\varphi) e^{-j\beta z} & \rho \geq a \end{cases}$$

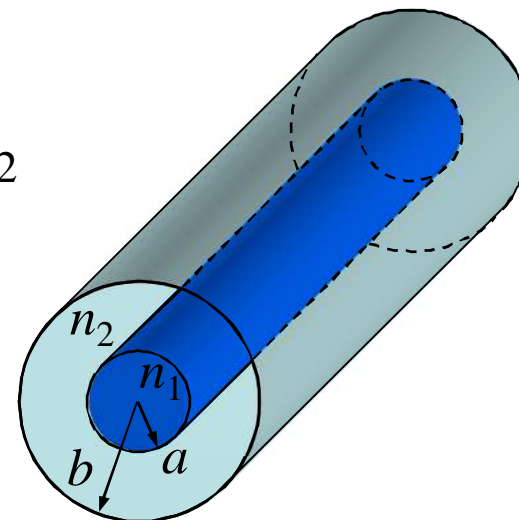
$$|S_{z,\text{tình}}| = \left| \frac{1}{2} \text{Re}[\mathbf{E}_s \times \hat{\mathbf{H}}_s] \right| = \frac{1}{2} \text{Re}[E_{xs} \times \hat{H}_{ys}] = \frac{1}{2\eta} |E_{xs}|^2$$

Cáp quang (7)

$$|S_{z, \text{tình}}| = \left| \frac{1}{2} \text{Re}[\mathbf{E}_s \times \hat{\mathbf{H}}_s] \right| = \frac{1}{2} \text{Re}[E_{xs} \times \hat{H}_{ys}] = \frac{1}{2\eta} |E_{xs}|^2$$

$$I_{\ell m} = I_0 J_\ell^2 \left(\frac{u\rho}{a} \right) \cos^2(\ell\varphi) \quad \rho \leq a$$

$$I_{\ell m} = I_0 \left(\frac{J_\ell^2(u)}{K_\ell^2(w)} \right)^2 K_\ell^2 \left(\frac{w\rho}{a} \right) \cos^2(\ell\varphi) \quad \rho \geq a$$

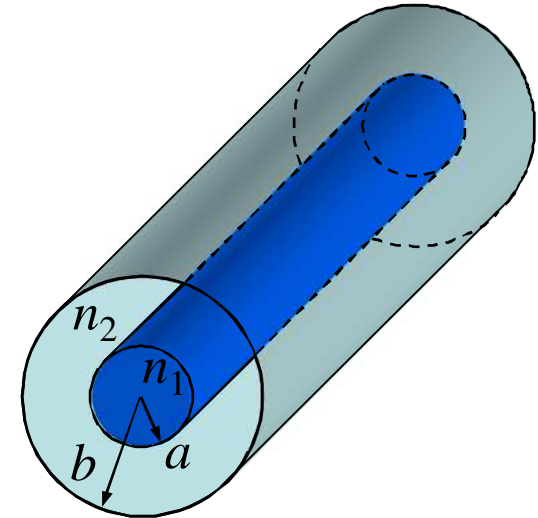


Cáp quang (8)

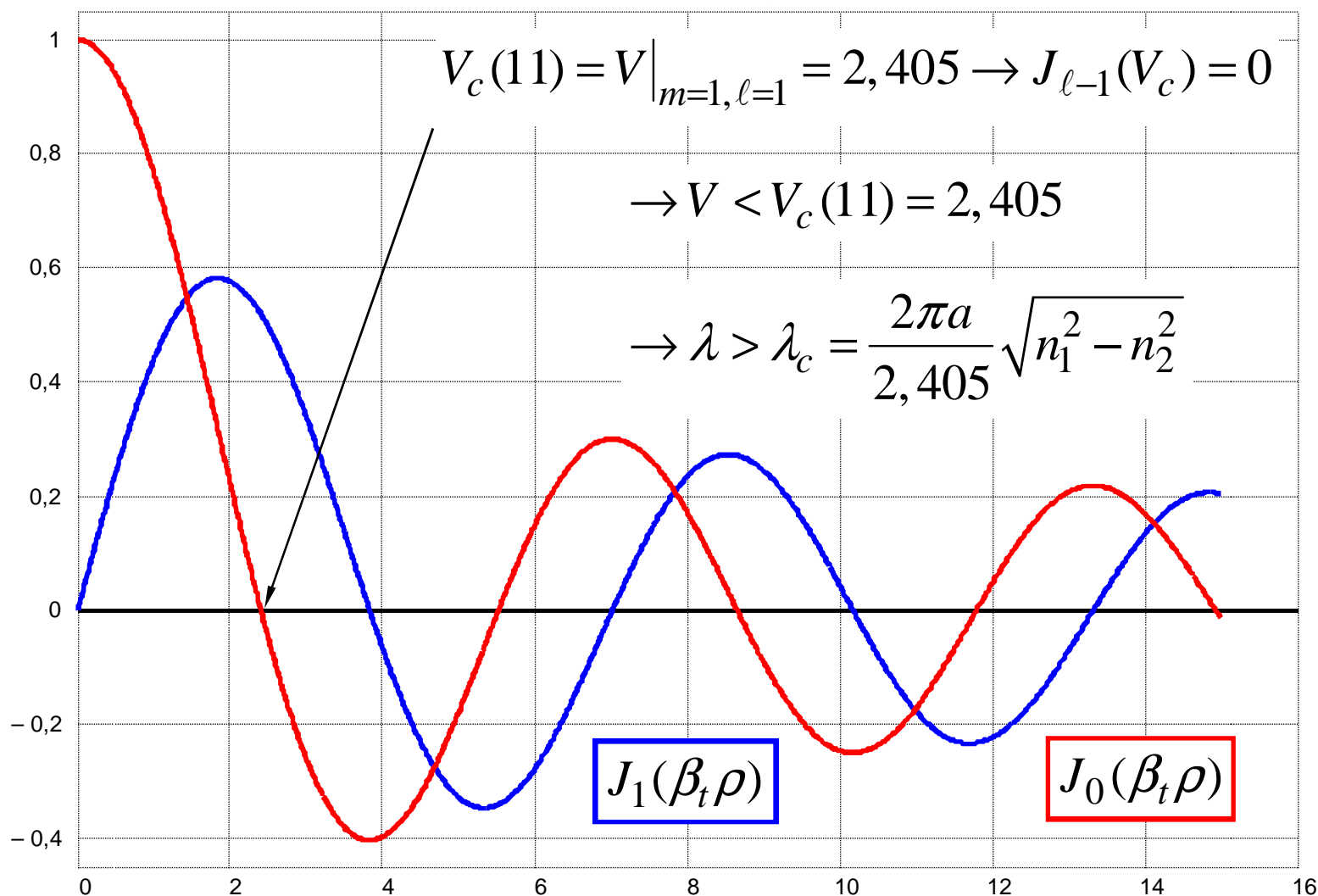
$$E_{xs} = \left\{ \begin{array}{l} (\nabla \times \mathbf{E}_{s1})_z|_{\rho=a} = (\nabla \times \mathbf{E}_{s2})_z|_{\rho=a} \\ E_0 J_\ell(u\rho/a) \cos(\ell\varphi) e^{-j\beta z} \\ E_0 [J_\ell(u)/K_\ell(w)] K_\ell(w\rho/a) \cos(\ell\varphi) e^{-j\beta z} \end{array} \right\}$$

$$\rightarrow \frac{J_{\ell-1}(u)}{J_\ell(u)} = -\frac{w}{u} \frac{K_{\ell-1}(w)}{K_\ell(w)}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Đặt } V = \sqrt{u^2 + w^2} \\ u = a\sqrt{n_1^2 k_0^2 - \beta^2} \\ w = a\sqrt{\beta^2 - n_2^2 k_0^2} \end{array} \right\} \rightarrow V = ak_0 \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \rightarrow J_{\ell-1}(V_c) = 0$$



Cáp quang (9)

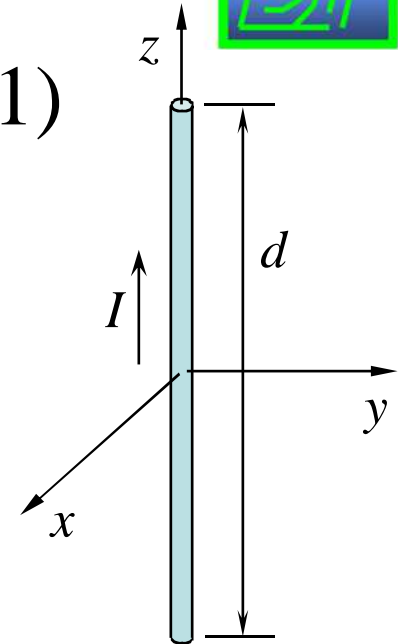


Dẫn sóng & bức xạ

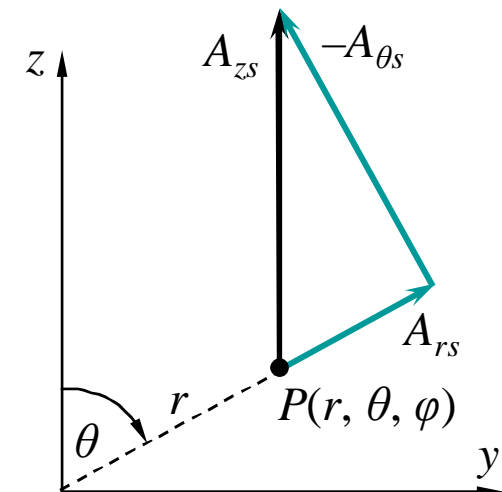
1. Trường của đường dây dài
2. Các kiểu dẫn sóng cơ bản
3. Phân tích sóng phẳng của dẫn sóng song phẳng
4. Phân tích dẫn sóng song phẳng bằng phương trình sóng
5. Dẫn sóng chữ nhật
6. Dẫn sóng điện môi phẳng
7. Cáp quang
- 8. Các nguyên lý cơ bản của anten**

Các nguyên lý cơ bản của anten (1)

$$\begin{aligned}
 I &= I_0 \cos \omega t \\
 \mathbf{A} &= \int_V \frac{\mu[\mathbf{J}]}{4\pi R} dv = \int \frac{\mu[I]d\mathbf{L}}{4\pi R} = \frac{\mu[I]d}{4\pi R} \mathbf{a}_z \\
 [I] &= I_0 \cos \left[\omega \left(t - \frac{R}{v} \right) \right] \\
 \rightarrow [I_s] &= I_0 e^{-j\omega R/v}
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} I &= I_0 \cos \omega t \\ \mathbf{A} &= \int_V \frac{\mu[\mathbf{J}]}{4\pi R} dv = \int \frac{\mu[I]d\mathbf{L}}{4\pi R} = \frac{\mu[I]d}{4\pi R} \mathbf{a}_z \\ [I] &= I_0 \cos \left[\omega \left(t - \frac{R}{v} \right) \right] \right\} \rightarrow A_{zs} = \frac{\mu I_0 d}{4\pi R} e^{-j\omega R/v}$$



$$\begin{cases} A_{rs} = A_{zs} \cos \theta \\ A_{\theta s} = -A_{zs} \sin \theta \\ A_{\phi s} = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} A_{rs} = \frac{\mu I_0 d}{4\pi R} \cos \theta e^{-j\omega r/v} \\ A_{\theta s} = -\frac{\mu I_0 d}{4\pi R} \sin \theta e^{-j\omega r/v} \end{cases}$$



Các nguyên lý cơ bản của anten (2)

$$A_{rs} = \frac{\mu I_0 d}{4\pi R} \cos \theta e^{-j\omega r/v}$$

$$A_{\theta s} = -\frac{\mu I_0 d}{4\pi R} \sin \theta e^{-j\omega r/v}$$

$$A_{\phi s} = 0$$

$$\mathbf{B}_s = \mu \mathbf{H}_s = \nabla \times \mathbf{A}_s$$

$$\nabla \times \mathbf{A} = \frac{1}{r \sin \theta} \left(\frac{\partial(A_\phi \sin \theta)}{\partial \theta} - \frac{\partial A_\theta}{\partial \phi} \right) \mathbf{a}_r + \frac{1}{r} \left(\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial A_r}{\partial \phi} - \frac{\partial(r A_\phi)}{\partial r} \right) \mathbf{a}_\theta + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial(r A_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial A_r}{\partial \theta} \right) \mathbf{a}_\phi$$

$$\rightarrow \begin{cases} H_{\phi s} = \frac{1}{\mu r} \frac{\partial}{\partial r} (r A_{\theta s}) - \frac{1}{\mu r} \frac{\partial A_{rs}}{\partial \theta} & \rightarrow H_{\phi s} = \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j\omega r/v} \left(j \frac{\omega}{vr} + \frac{1}{r^2} \right) \\ H_{rs} = H_{\theta s} = 0 \end{cases}$$

Các nguyên lý cơ bản của anten (3)

$$H_{\phi s} = \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j\omega r/v} \left(j \frac{\omega}{vr} + \frac{1}{r^2} \right)$$

$$H_{rs} = H_{\theta s} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \rightarrow \nabla \times \mathbf{H}_s = j\omega \epsilon \mathbf{E}_s$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \frac{1}{r \sin \theta} \left(\frac{\partial(H_{\phi} \sin \theta)}{\partial \theta} - \frac{\partial H_{\theta}}{\partial \phi} \right) \mathbf{a}_r + \frac{1}{r} \left(\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial H_r}{\partial \phi} - \frac{\partial(rH_{\phi})}{\partial r} \right) \mathbf{a}_{\theta} + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial(rH_{\theta})}{\partial r} - \frac{\partial H_r}{\partial \theta} \right) \mathbf{a}_{\phi}$$

$$\rightarrow \begin{cases} E_{rs} = \frac{1}{j\omega \epsilon} \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (H_{\phi s} \sin \theta) \\ E_{\theta s} = \frac{1}{j\omega \epsilon} \left(-\frac{1}{r} \right) \frac{\partial}{\partial \theta} (rH_{\phi s}) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} E_{rs} = \frac{I_0 d}{2\pi} \cos \theta e^{-j\omega r/v} \left(\frac{1}{\epsilon v r^2} + \frac{1}{j\omega \epsilon r^3} \right) \\ E_{\theta s} = \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j\omega r/v} \left(\frac{j\omega}{\epsilon v^2 r} + \frac{1}{\epsilon v r^2} + \frac{1}{j\omega \epsilon r^3} \right) \end{cases}$$



Các nguyên lý cơ bản của anten (4)

$$\left. \begin{aligned} H_{\varphi s} &= \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j\omega r/v} \left(j \frac{\omega}{vr} + \frac{1}{r^2} \right) \\ E_{rs} &= \frac{I_0 d}{2\pi} \cos \theta e^{-j\omega r/v} \left(\frac{1}{\epsilon v r^2} + \frac{1}{j\omega \epsilon r^3} \right) \\ E_{\theta s} &= \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j\omega r/v} \left(\frac{j\omega}{\epsilon v^2 r} + \frac{1}{\epsilon v r^2} + \frac{1}{j\omega \epsilon r^3} \right) \\ \omega &= 2\pi f, \quad f\lambda = v, \quad v = 1/\sqrt{\mu\epsilon}, \quad \eta = \sqrt{\mu/\epsilon} \end{aligned} \right\}$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{aligned} H_{\varphi s} &= \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \left(j \frac{2\pi}{\lambda r} + \frac{1}{r^2} \right) \\ E_{rs} &= \frac{I_0 d \eta}{2\pi} \cos \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \left(\frac{1}{r^2} + \frac{1}{j2\pi r^3} \right) \\ E_{\theta s} &= \frac{I_0 d \eta}{4\pi} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \left(j \frac{2\pi}{\lambda r} + \frac{1}{r^2} + \frac{\lambda}{j2\pi r^3} \right) \end{aligned} \right.$$

Các nguyên lý cơ bản của anten (5)

$$H_{\varphi s} = \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \left(j \frac{2\pi}{\lambda r} + \frac{1}{r^2} \right)$$

VD $I_0 d = 4\pi$, $\theta = 90^\circ$, $t = 0$, $f = 300 \text{ MHz}$, $v = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $\lambda = 1 \text{ m}$

$$\rightarrow H_{\varphi s} = \left(j \frac{2\pi}{r} + \frac{1}{r^2} \right) e^{-j2\pi r}$$

$$\rightarrow H_{\varphi} = \sqrt{\left(\frac{2\pi}{r} \right)^2 + \frac{1}{r^4}} \cos \{ [\text{arctg}(2\pi r) - 2\pi r] \} \left. \begin{array}{l} \cos(a-b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b \\ \cos[\text{arctg}(x)] = 1/\sqrt{1+x^2} \end{array} \right\}$$

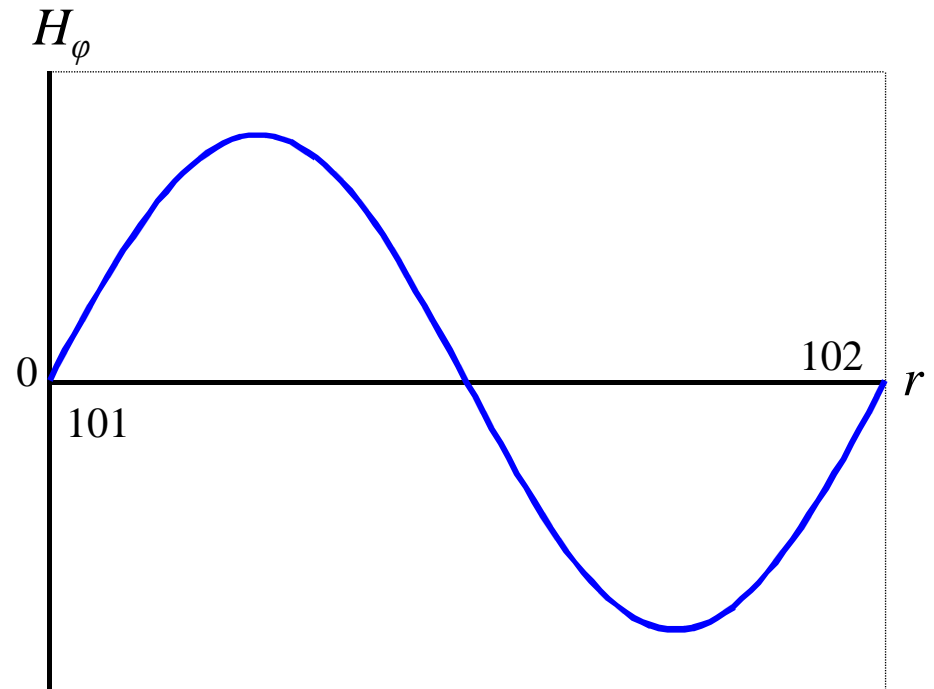
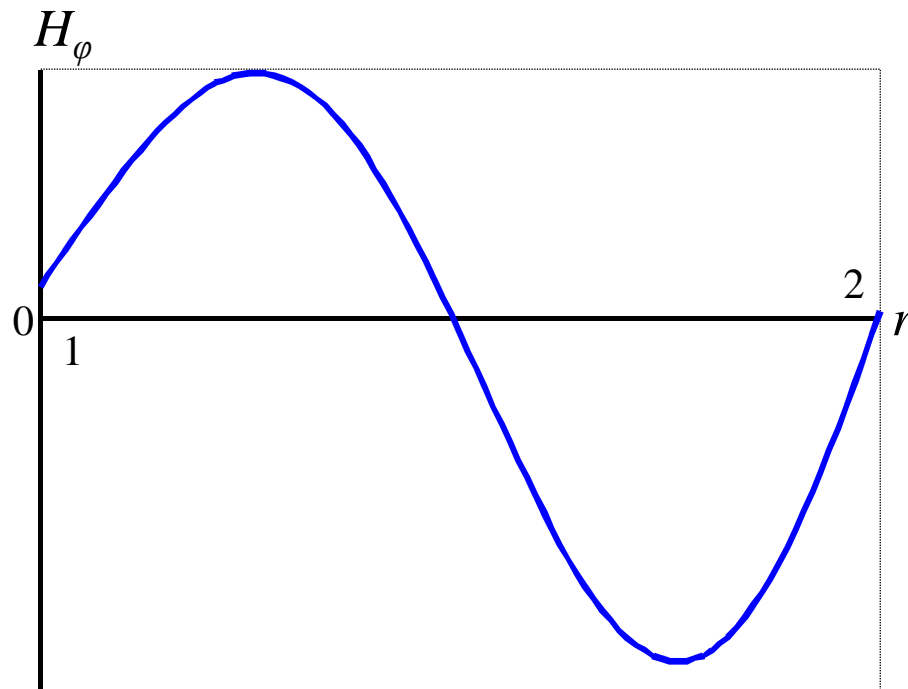
$$\rightarrow H_{\varphi} = \frac{1}{r^2} (\cos 2\pi r + 2\pi r \sin 2\pi r)$$

Các nguyên lý cơ bản của anten (6)

$$H_{\varphi s} = \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \left(j \frac{2\pi}{\lambda r} + \frac{1}{r^2} \right)$$

VD $I_0 d = 4\pi$, $\theta = 90^\circ$, $t = 0$, $f = 300 \text{ MHz}$, $v = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, $\lambda = 1 \text{ m}$

$$\rightarrow H_{\varphi} = \frac{1}{r^2} (\cos 2\pi r + 2\pi r \sin 2\pi r)$$

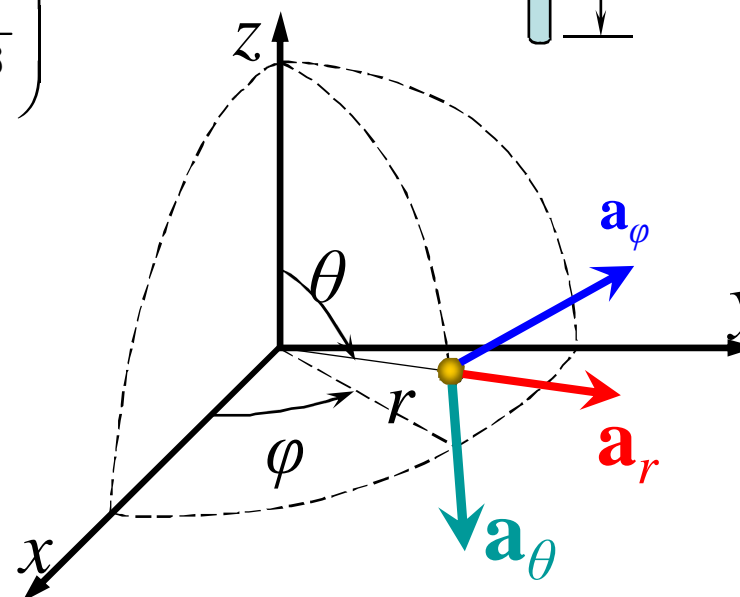
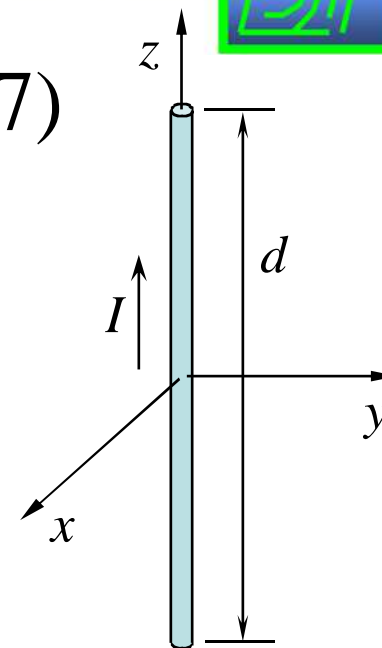




Các nguyên lý cơ bản của anten (7)

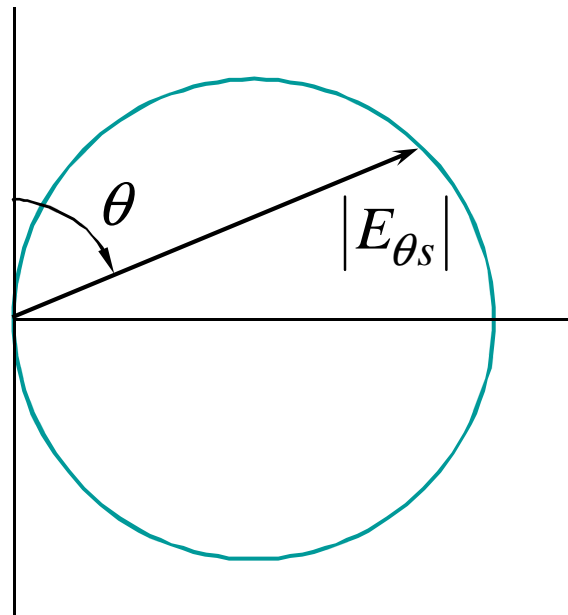
$$\begin{cases} H_{\varphi s} = \frac{I_0 d}{4\pi} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \left(j \frac{2\pi}{\lambda r} + \frac{1}{r^2} \right) \\ E_{rs} = \frac{I_0 d \eta}{2\pi} \cos \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \left(\frac{1}{r^2} + \frac{1}{j2\pi r^3} \right) \\ E_{\theta s} = \frac{I_0 d \eta}{4\pi} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \left(j \frac{2\pi}{\lambda r} + \frac{1}{r^2} + \frac{\lambda}{j2\pi r^3} \right) \end{cases}$$

$$\rightarrow \begin{cases} H_{\varphi s} = j \frac{I_0 d}{2\lambda r} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \\ E_{rs} = 0 \\ E_{\theta s} = j \frac{I_0 d \eta}{2\lambda r} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \end{cases} \quad \rightarrow E_{\theta s} = \eta H_{\varphi s}$$



Các nguyên lý cơ bản của anten (8)

$$\begin{cases} H_{\varphi s} = j \frac{I_0 d}{2\lambda r} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \\ E_{\theta s} = j \frac{I_0 d \eta}{2\lambda r} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \end{cases}$$



Các nguyên lý cơ bản của anten (9)

$$\left. \begin{aligned} H_{\varphi s} &= j \frac{I_0 d}{2\lambda r} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \\ E_{\theta s} &= j \frac{I_0 d \eta}{2\lambda r} \sin \theta e^{-j2\pi r/\lambda} \\ E_{\theta s} &= \eta H_{\varphi s} \end{aligned} \right\} \rightarrow \begin{cases} E_{\theta} = \eta H_{\varphi} \\ H_{\varphi} = -\frac{I_0 d}{2\lambda r} \sin \theta \sin \left(\omega t - \frac{2\pi r}{\lambda} \right) \end{cases}$$

$$S_r = E_{\theta} H_{\varphi} = \left(\frac{I_0 d}{2\lambda r} \right)^2 \eta \sin^2 \theta \sin^2 \left(\omega t - \frac{2\pi r}{\lambda} \right)$$

$$S = \int_{\varphi=0}^{\varphi=2\pi} \int_{\theta=0}^{\theta=\pi} S_r r_0^2 \sin \theta d\theta d\varphi = \left(\frac{I_0 d}{2\lambda r} \right)^2 \eta \frac{2\pi}{3} \sin^2 \left(\omega t - \frac{2\pi r_0}{\lambda} \right)$$

$$\rightarrow S_{\text{t bình}} = \left(\frac{I_0 d}{2\lambda r} \right)^2 \eta \frac{\pi}{3} = 40\pi^2 \left(\frac{I_0 d}{2\lambda r} \right)^2$$

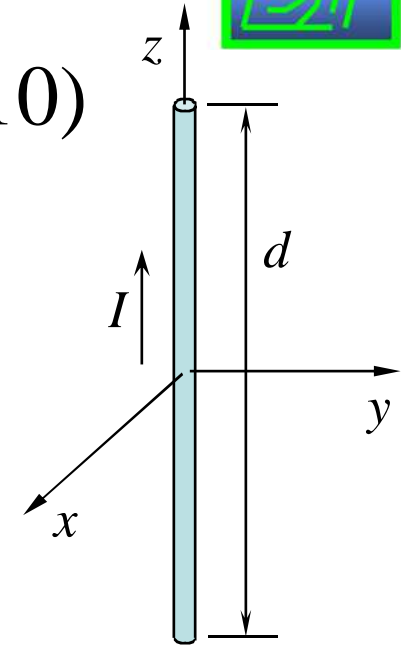


Các nguyên lý cơ bản của anten (10)

$$S_{\text{tbình}} = 40\pi^2 \left(\frac{I_0 d}{2\lambda r} \right)^2$$

$$P_{\text{tbình}} = \frac{1}{2} I_0^2 R_{\text{bức xạ}}$$

$$R_{\text{bức xạ}} = \frac{2P_{\text{tbình}}}{I_0^2} = 80\pi^2 \left(\frac{d}{\lambda} \right)^2$$



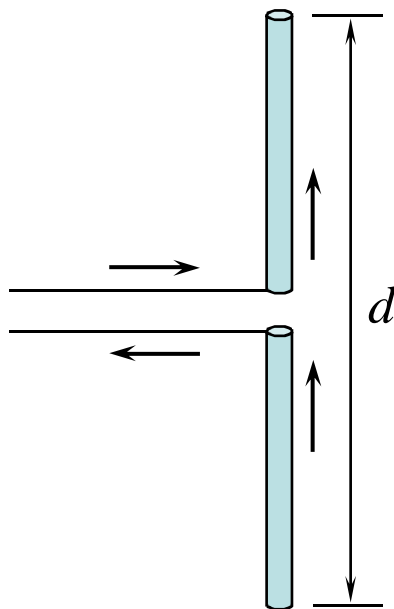
Ví dụ Các nguyên lý cơ bản của anten (11)

Xét một nguyên tố anten thẳng, dài $d = 1\text{m}$, có dòng điện $I_0 = 1\text{A}$, đặt trong không khí. Tính công suất & tổng trở bức xạ trong 2 trường hợp:

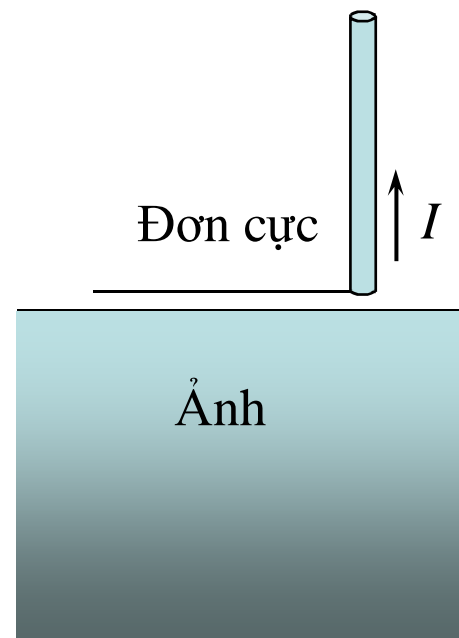
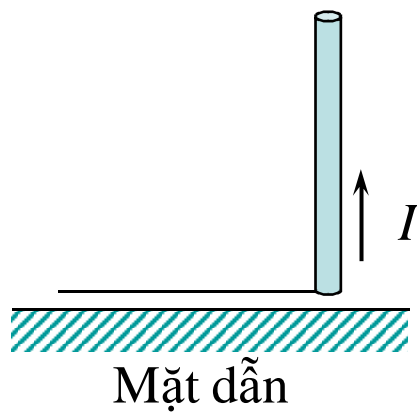
a) $f = 3\text{ MHz}$;

b) $f = 300\text{ Hz}$

Các nguyên lý cơ bản của anten (12)



Các nguyên lý cơ bản của anten (13)



Nội dung

- I. Giới thiệu
- II. Giải tích vectơ
- III. Luật Coulomb & cường độ điện trường
- IV. Dịch chuyển điện, luật Gauss & divergence
- V. Năng lượng & điện thế
- VI. Dòng điện & vật dẫn
- VII. Điện môi & điện dung
- VIII. Các phương trình Poisson & Laplace
- IX. Từ trường dừng
- X. Lực từ & điện cảm
- XI. Trường biến thiên & hệ phương trình Maxwell
- XII. Sóng phẳng
- XIII. Phản xạ & tán xạ sóng phẳng
- XIV. Dẫn sóng & bức xạ