

PSI3482 – ANTENAS, MICROONDAS E ÓPTICA MODERNA

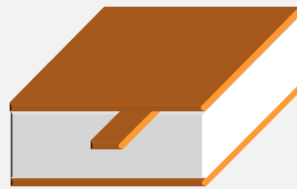
Profa. Ariana Serrano aserrano@usp.br sala C2-62
2022

Linhas de transmissão planares

- Baseia-se num substrato com camadas dielétricas e metálicas
- Tipos de Linhas de Transmissão planares:
 - Microstrip line ← Ênfase deste curso
 - Stripline
 - Coplanar waveguide
 - Slotline
 - SIW – Substrate Integrated Waveguide “Guia de onda integrado no substrato”



Microstrip line



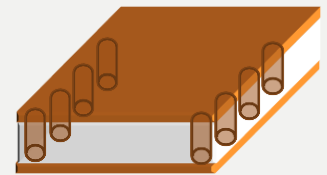
Stripline



Coplanar waveguide



Slotline



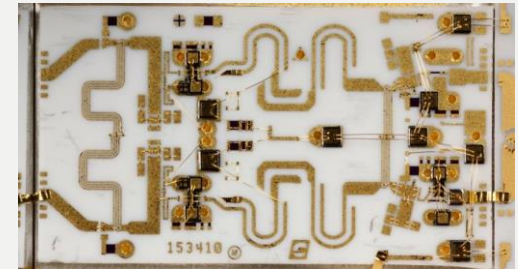
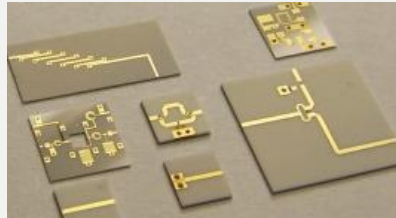
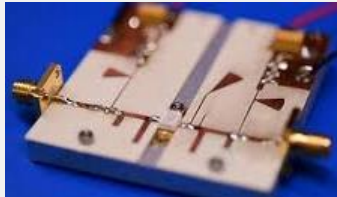
SIW

Fabricação

Ênfase deste curso

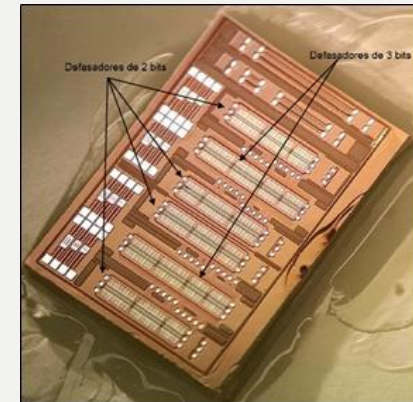
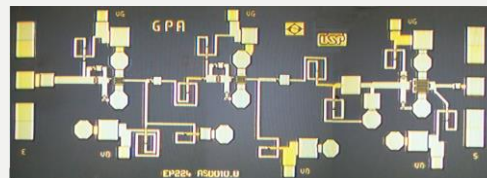
■ Integrada híbrida:

- Linhas de transmissão e circuitos passivos fabricados num substrato (elementos distribuídos), no qual são montados elementos ativos e passivos (discretos);
- Tecnologias PCB, filme fino e espesso.



■ Integrada monolítica (fabricação de chip):

- Ativos e passivos fabricados num mesmo substrato semiconductor
- Tecnologias:
 - Mercado de produção em massa (+ barato):
 - Si (CMOS, BiCMOS etc);
 - Mercados específicos (+ caro):
 - GaAs; SiGe; InP



Microstrip - substrato

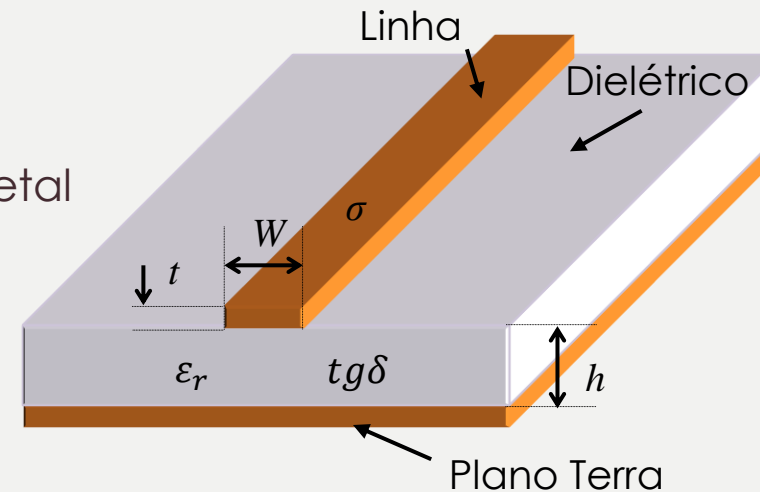
■ Substrato: “sanduíche” metal-dielétrico-metal

- Dimensões

- t : espessura do metal
- W : largura da linha
- h : espessura do substrato

- Características:

- σ : condutividade do metal
 - ϵ_r : constante dielétrica relativa do substrato
 - $\text{tg}\delta$: tangente de perdas ou fator de dissipação
-
- Circuitos híbridos - dielétrico: cerâmica, PTFE, fibra de vidro, etc o
 - Circuitos monolíticos - semiconductor: silício, GaAs, InP, SiGe, etc
 - Condutor: cobre, ouro, alumínio, etc



Microstrip - características

- Propagação com campos quasi-TEM

- Constante dielétrica efetiva:

$$\epsilon_{ef} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2\sqrt{1 + 12\frac{h}{W}}}$$

- Velocidade de fase:

$$v_\phi = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_{ef}}}$$

c = velocidade da luz no vácuo

- Comprimento de onda:

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{ef}}}$$

no vácuo

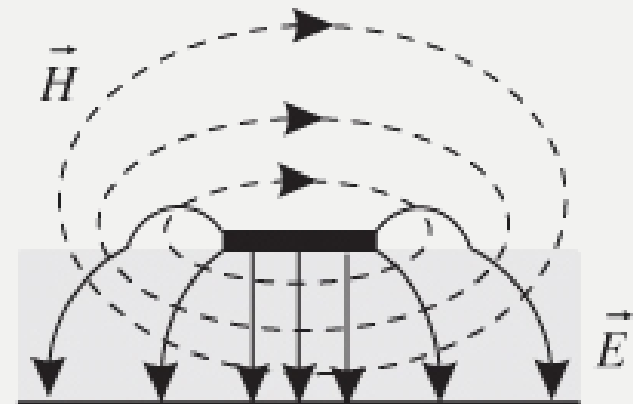
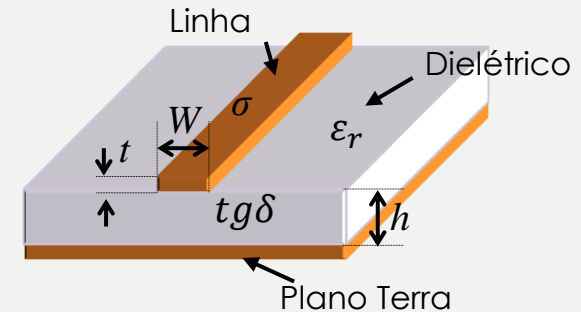
- Impedância característica:

- Para $W/h \leq 1$ e $t/W \ll 1$:

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{ef}}} \ln\left(\frac{8h}{W} + \frac{W}{4h}\right)$$

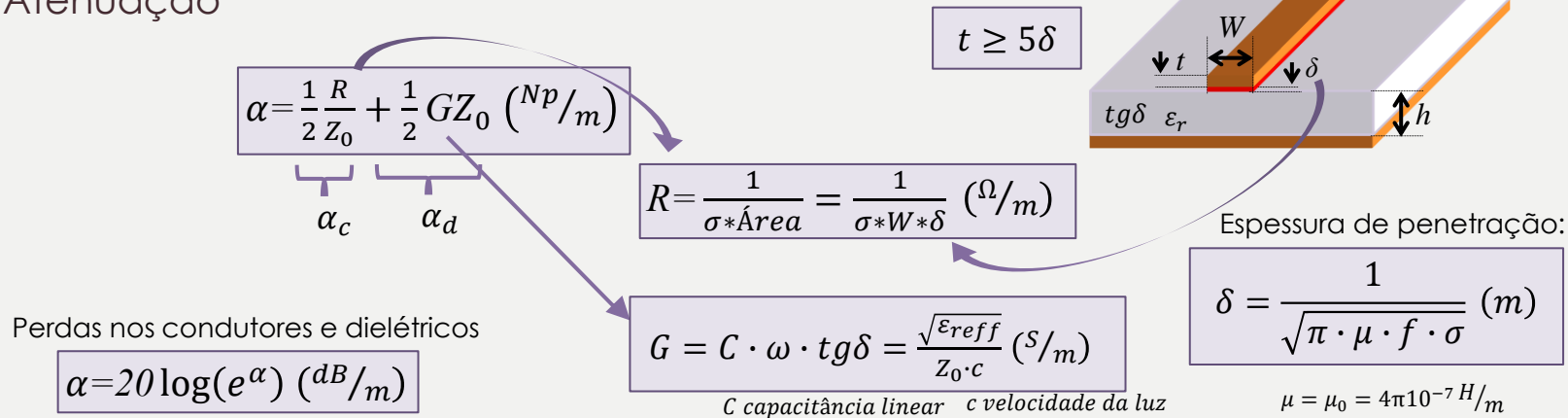
- Para $W/h \geq 1$ e $t/W \ll 1$:

$$Z_0 = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{ef}} \left[\frac{W}{h} + 1,393 + 0,667 \ln\left(\frac{W}{h} + 1,444\right) \right]}$$



Microstrip - perdas

■ Atenuação



■ Faixa de operação da microlinha

- De DC até f_{max} :

$$f_{max} = \frac{c}{4h \cdot \sqrt{\epsilon_r}}, \quad \text{para } W < 2h$$
 - Aumento das perdas com o aumento da frequência
 - Dispersão – variação de ϵ_{ef} com a frequência
 - Excitação de outros modos de propagação: TE, TM