

Antena de microfita

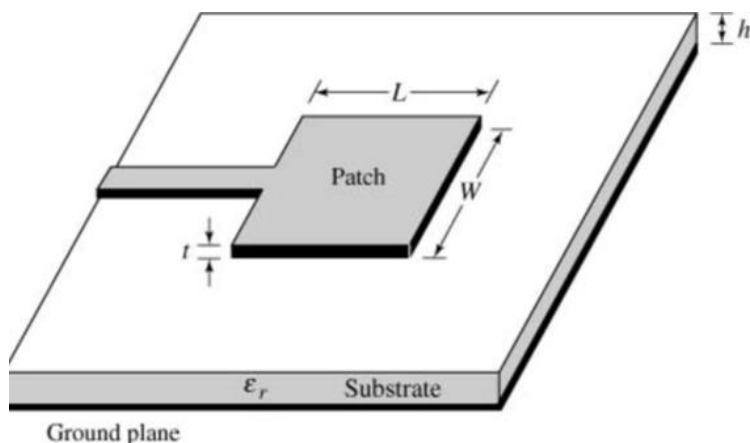
PSI3483

**Ondas Eletromagnéticas
em Meios Guiados**

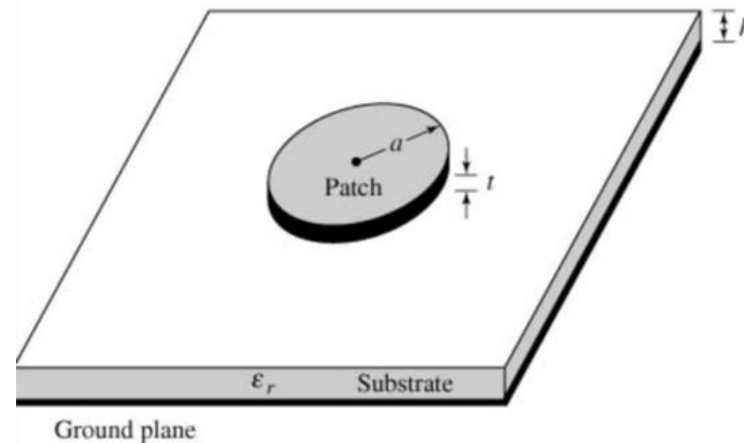
Antenas de Microfita

- Antenas de microfita

- Antenas *patch* ou *de plaqueta*
- Elemento radiante: plaqueta metálica 2D com espessura $t \ll \lambda_0$
- Sobre um substrato dielétrico com espessura $h \ll \lambda_0$
- Com plano terra na face inferior do substrato
- Inúmeras formas de *patch*: retangular, circular, triangular, etc.



Antena *patch* retangular



Antena *patch* circular

Antenas de Microfita com *Patch* Retangular

- Princípio de operação

- Bordas do radiador



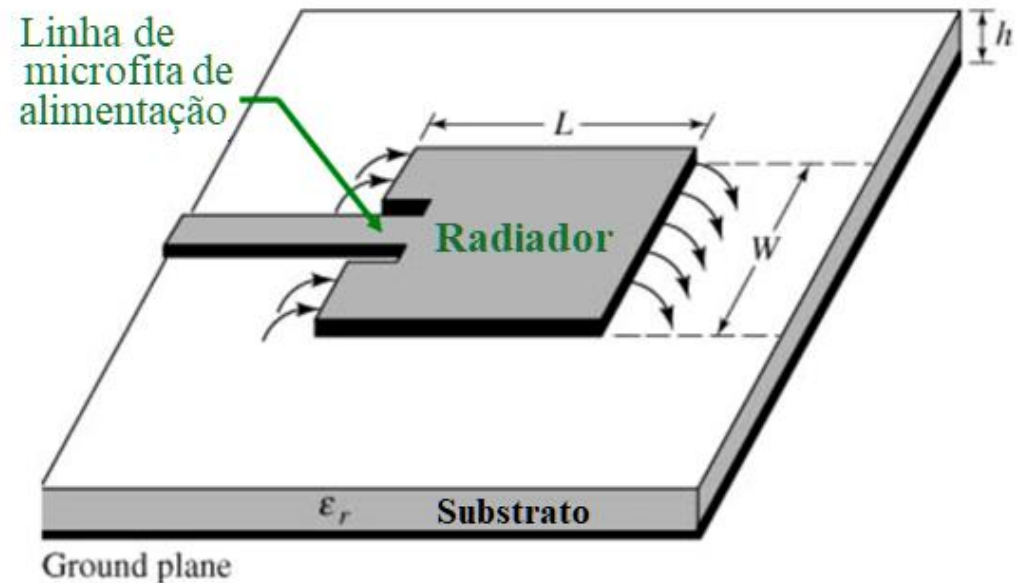
- Duas fendas radiantes
- Distantes de $\lambda/2$ da frequência central da antena



- Patch ressoa em f_r
frequência central da antena

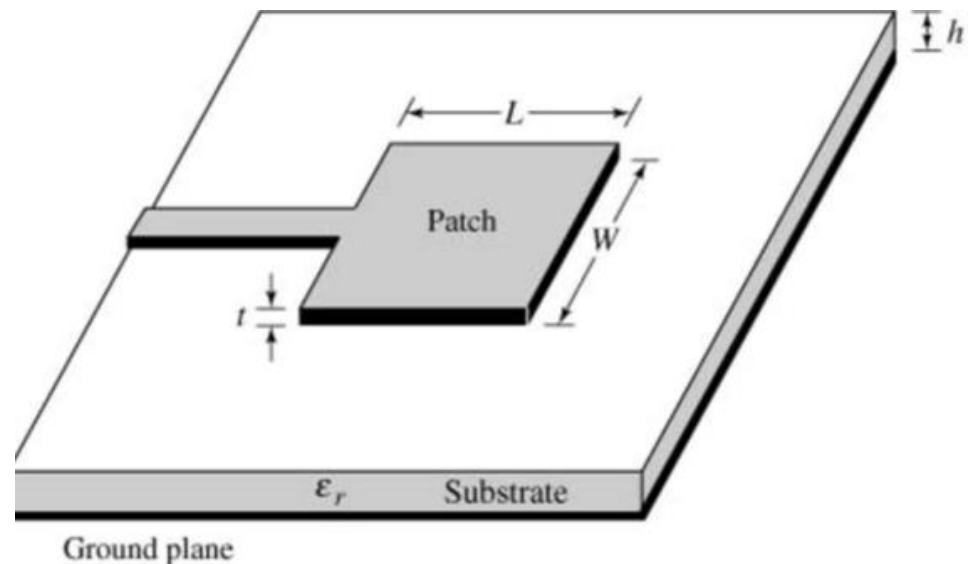
- Métodos de análise

- Linha de transmissão - Cavityde ressonante - Onda completa



Antenas de Microfita com *Patch* Retangular

- **Análise como linha de transmissão**
- Parâmetros
 - Ressonador
 - Linha de transmissão de baixa impedância
 - Largura **W**
 - Comprimento **L**
 - Substrato
 - Espessura **h**
 - Constante dielétrica ϵ_r
 - Tangente de perdas **tg(δ)**
 - Camadas metálicas
 - Espessura **t**
 - Condutividade σ



Antenas de Microfita com *Patch* Retangular

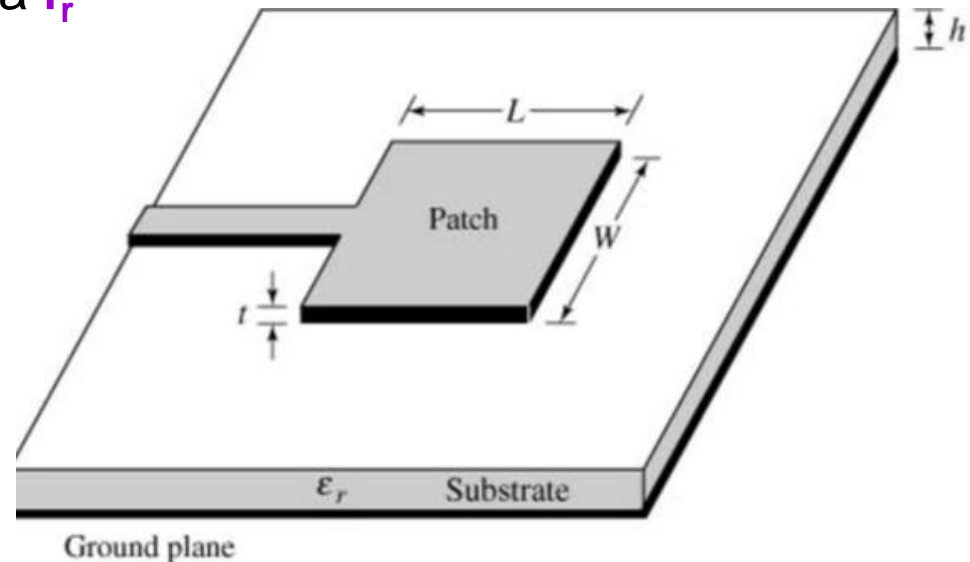
- **Equações de projeto**

- Dados de entrada

- Frequência central da antena f_r
- Características do substrato
 - Dielétrico: h , ϵ_r e $\text{tg}(\delta)$
 - Metal: t e σ

- Parâmetros de projeto

- Largura do *patch* W
- Comprimento do *patch* L
- Posição do ponto de alimentação

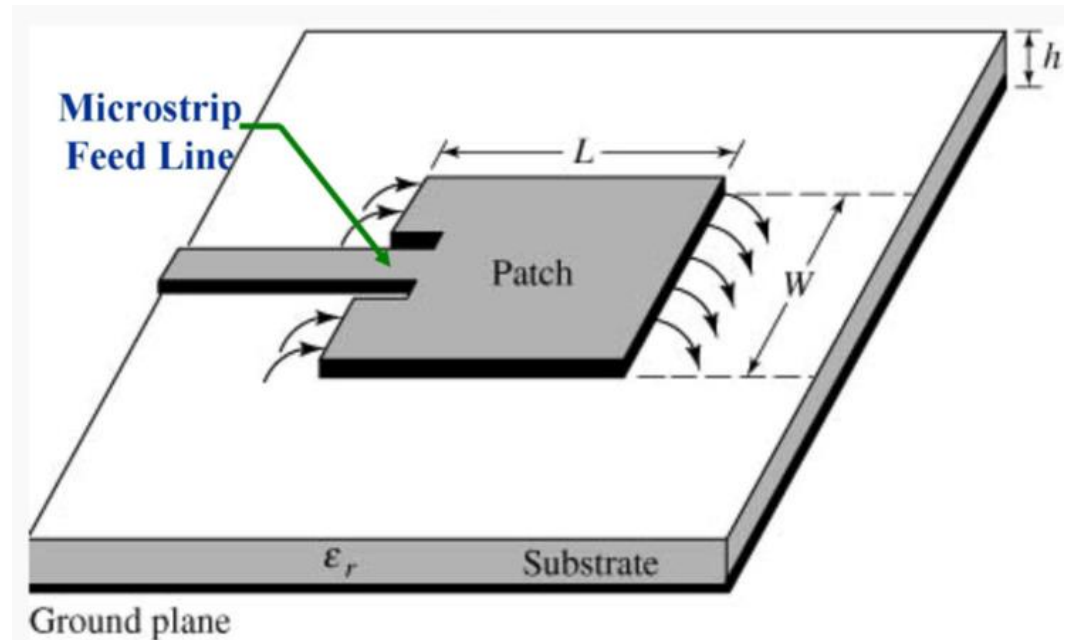


Antenas de Microfita com *Patch* Retangular

- **Equações de projeto**
- Cálculo da largura do patch, **W**
 - Para máxima eficiência de radiação
 - Boa aproximação:

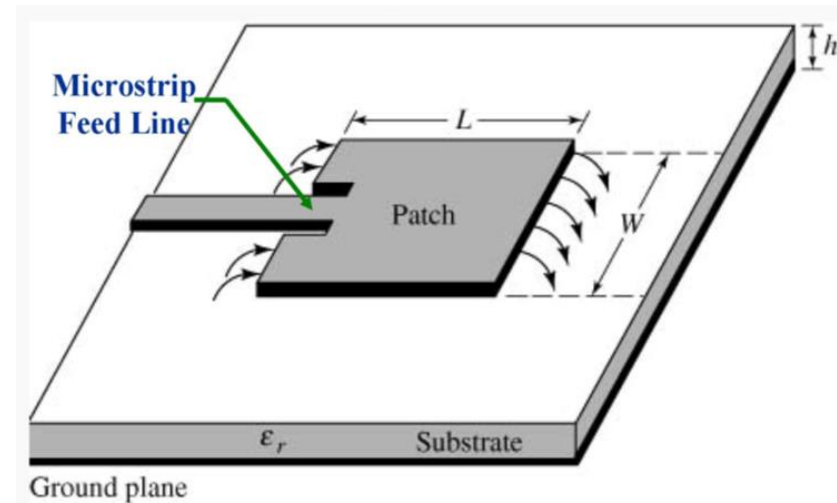
$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$$

C : velocidade da luz



Antenas de Microfita com *Patch* Retangular

- **Equações de projeto**
- Constante dielétrica efetiva ϵ_{ef}
 - Campo elétrico se propaga
 - Parte no dielétrico de $\epsilon_r > 1$
 - Parte no ar de $\epsilon_r = 1$
 - ϵ_{ef} varia no intervalo $(\epsilon_r + 1)/2 < \epsilon_{ef} < \epsilon_r$
 - Para $W/h > 1$

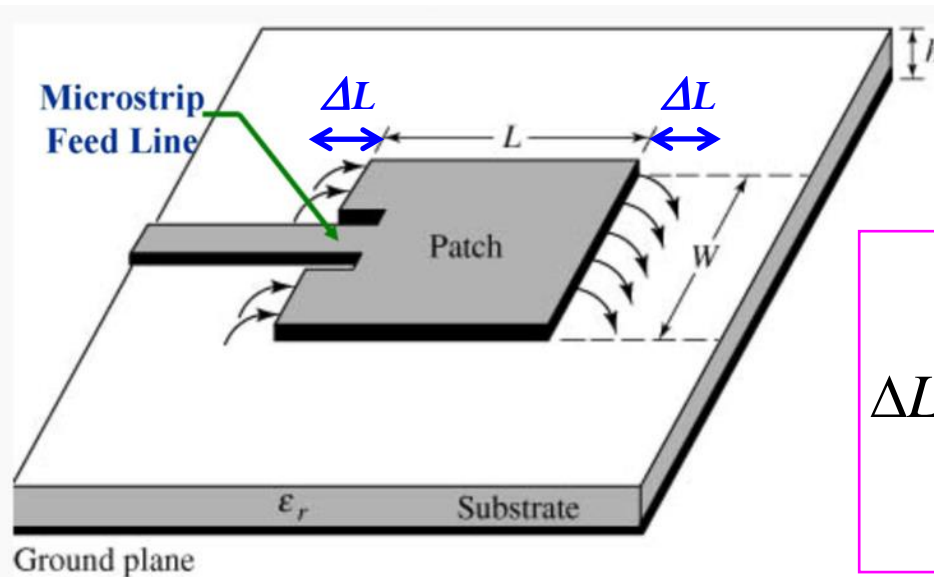


$$\epsilon_{ef} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

Antenas de Microfita com *Patch* Retangular

• Equações de projeto

- Cálculo do comprimento físico do *patch*, L
 - Espreadimento do campo elétrico nas bordas do *patch*
 - Comprimento elétrico efetivo do *patch*, L_{ef}



$$L_{ef} = L + 2 \cdot \Delta L$$

$$\Delta L = 0,412 \cdot h \cdot \frac{(\epsilon_{ef} + 0,3) \cdot \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{ef} - 0,258) \cdot \left(\frac{W}{h} + 0,8\right)}$$

Antenas de Microfita com *Patch* Retangular

- **Equações de projeto**

- Cálculo do comprimento físico do *patch*, **L**
- Na frequência central da antena

$$L_{ef} = \frac{\lambda_{ef}}{2}, \text{ sendo } \lambda_{ef} = \frac{v}{f_r} = \frac{c/\sqrt{\epsilon_{ef}}}{f_r}$$

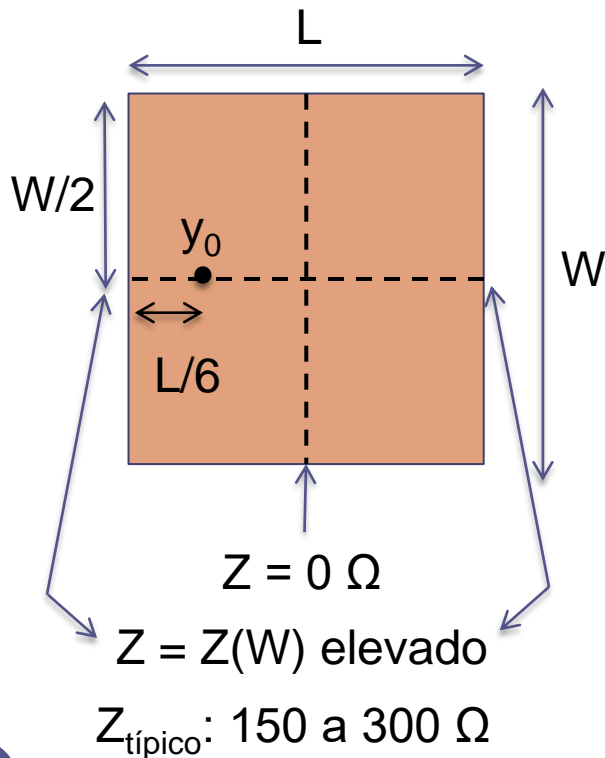
$$\text{logo, } L_{ef} = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{ef}}}$$

Como $L = L_{ef} - 2 \cdot \Delta L$, temos $L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{ef}}} - 2 \cdot \Delta L$

Antenas de Microfita com *Patch* Retangular

- **Equações de projeto**

- Posição do ponto de alimentação da antena y_0
- Ponto ideal de inserção do sinal: $Z = 50 \Omega$



- Determinação de y_0
 - Equações de projeto, ou
 - Aproximação, seguida de otimização computacional
- Ponto aproximado de inserção do sinal
 - Na metade da largura: $W/2$
 - A 1/3 da distância da borda até o centro: $L/6$

Antenas de Microfita com *Patch* Retangular

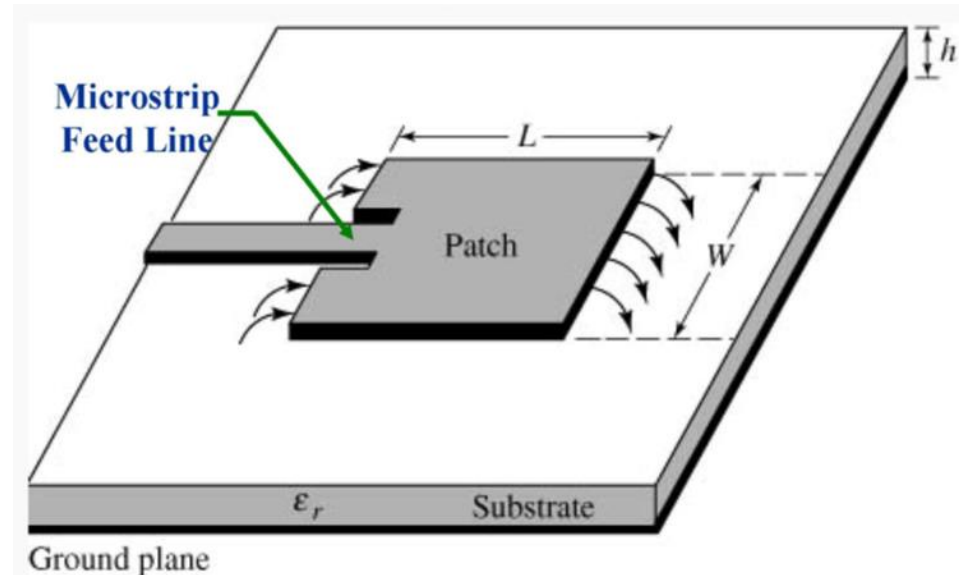
• Exemplo de projeto

- Antena *patch*
 - Radiador retangular

- Frequência central
 - $f_r = 10$ GHz

- Substrato RT/duroid 5880

- $\epsilon_r = 2,2$
- $h = 1,588$ mm



- Parâmetros a calcular

- **W**
- **H**

Antenas de Microfita com *Patch* Retangular

- **Exemplo de projeto**

- Conhecidos f_r , ϵ_r e h

$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad \rightarrow \quad \epsilon_{ef} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}}$$



$$\Delta L = 0,412 \cdot h \cdot \frac{(\epsilon_{ef} + 0,3) \cdot \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{ef} - 0,258) \cdot \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \quad \rightarrow \quad L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{ef}}} - 2 \cdot \Delta L$$

Antenas de Microfita com *Patch* Retangular

- Exemplo de projeto

- $f_r = 10 \text{ GHz}$ $\epsilon_r = 2,2$ $h = 1,588 \text{ mm}$

$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} = \frac{3 \cdot 10^{11}}{2 \cdot 10 \cdot 10^9} \sqrt{\frac{2}{2,2 + 1}} = 11,86 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{ef} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\epsilon_{ef} = \frac{2,2 + 1}{2} + \frac{2,2 - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{1,588}{11,86} \right)^{-\frac{1}{2}} = 1,972$$

Antenas de Microfita com *Patch* Retangular

- Exemplo de projeto

$$f_r = 10 \text{ GHz} \quad \epsilon_r = 2,2 \quad h = 1,588 \text{ mm} \quad W = 11,88 \text{ mm} \quad \epsilon_{ef} = 1,972$$

$$\Delta L = 0,412 \cdot h \frac{(\epsilon_{ef} + 0,3) \cdot \left(\frac{W}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{ef} - 0,258) \cdot \left(\frac{W}{h} + 0,8\right)}$$

$$\Delta L = 0,412 \cdot 1,588 \frac{(1,972 + 0,3) \cdot \left(\frac{11,86}{1,588} + 0,264\right)}{(1,972 - 0,258) \cdot \left(\frac{11,86}{1,588} + 0,8\right)} = 0,81 \text{ mm}$$

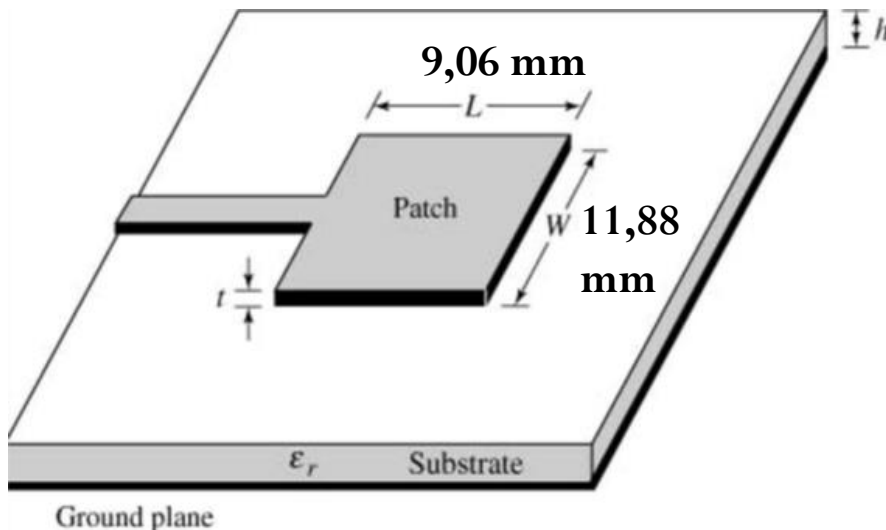
Antenas de Microfita com *Patch* Retangular

- Exemplo de projeto

- $f_r = 10 \text{ GHz}$ $\epsilon_r = 2,2$ $h = 1,588 \text{ mm}$

- $W = 11,88 \text{ mm}$ $\epsilon_{ef} = 1,972$ $\Delta L = 0,81 \text{ mm}$

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{ef}}} - 2 \cdot \Delta L = \frac{c}{2 \cdot 10^{10} \sqrt{1,972}} - 2 \cdot 0,811 = 9,06 \text{ mm}$$



- Inserção do sinal

- Na metade da largura W
- a $W/2 = 5,94 \text{ mm}$ da borda
- A $1/6$ do comprimento L
- a $L/6 = 1,51 \text{ mm}$ da borda

Antenas de Microfita com *Patch* Retangular

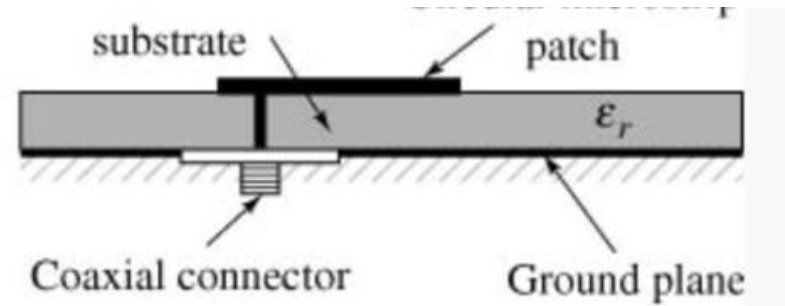
- Exemplo de projeto

- $f_r = 10 \text{ GHz}$ $\epsilon_r = 2,2$ $h = 1,588 \text{ mm}$

- $W = 11,88 \text{ mm}$ $\epsilon_{ef} = 1,972$ $\Delta L = 0,81 \text{ mm}$ $L = 9,06 \text{ mm}$

- Alimentação

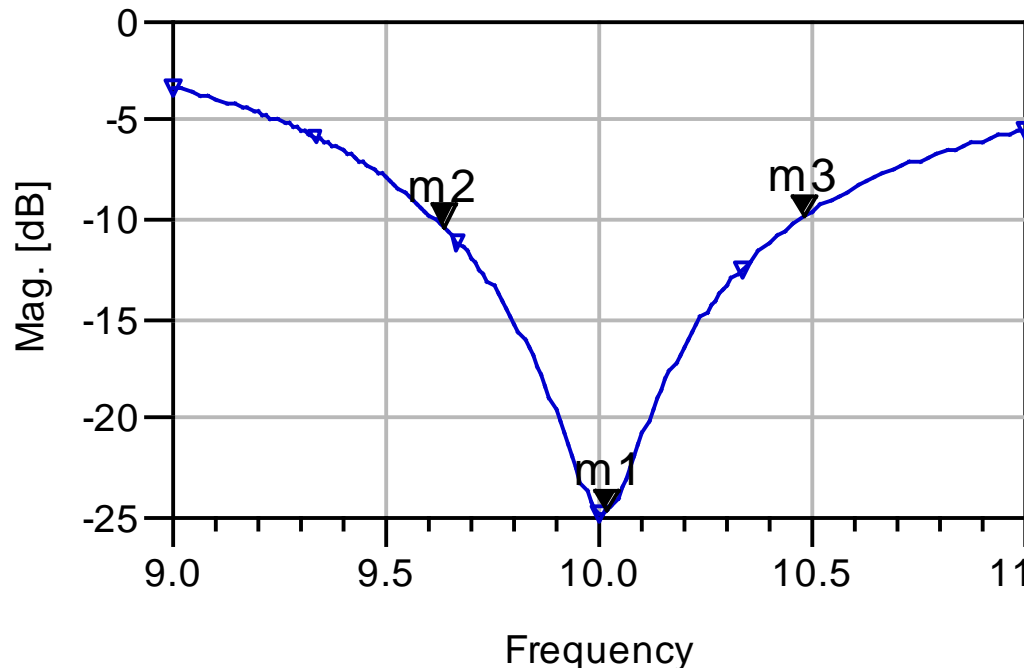
- Via cabo coaxial
- No interior do *patch*
- Posição inicial em relação à borda: ($L \rightarrow$ $1,51 \text{ mm}$, $W \rightarrow$ $5,58 \text{ mm}$)
- Afeta a impedância de entrada da antena
- Otimizada computacionalmente \Rightarrow minimizar coeficiente de reflexão



Antenas de Microfita com *Patch* Retangular

- **Resultados de simulação (Momentum/ADS)**
 - Dimensões otimizadas: $W = 11,88 \text{ mm}$ $L = 8,92 \text{ mm}$
 - Alimentação: no meio da largura, a 2 mm da borda

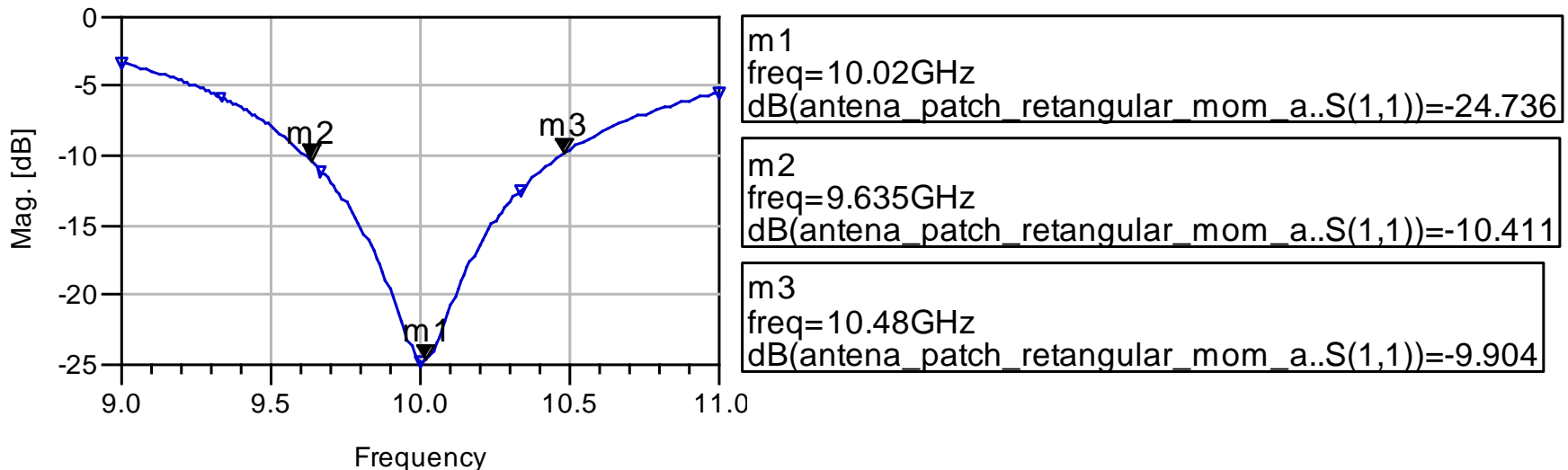
Coeficiente de reflexão da entrada da antena x frequência



Antenas de Microfita com *Patch* Retangular

• Resultados de simulação

Coeficiente de reflexão da entrada da antena x frequência



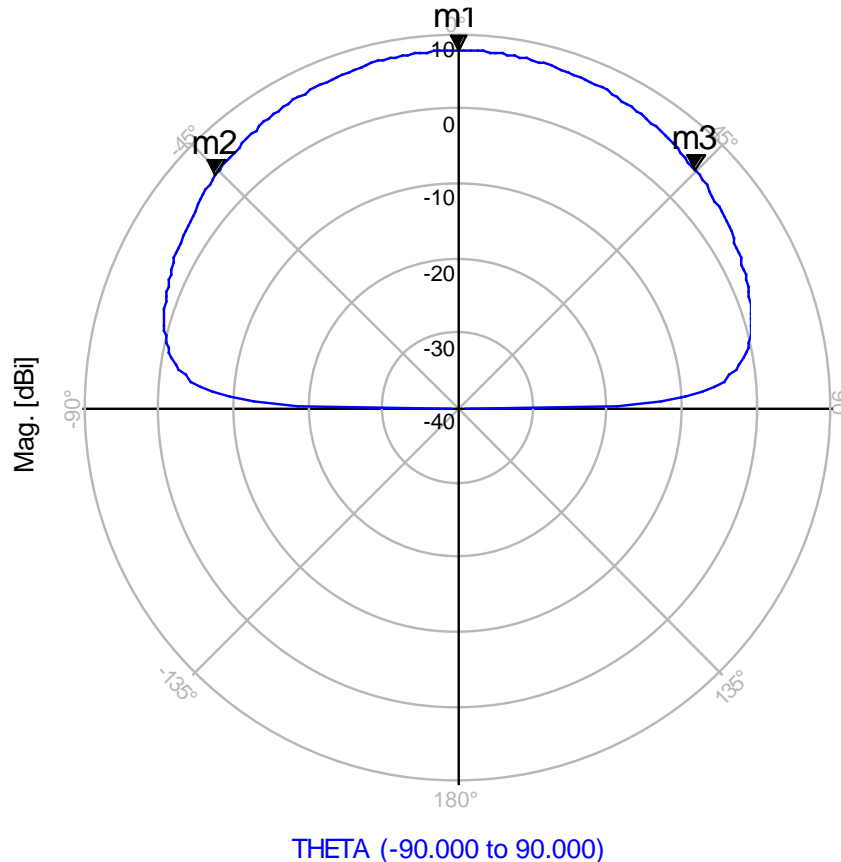
- Frequência central: 10,02 GHz
- Banda de impedância $|\Gamma_{ent}| \geq 10$ dB:

$$BW = 10,48 - 9,63 = 0,85 \text{ GHz} \quad BW(\%) = (0,85/10,02)*100 = 8,48\%$$

Antenas de Microfita com *Patch* Retangular

- Resultados de simulação

Diagrama de radiação – Diretividade em dB



m1
THETA=0.000
 $10 \cdot \log_{10}(\text{mag}(\text{Directivity}))=7.935$

m2
THETA=-46.000
 $10 \cdot \log_{10}(\text{mag}(\text{Directivity}))=4.975$

m3
THETA=45.000
 $10 \cdot \log_{10}(\text{mag}(\text{Directivity}))=4.981$

$$\text{LFMP} = 45^\circ - (-46^\circ) = 91^\circ$$

$$D_{\text{MAX}} = 7,93 \text{ dB} \quad - \quad \text{Largura de Feixe de Meia Potência: } (45^\circ - (-46^\circ)) = 91^\circ$$