

# Deposição de Filmes Finos

---

- Processos envolvendo mecanismos físicos para Deposição de Metais
- Processos envolvendo reações químicas para Deposição de Isolantes e Filmes Semicondutores



# Deposição de Metais

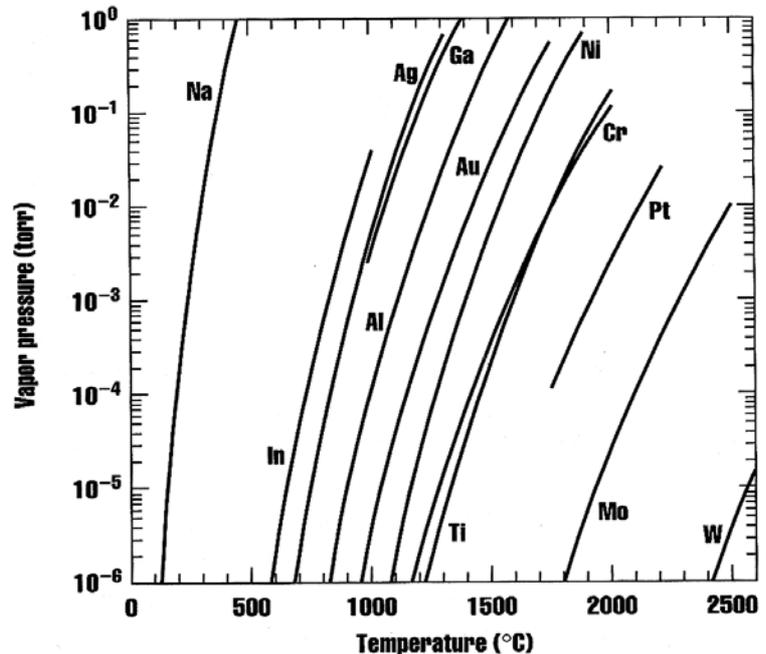
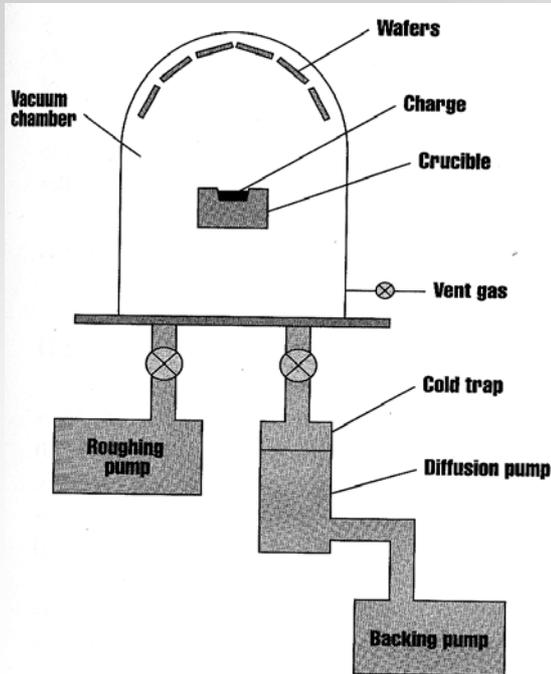
---

- Evaporação
  - Circuitos em semicondutores III-V
  - Lift-off
  
- Sputtering
  - Circuitos em silício
  - Ligas e compostos (Al/Si/Cu, TiW)
  - Topografia da superfície (cobertura de degraus)



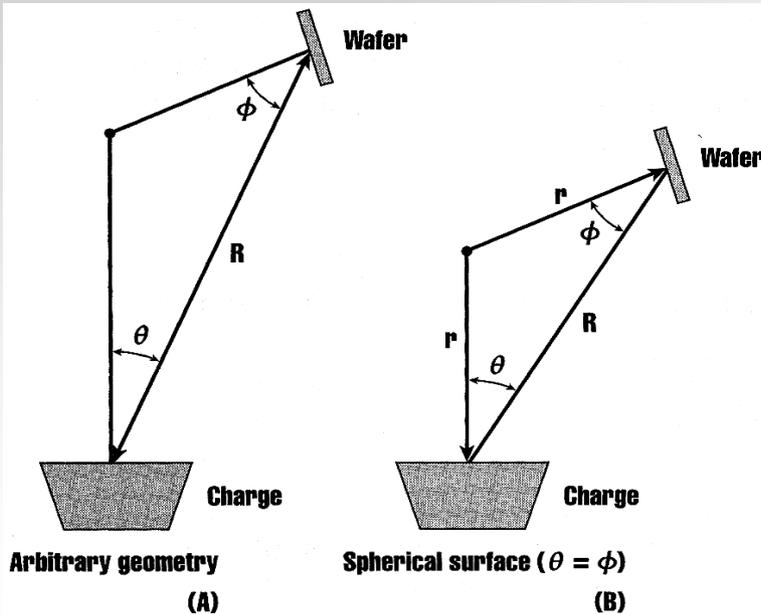
# Evaporação

- Pressão de vapor  $> 10\text{mTorr}$  para taxas de deposição aceitáveis



# Evaporação

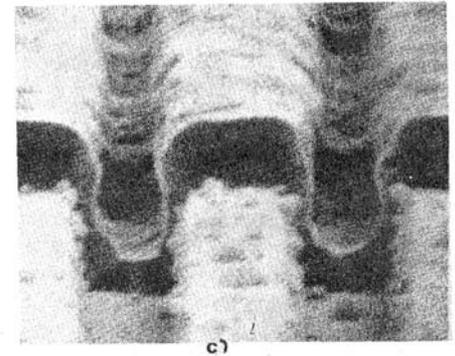
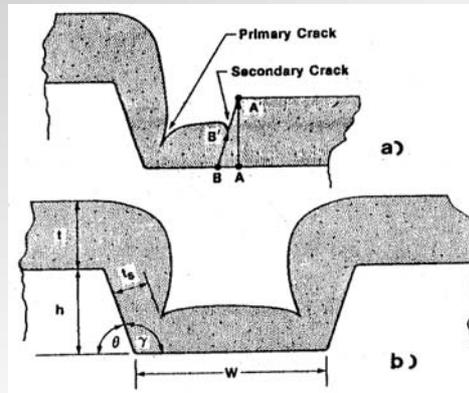
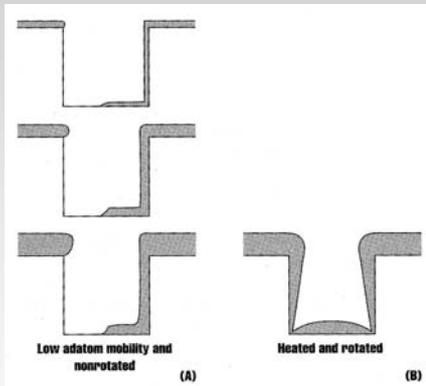
- Taxa de deposição é função do material a ser evaporado, da temperatura de evaporação e da geometria da câmara



$$R_d = \sqrt{\frac{M}{2\pi k \rho^2} \frac{P_e}{\sqrt{T}} \frac{A}{4\pi r^2}}$$

# Cobertura de Degraus

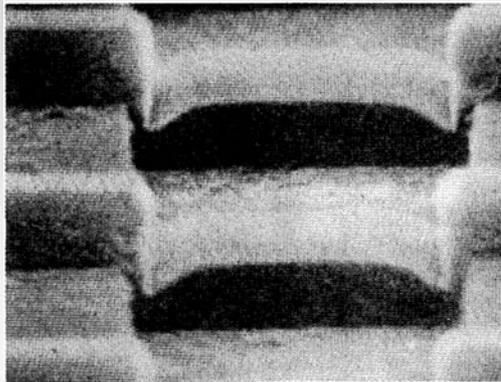
- Evaporação só funciona para razões de aspecto  $< 0,5!$



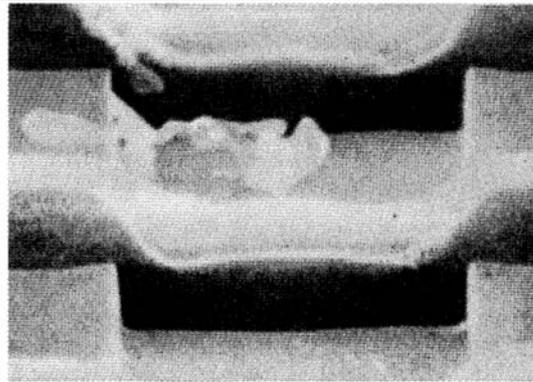
# Cobertura de Degraus

---

- Temperatura do substrato é muito importante pois os átomos que chegam ao substrato podem deslocar-se antes de ligarem-se quimicamente



150°C

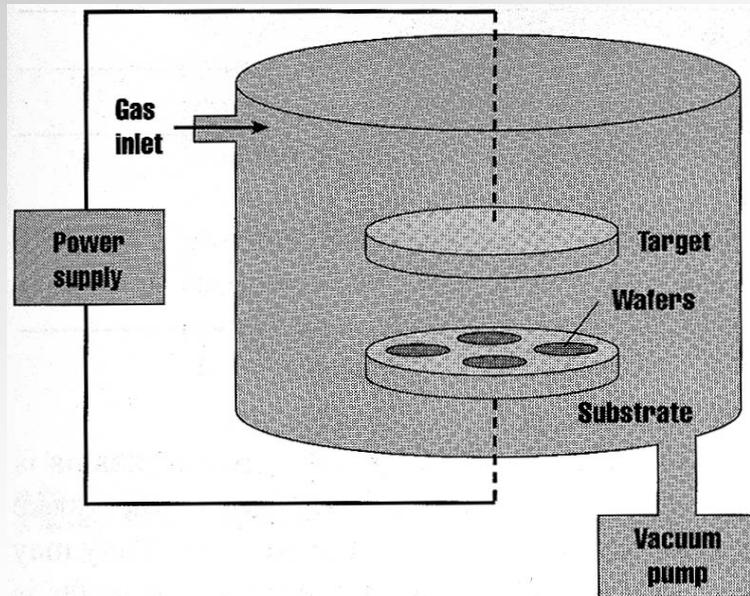


350°C

- Temperatura do substrato afeta composição de ligas e morfologia

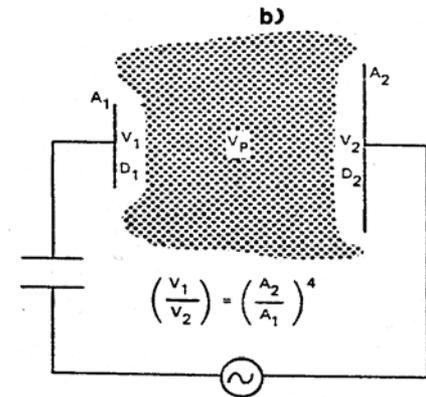
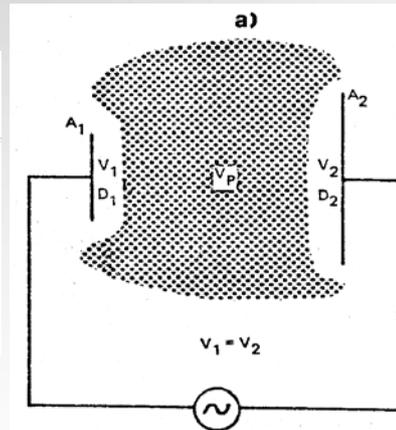
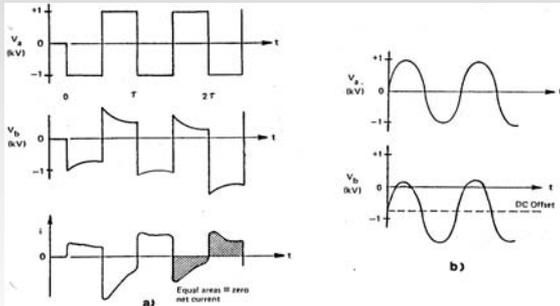
# Sputtering

- Permite depositar ligas de forma controlada
- Permite melhor cobertura de degraus



# Sputtering

- Sputtering utiliza o mesmo princípio de corrosão por plasma



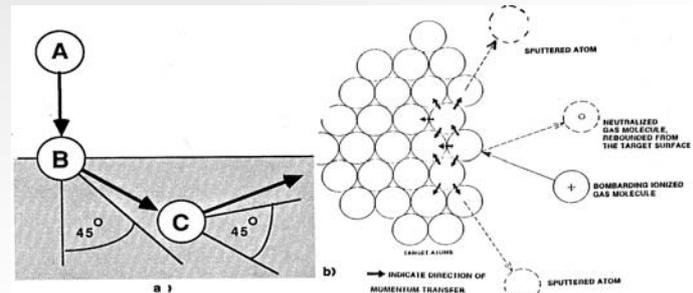
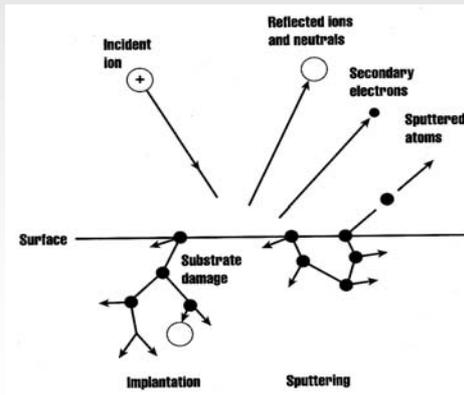
# Sputtering

- Sputtering é um processo puramente físico

**Table 12.2** First and second ionization potentials of some common gasses

Atom	First Ionization (eV)	Second Ionization (eV)
Helium	24.586	54.416
Nitrogen	14.534	29.601
Oxygen	13.618	35.116
Argon	15.759	27.629

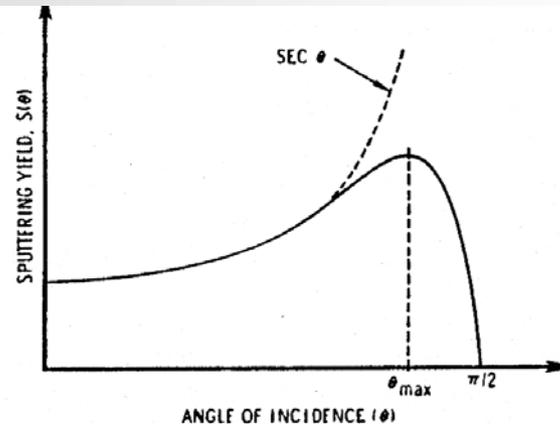
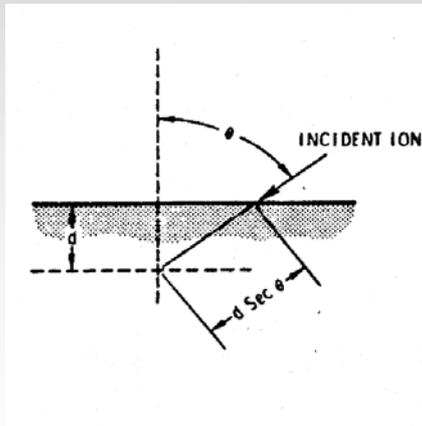
See Konuma [24].



# Sputtering

- Rendimento de Sputtering (S)

$$S \propto \frac{M_{\text{gas}}}{M_{\text{target}}} \frac{\ln E}{E} \frac{1}{\cos \theta}$$



# Magnetron Sputtering

---

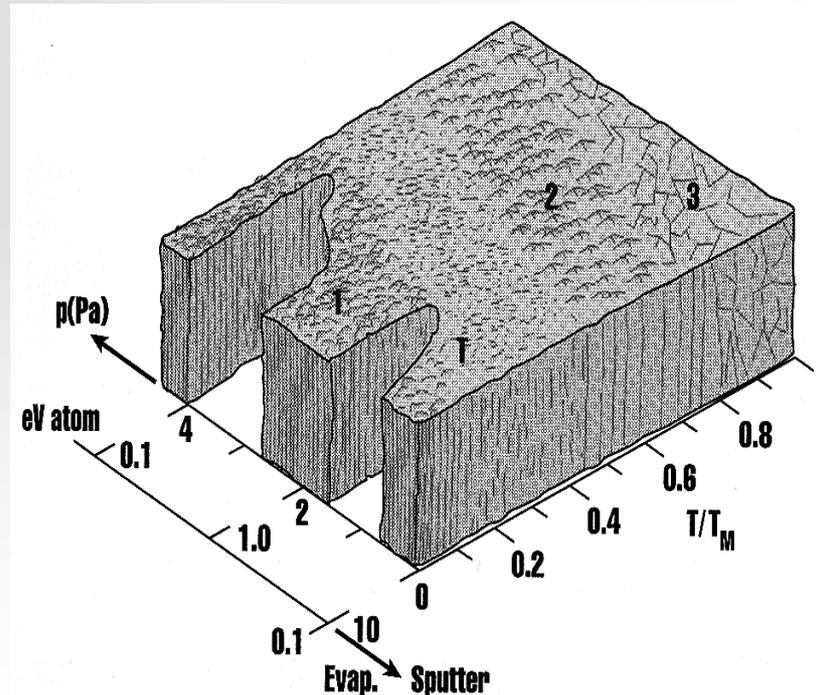
- Forma de aumentar  $S$  aumentando o número de íons na descarga



# Morfologia e Cobertura de Degraus

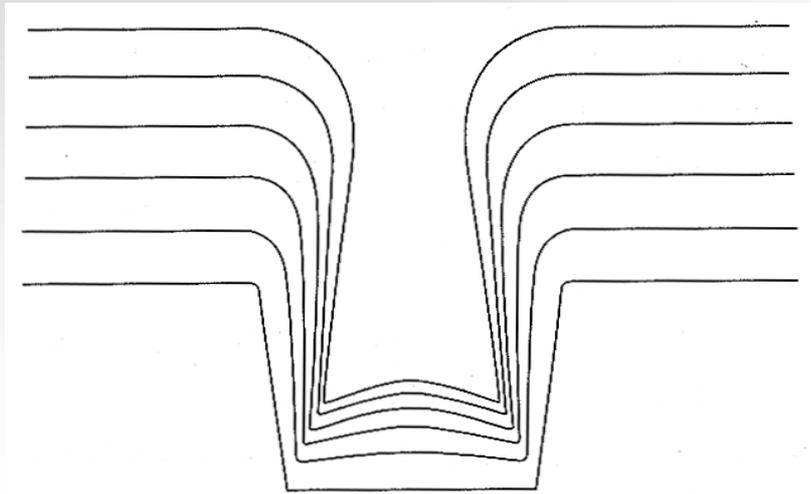
- Mobilidade dos átomos adsorvidos na superfície antes de nuclear
- O modelo de três zonas

- Baixas  $T$  e  $eV$  (1), filme amorfo, altamente poroso e baixa densidade, causadas pela baixa mobilidade. Oxidam facilmente e possuem alta resistividade
- Aumentando  $T$  ou baixando a pressão, chega-se a zona T, com filmes espelhados e de grãos pequenos
- A zona (2) possui grãos colunares que crescem verticalmente a partir da superfície
- A zona (3) apresenta grãos grandes e 3D, filmes moderadamente rugosos e leitosos



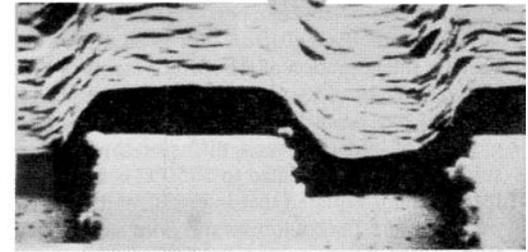
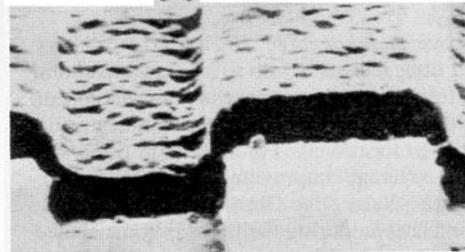
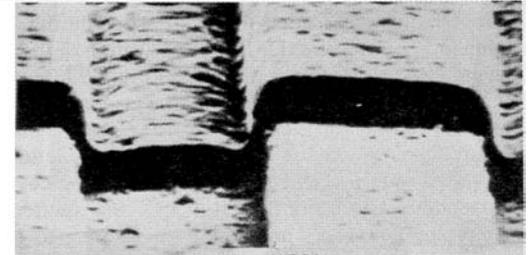
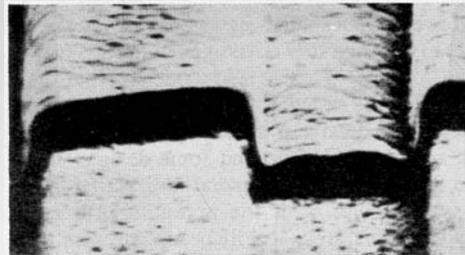
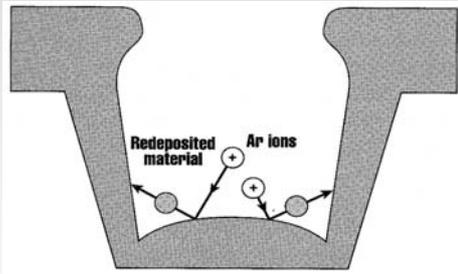
# Morfologia e Cobertura de Degraus

- A cobertura de degraus é melhor em sputtering que em evaporação ( $>P$ ,  $>T$ )
- Controle de temperatura é um sério problema



# Morfologia e Cobertura de Degraus

- Pode-se polarizar o substrato (RF biasing)



# Stress das Camadas Depositadas

- Stress por expansão térmica
- Stress intrínseco

