

# PHẦN 6: ANTEN MẠCH DẪI

Trần Thị Thúy Quỳnh

Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội

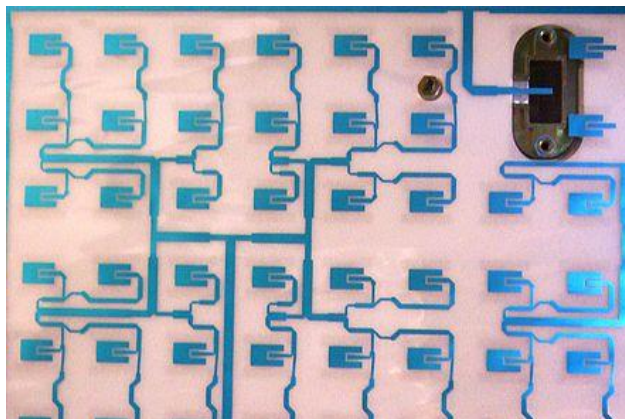


VIETNAM NATIONAL UNIVERSITY, HANOI  
VNU UNIVERSITY OF ENGINEERING & TECHNOLOGY

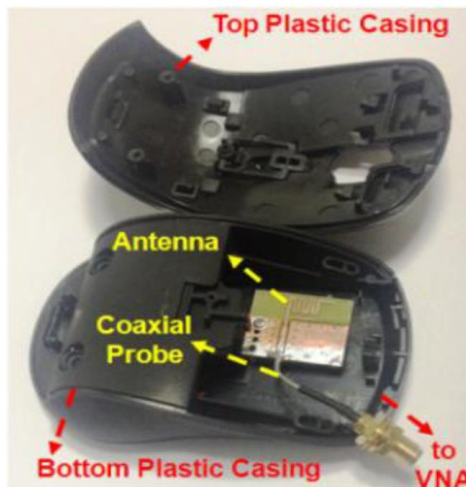


FACULTY OF ELECTRONICS  
& TELECOMMUNICATIONS

# Anten mạch dải



Anten thu truyền hình vệ tinh



Chuột không dây

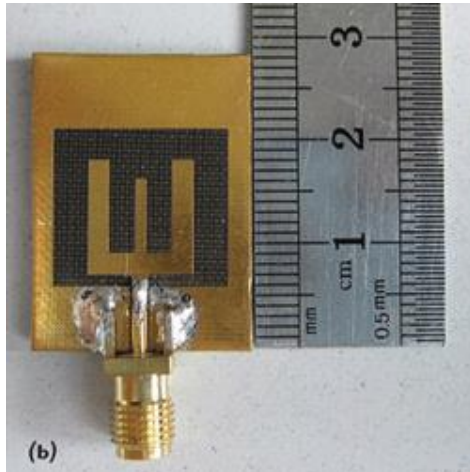


Điện thoại di động

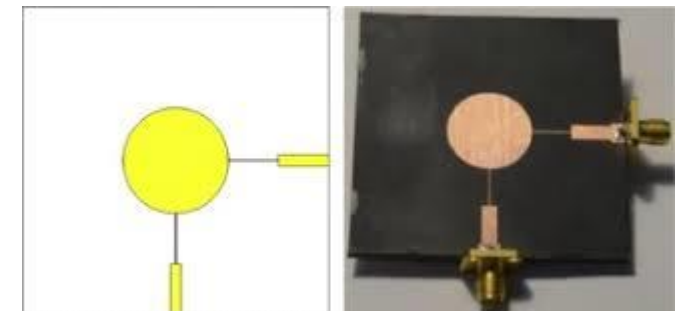
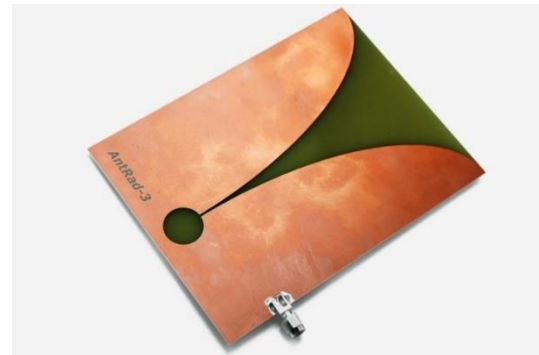
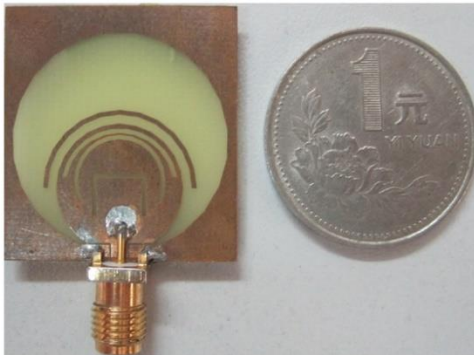


Trạm cơ sở

# Anten mạch dải

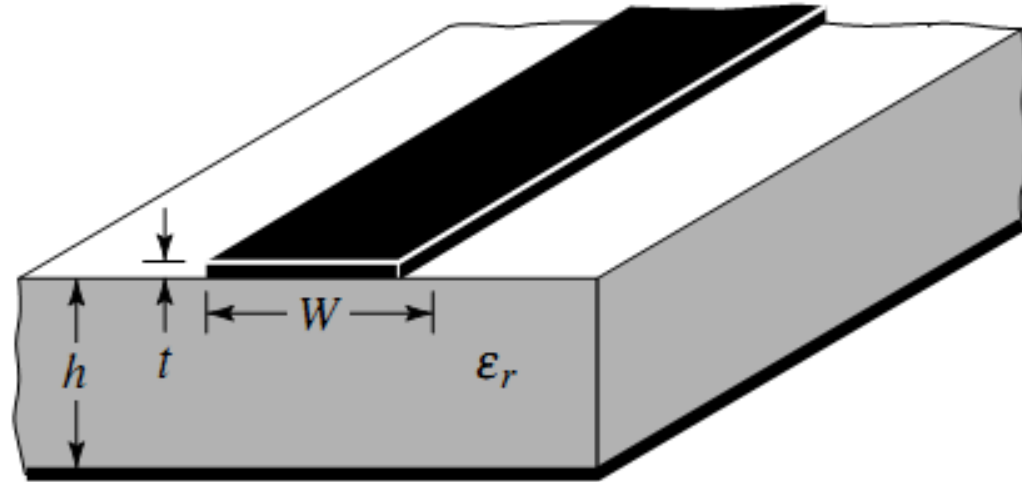


2. This photograph shows the proposed CPW UWB antenna as fabricated on FR-4 circuit laminate material.



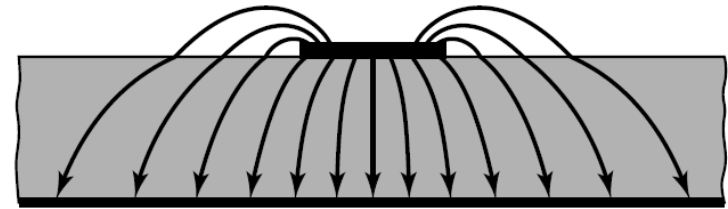
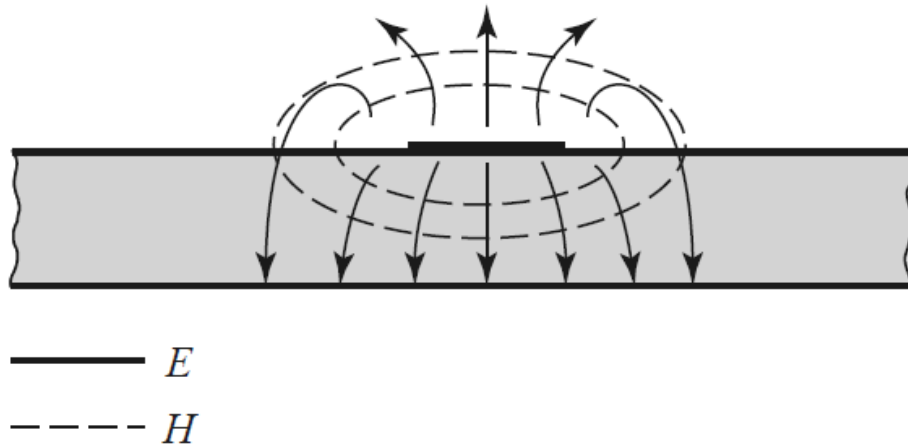
# Cấu trúc mạch dải

- Lớp đồng dẫn
- Lớp điện môi
- Lớp đất



# Cấu trúc mạch dải

- Đường sức điện trường có phần lớn nằm trong tấm điện môi và một phần nằm trong không khí nên sóng truyền không đơn thuần là sóng TEM mà là quasi – TEM, tương đương hằng số điện môi hiệu dụng  $\epsilon_e$ .



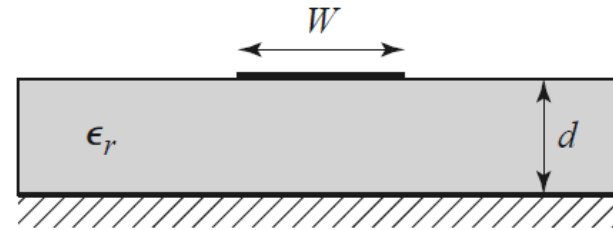
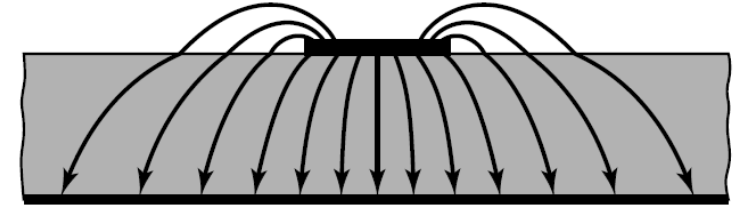
# Đường truyền mạch dải

- Hằng số điện môi hiệu dụng

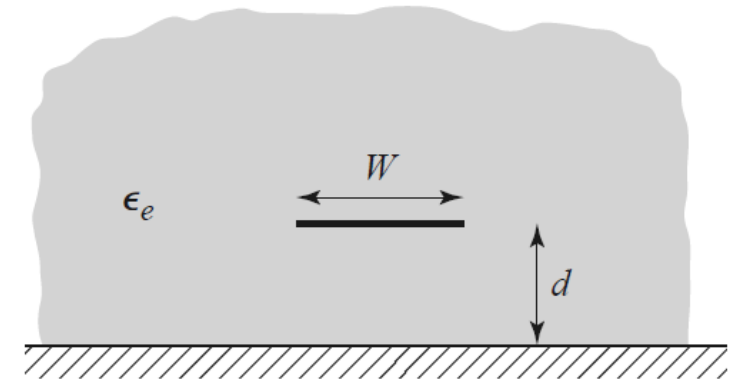
$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 12d/W}}$$

- Vận tốc truyền sóng

$$v_p = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_e}},$$
$$\beta = k_0 \sqrt{\epsilon_e},$$



(a)



(b)

# Đường truyền mạch dải

## - Trở kháng đặc tính

$$Z_0 = \begin{cases} \frac{60}{\sqrt{\epsilon_e}} \ln \left( \frac{8d}{W} + \frac{W}{4d} \right) \\ \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_e} [W/d + 1.393 + 0.667 \ln (W/d + 1.444)]} \end{cases}$$

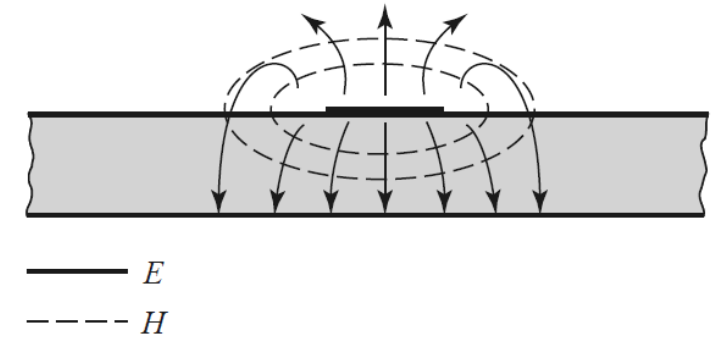
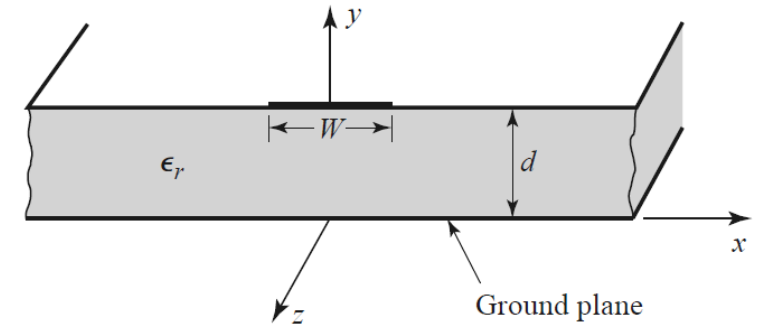
for  $W/d \leq 1$

for  $W/d \geq 1$ .

$$\frac{W}{d} = \begin{cases} \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} & \text{for } W/d < 2 \\ \frac{2}{\pi} \left[ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left\{ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right\} \right] & \text{for } W/d > 2, \end{cases}$$

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left( 0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}}.$$





# Đường truyền mạch dải

- Hãng sản xuất mạch dải



<http://www.taconic-add.com>



<http://www.rogerscorp.com>



VIETNAM NATIONAL UNIVERSITY, HANOI  
VNU UNIVERSITY OF ENGINEERING & TECHNOLOGY



FACULTY OF ELECTRONICS  
& TELECOMMUNICATIONS



# Đường truyền mạch dải

## - Phần mềm tính

Impedance Calculation

Select Type

- ☐ Coax
- ☐ Strip Line
- ☐ Thick Strip Line
- ☐ Thin Microstrip
- ☒ Thick Microstrip
- ☐ Coplanar Waveguide w/t ground
- ☐ Coplanar Waveguide
- ☐ Thick Coplanar Waveguide
- ☐ Differential Stripline
- ☐ Suspended Microstrip
- ☐ Inverted Suspended Microstrip
- ☐ Include Dispersion

Geometry Data

h  W

t

Units: mm GHz

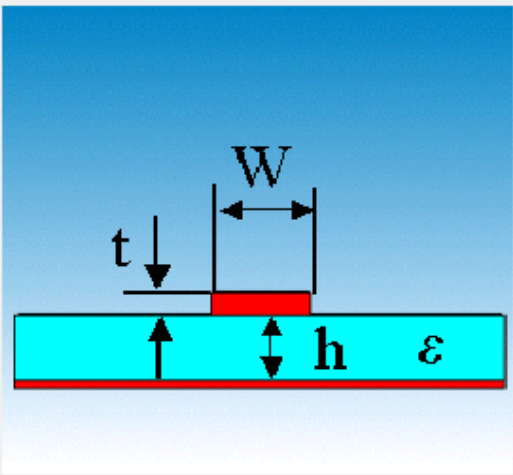
permittivity  
eps

Impedance static  
Z<sub>0</sub> =  Ohm  
eps\_eff =

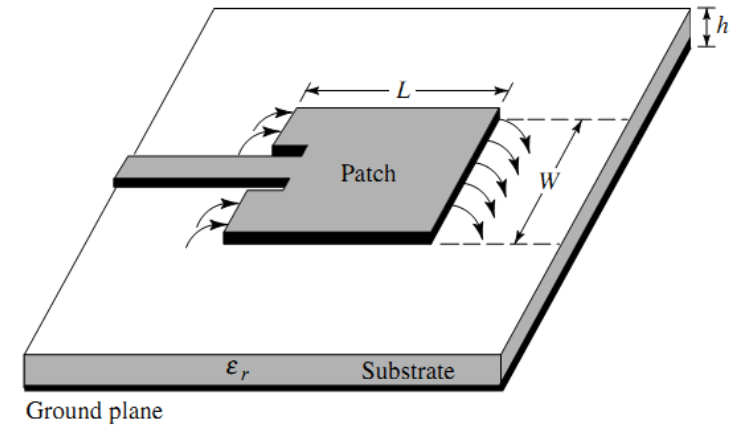
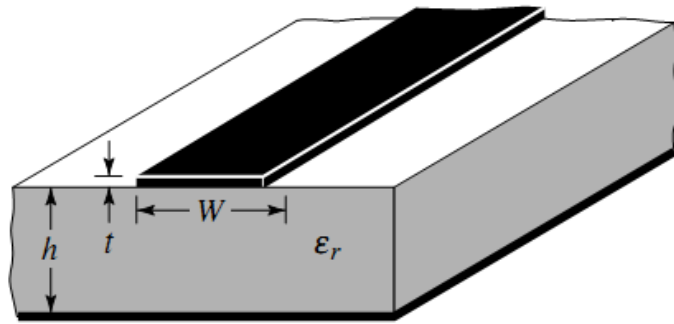
Calculate Build 3D Cancel Help

Phase Delay and Line Length

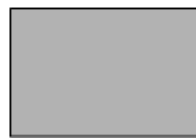
Frequency:  Linelength:  Phaseshift:



# Cấu trúc anten mạch dải



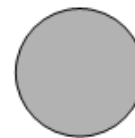
(a) Square



(b) Rectangular



(c) Dipole



(d) Circular



(e) Elliptical



(f) Triangular



(g) Disc sector



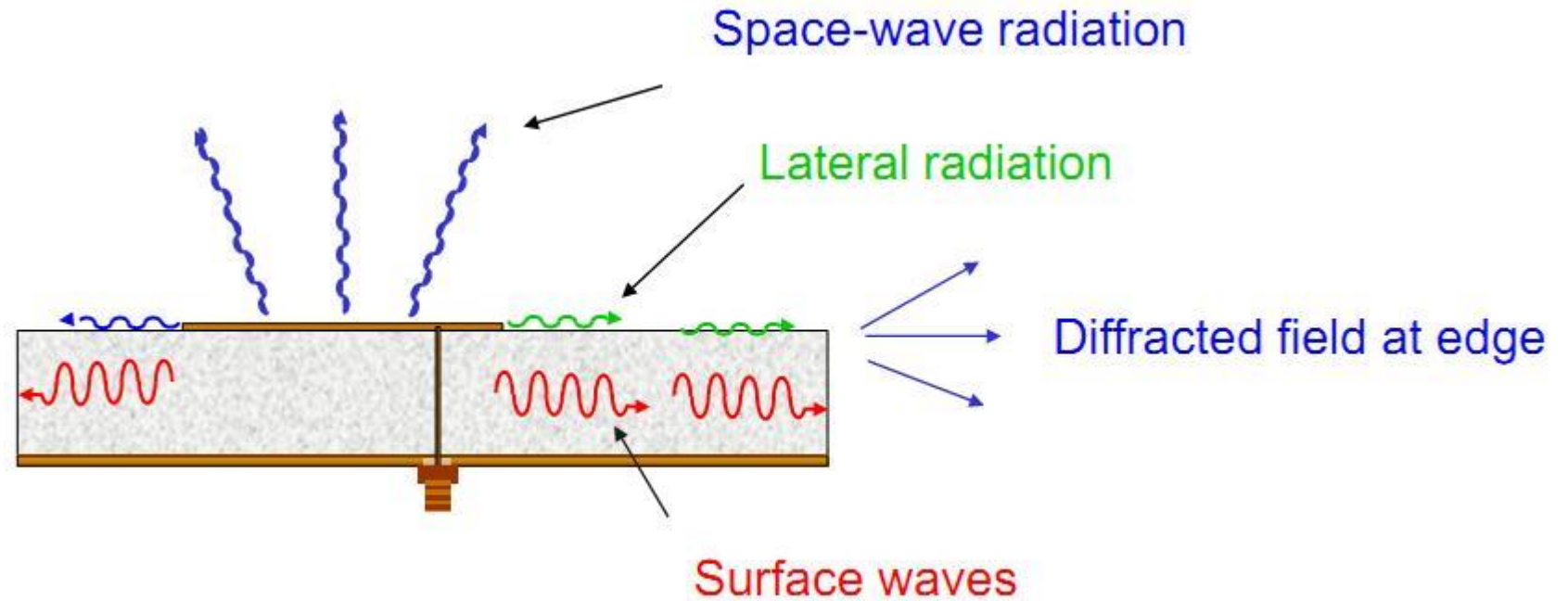
(h) Circular ring



(i) Ring sector

**Figure 14.2** Representative shapes of microstrip patch elements.

# Cơ chế bức xạ



# Ưu điểm

- Trọng lượng nhẹ, thể tích nhỏ
- Giá thành chế tạo thấp, có thể sản xuất số lượng lớn
- Có thể tạo cả anten phân cực tuyến tính và phân cực tròn
- Cấu trúc phẳng, mỏng nên dễ uốn theo các bề mặt (phẳng, nón, trụ,...)
- Dễ tích hợp trong mạch tích hợp siêu cao tần (MICs – Microwave Integrated Circuits)
- Có thể hoạt động tại nhiều băng tần
- Cấu trúc cơ khí chắc chắn



# Nhược điểm

- Băng hẹp
- Hiệu suất thấp
- Tăng ích thấp
- Khả năng chịu công suất thấp
- Kích thích sóng bề mặt (surface wave)
- Bức xạ ngoại lai từ các đầu nối và tiếp giáp
- Bức xạ theo hướng dọc trục kèm

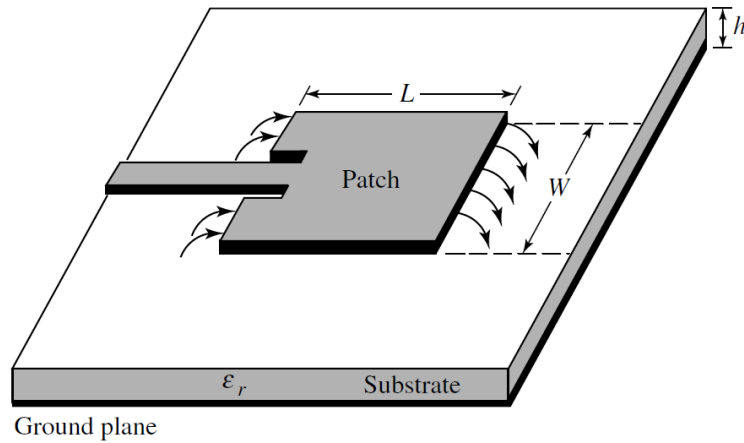


# Nhược điểm

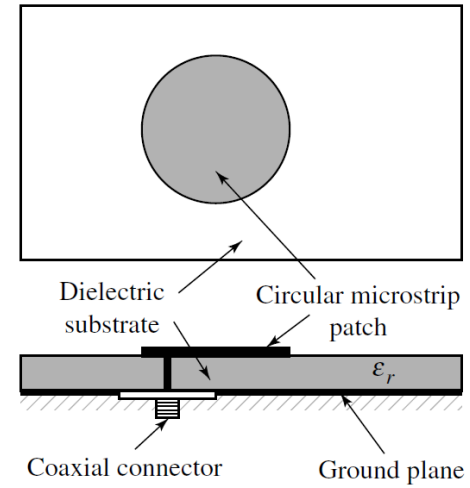
- **Độ rộng băng và tăng ích** của anten có thể được cải thiện bằng cách **tăng bề dày** của lớp điện môi. Tuy nhiên, việc này cũng tăng kích thích sóng bề mặt gây tổn hao công suất và các bức xạ không mong muốn (tán xạ tại các cạnh của tấm điện môi).
- **Tấm đất** nên được mở rộng khoảng 2 - 3 lần bề dày của tấm điện môi. Kích thước **quá nhỏ sẽ làm giảm tỷ số F/B**. **Kích thước lớn có thể tăng độ tăng ích** (do giảm bức xạ cạnh) **nhưng không tăng tuyến tính** (tăng kích thước tấm đất “đã lớn”, độ tăng ích tăng rất ít).



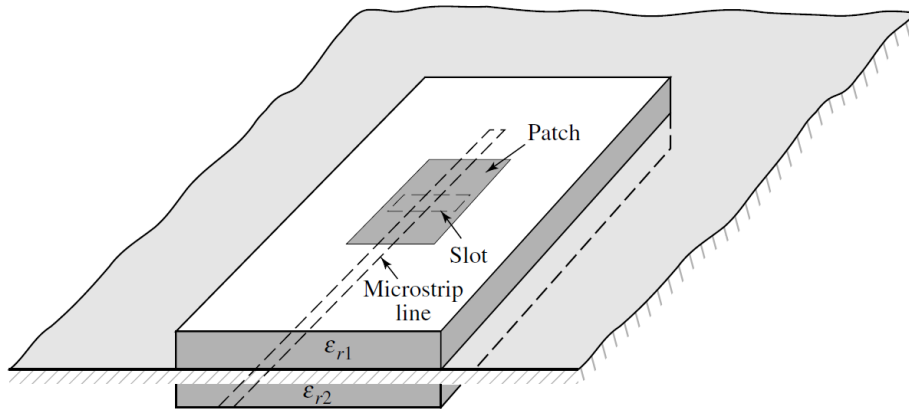
# Các hình thức tiếp điện



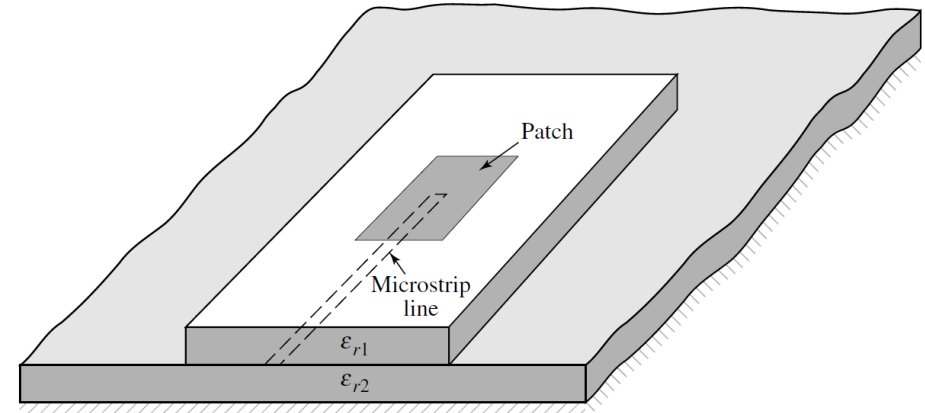
(a) Microstrip line feed



(b) Probe feed



(c) Aperture-coupled feed



(d) Proximity-coupled feed



# Các hình thức tiếp điện

characteristics	Microstrip line feed	Coaxial feed	Aperture coupled feed	Proximity coupled feed
Spurious feed radiation	More	More	Less	Minimum
Reliability	Better	Poor due to soldering	Good	Good
Ease of fabrication	Easy	Soldering and Drilling needed	Alignment Required	Alignment Required
Impedance matching	Easy	Easy	Easy	Easy
Bandwidth	2-5%	2-5%	21%	13%

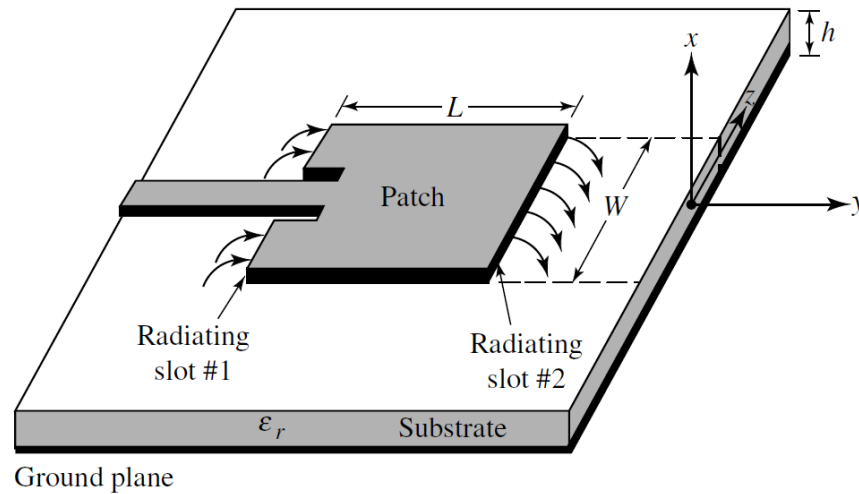
# Anten mạch dải chữ nhật

- Phân tích theo mô hình đường truyền (đơn giản, dễ hiểu, độ chính xác thấp, khó mô tả trường hợp ghép)
- Phân tích theo mô hình hốc cộng hưởng (chính xác nhưng độ phức tạp lớn)
- Phân tích toàn sóng (rất chính xác nhưng phức tạp do cần giải hệ phương trình tích phân)

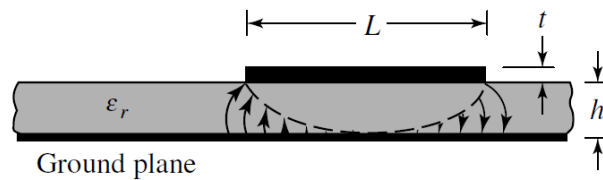


# Mô hình đường truyền

- Anten được coi tương đương hai khe bức xạ hẹp có kích thước mỗi khe  $W \times h$ , đặt cách nhau một khoảng  $L$

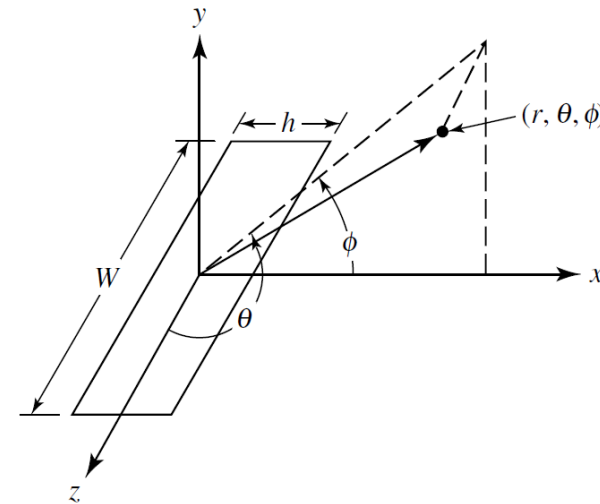


(a) Microstrip antenna



(b) Side view

Kích thích mode  $TM_{010}$   
(số nửa sóng của sóng đứng theo trục x, y, z)

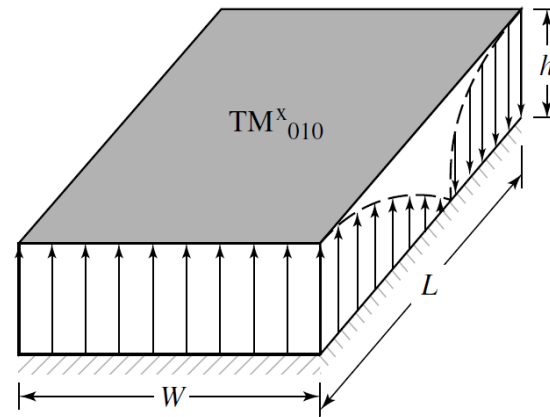


(c) Coordinate system for each radiating slot

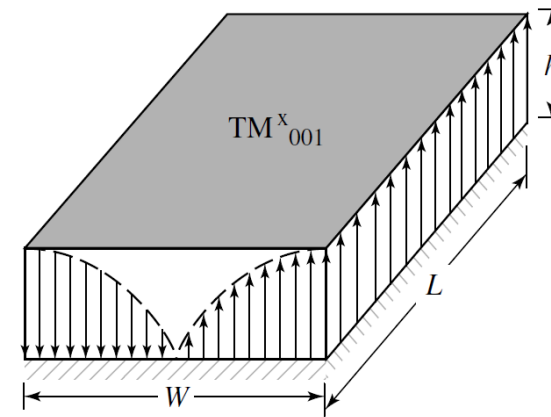
# Mô hình đường truyền

- Một số mode hoạt động của anten mạch dải chữ nhật (Phân bố điện trường)

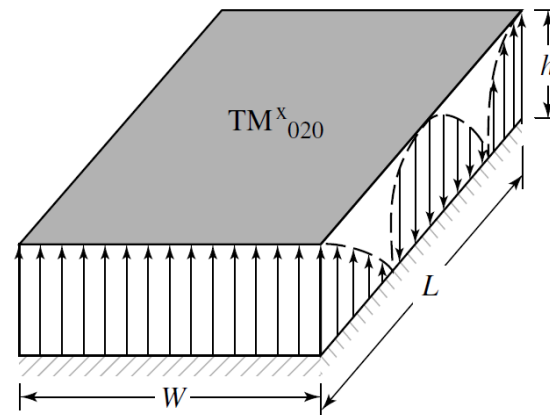
Kích thích mode  $TM_{mnp}$   
(số nửa sóng của sóng  
đứng theo trục x, y, z)



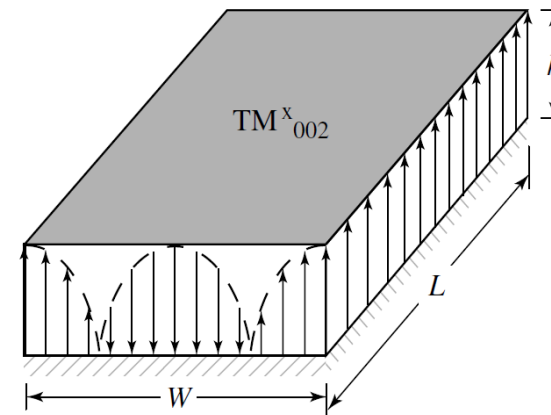
(a)  $TM^x_{010}$



(b)  $TM^x_{001}$



(c)  $TM^x_{020}$



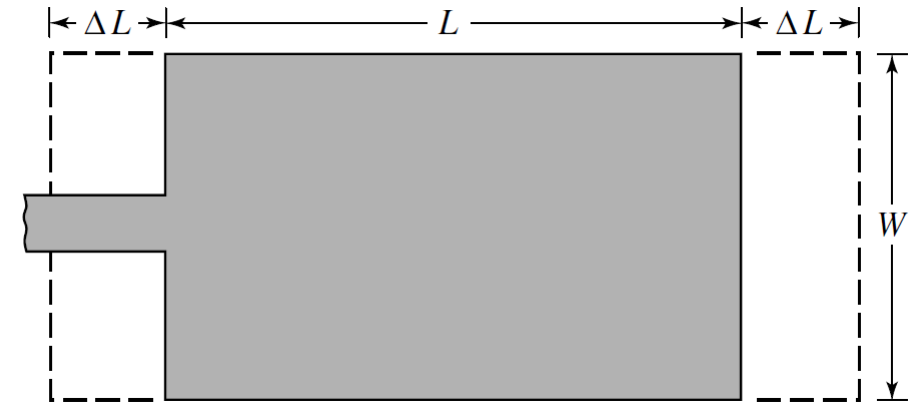
(d)  $TM^x_{002}$

# Mô hình đường truyền

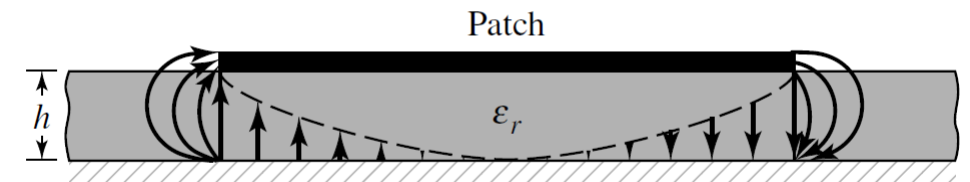
- Do hiệu ứng fringing, chiều dài điện lớn hơn chiều dài vật lý

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0.3) \left( \frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0.258) \left( \frac{W}{h} + 0.8 \right)}$$

$$L_{\text{eff}} = L + 2\Delta L$$



(a) Top view



(b) Side view

# Mô hình đường truyền

- Kích thích mode  $TM_{010}$  trong trường hợp có và không có fringing:

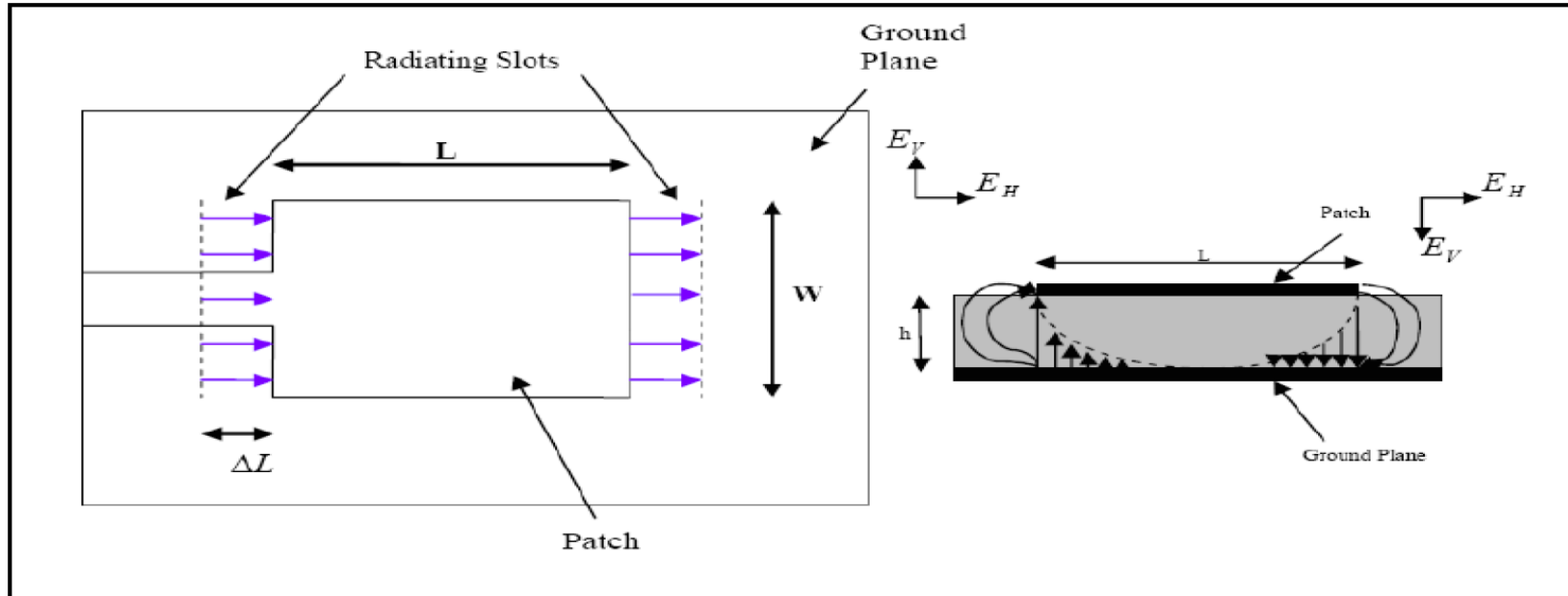
$$(f_r)_{010} = \frac{1}{2L\sqrt{\epsilon_r}\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} = \frac{v_0}{2L\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$\begin{aligned}(f_{rc})_{010} &= \frac{1}{2L_{\text{eff}}\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} = \frac{1}{2(L + 2\Delta L)\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} \\ &= q \frac{1}{2L\sqrt{\epsilon_r}\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} = q \frac{v_0}{2L\sqrt{\epsilon_r}}\end{aligned}$$

- Hệ số fringer:  $q = \frac{(f_{rc})_{010}}{(f_r)_{010}}$

- Lớp điện môi càng dày, hiện tượng fringing tăng, chiều dài điện tăng, tần số cộng hưởng thấp hơn

# Cơ chế bức xạ

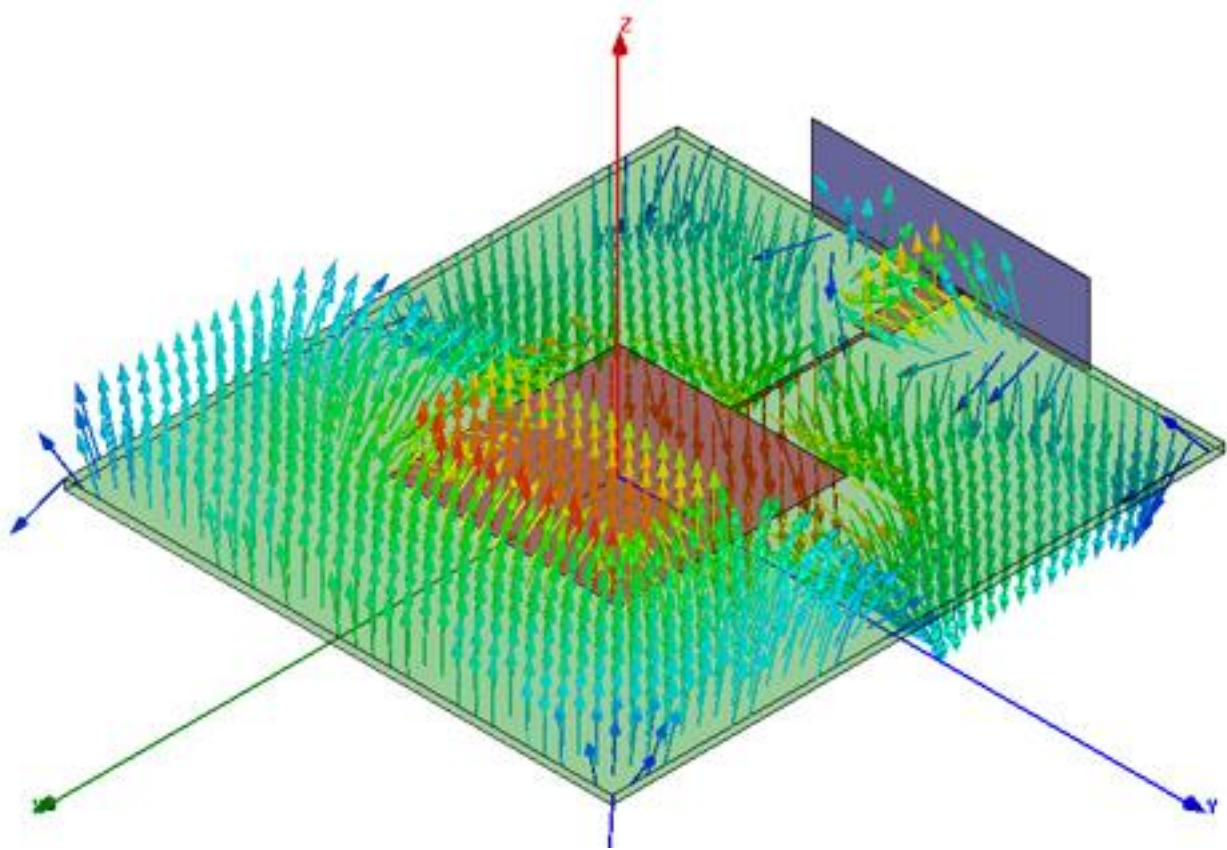


Trường tại hai cạnh được phân tích thành các thành phần dọc ( $E_V$ ) và ngang ( $E_H$ ). Khi đó, tại hướng vuông góc, các thành phần dọc ngược pha bị triệt tiêu, anten được coi như **hai khe bức xạ có điện trường ngang cùng pha**.

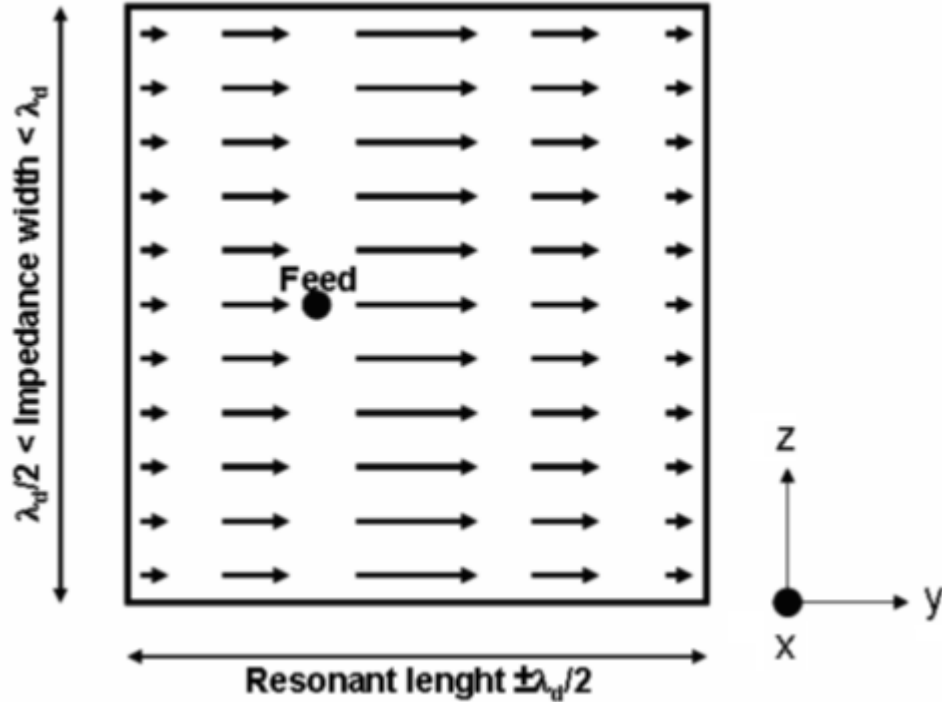


# Cơ chế bức xạ

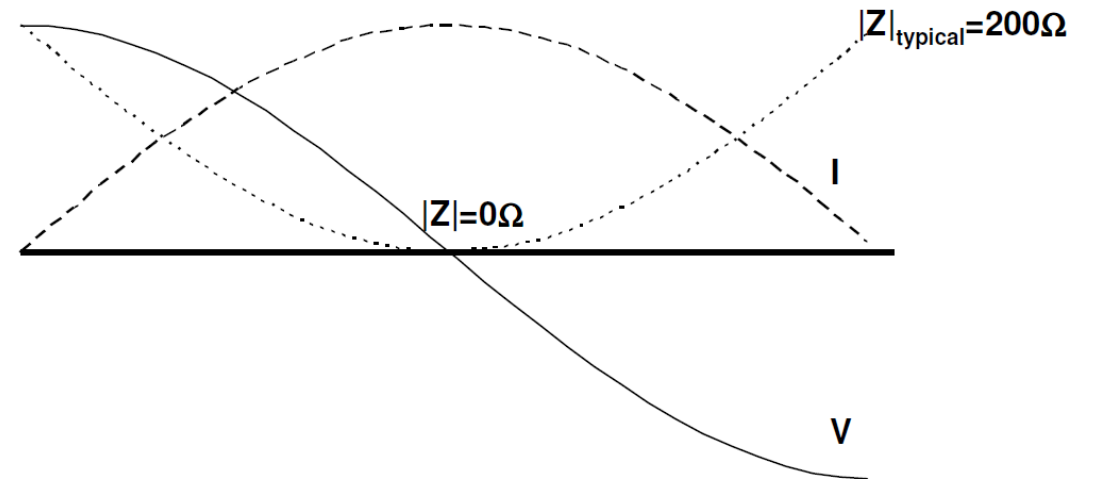
Vector điện trường  $E$



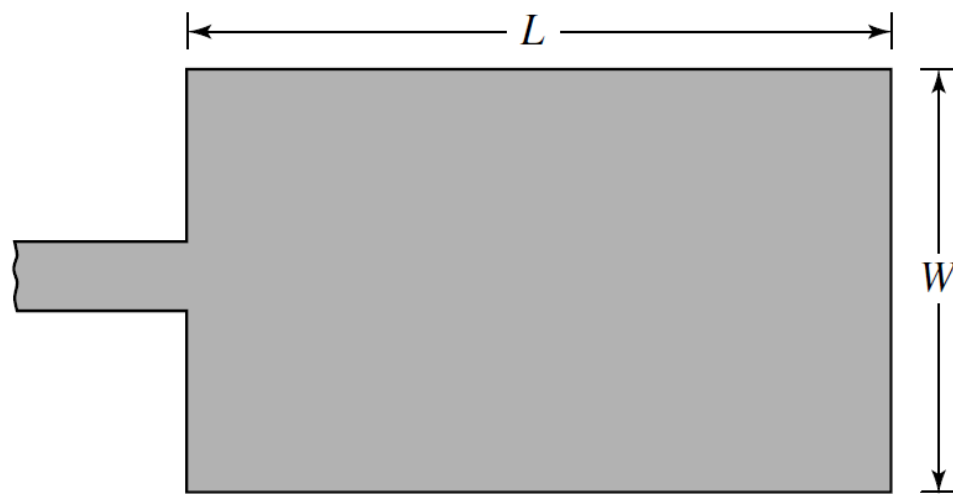
# Cơ chế bức xạ



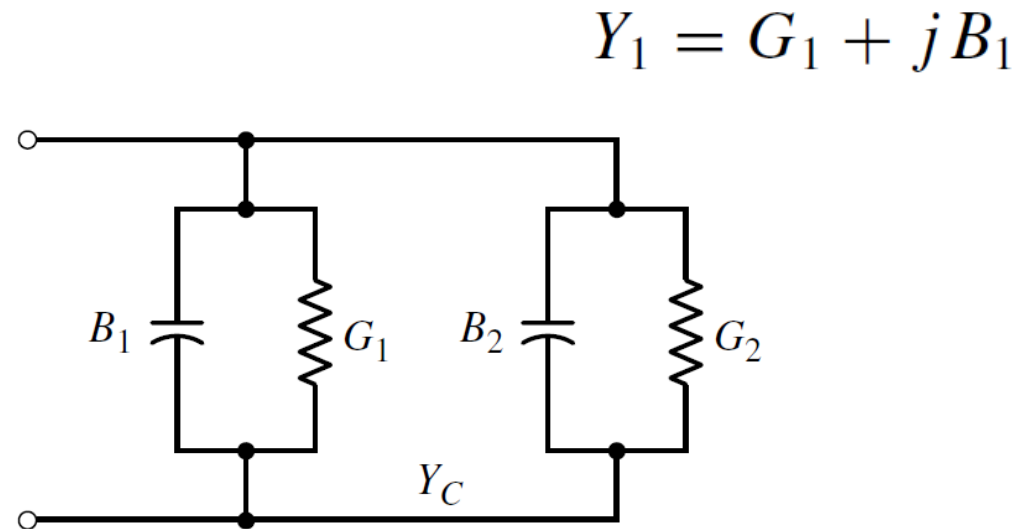
Kích thích mode  $TM_{010}$   
(số nửa sóng của sóng đứng theo trục  $x, y, z$ ),  
thành phần  $H_y$



# Trở kháng vào



(a) Rectangular patch



(b) Transmission model equivalent

$$Y_2 = Y_1, \quad G_2 = G_1, \quad B_2 = B_1$$

$$G_1 = \frac{W}{120\lambda_0} \left[ 1 - \frac{1}{24}(k_0 h)^2 \right] \quad \frac{h}{\lambda_0} < \frac{1}{10}$$

$$B_1 = \frac{W}{120\lambda_0} [1 - 0.636 \ln(k_0 h)] \quad \frac{h}{\lambda_0} < \frac{1}{10}$$

# Trở kháng vào

Với khoảng cách giữa hai khe là  $\lambda_d/2$ , Tại lối vào anten,  $Y_2$  trở thành:

$$\tilde{Y}_2 = \tilde{G}_2 + j\tilde{B}_2 = G_1 - jB_1$$

Do đó, dẫn nạp vào (không có ghép tương hỗ):

$$Y_{in} = Y_1 + \tilde{Y}_2 = 2G_1$$

$$Z_{in} = \frac{1}{Y_{in}} = R_{in} = \frac{1}{2G_1}$$

# Trở kháng vào

Do đó, dẫn nạp vào (~~không~~ có ghép tương hỗ):

$$R_{in} = \frac{1}{2(G_1 \pm G_{12})}$$

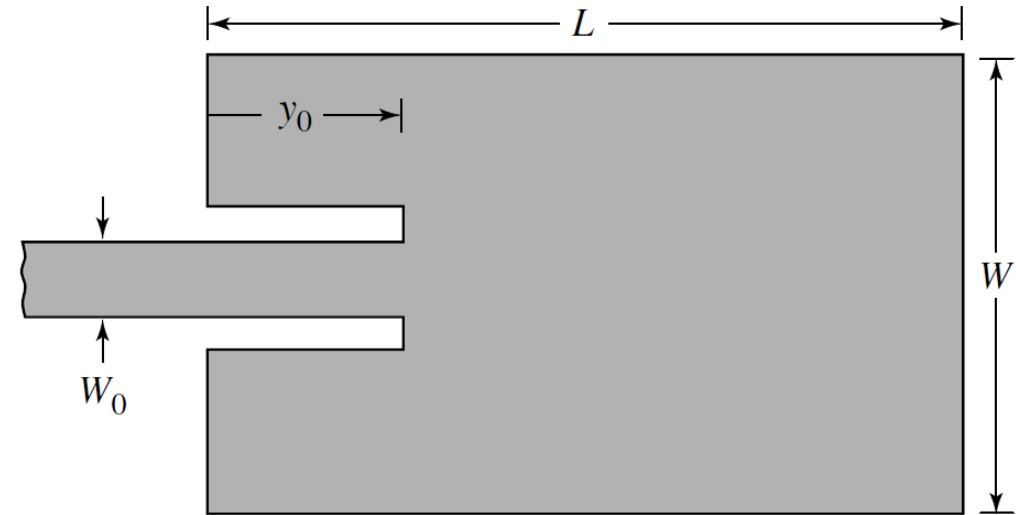
$$G_{12} = \frac{1}{|V_0|^2} \operatorname{Re} \iint_S \mathbf{E}_1 \times \mathbf{H}_2^* \cdot d\mathbf{s}$$

$$G_{12} = \frac{1}{120\pi^2} \int_0^\pi \left[ \frac{\sin\left(\frac{k_0 W}{2} \cos \theta\right)}{\cos \theta} \right]^2 J_0(k_0 L \sin \theta) \sin^3 \theta d\theta$$

$J_0$  là hàm Bessel loại 1, bậc 0.

# Trở kháng vào

$$R_{in}(y = y_0) = \frac{1}{2(G_1 \pm G_{12})} \left[ \cos^2 \left( \frac{\pi}{L} y_0 \right) + \frac{G_1^2 + B_1^2}{Y_c^2} \sin^2 \left( \frac{\pi}{L} y_0 \right) - \frac{B_1}{Y_c} \sin \left( \frac{2\pi}{L} y_0 \right) \right]$$

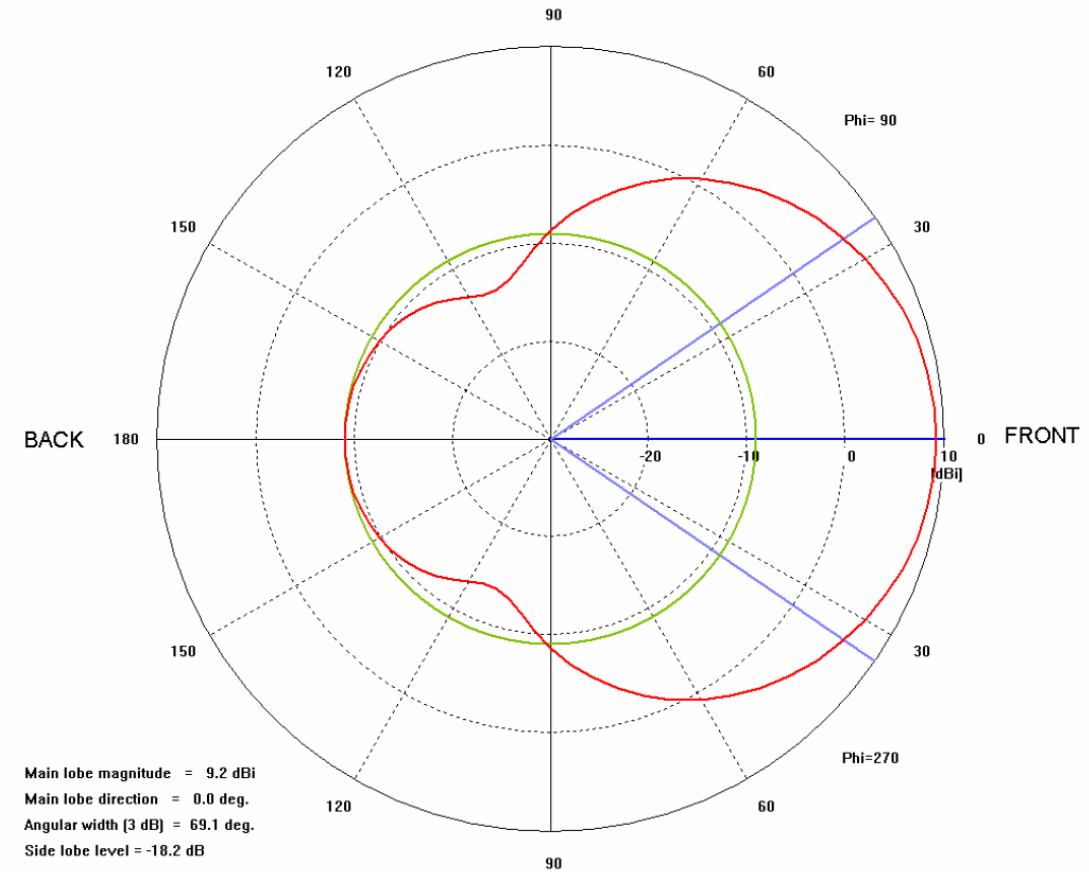


Với các mạch dải thông thường thì  $G_1/Y_c \ll 1$  và  $B_1/Y_c \ll 1$ , ta có:

$$\begin{aligned} R_{in}(y = y_0) &= \frac{1}{2(G_1 \pm G_{12})} \cos^2 \left( \frac{\pi}{L} y_0 \right) \\ &= R_{in}(y = 0) \cos^2 \left( \frac{\pi}{L} y_0 \right) \end{aligned}$$

# Đặc trưng bức xạ

- Hiệu suất trên 90%
- Độ định hướng:
  - Mỗi khe có độ định hướng khoảng 2-3dBi,
  - Hai khe có độ định hướng tăng thêm 3dB,
  - Độ định hướng cực đại 8 - 9dBi





# Đặc trưng bức xạ

