

# EXERCÍCIO 2 DA LISTA DE EXERCÍCIOS SOBRE EVAPORAÇÃO TÉRMICA

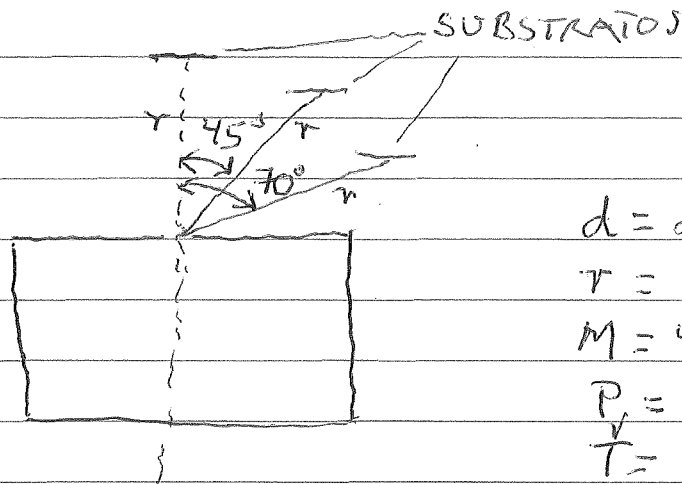
## Exercício 2

Um filme de titânio é depositado por uma fonte de efusão. A fonte é um cubo e três substratos planos e de pequenas dimensões são colocados paralelamente à face do cubo onde está o orifício. A distância do centro dos substratos ao orifício é a mesma,  $r$ .

Determine a taxa de deposição em cada substrato em  $\text{g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Dados: diâmetro do orifício  $d = 2,0 \text{ mm}$ ; distância  $r = 25,0 \text{ cm}$ ; ângulos da reta  $r$  com a normal à face do orifício:  $0^\circ, 45^\circ$  e  $70^\circ$ ; massa de 1 mol de Ti:  $47,87 \text{ g}$ ; temperatura da fonte:  $T = 2010 \text{ K}$ ; pressão de vapor do Ti =  $1 \times 10^{-2} \text{ Torr}$ .

Para simplificar, suponha que a massa de Ti na fonte fique constante durante a deposição.



- $d = 2 \text{ mm}$
- $r = 25 \text{ cm}$
- $M = 47,87 \text{ g}$
- $P_v = 1 \times 10^{-2} \text{ Torr}$
- $T = 2010 \text{ K}$

A massa depositada por unidade de área é

$$\frac{dm}{dA} = \frac{M}{\pi r^2} \cos\phi \cos\theta$$

(Ver equação (52) do texto "R. Glang, Handbook of Thin Film Technology" no site do FI204).

A massa depositada por unidade de área por segundo será

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{dm}{dA} \right) = \frac{dm}{dt} \frac{\cos\phi \cos\theta}{\pi r^2} \quad (1)$$

A massa que sai por segundo do orifício:

$$\frac{dM}{dt} = m z \frac{\pi d^2}{4} \quad (2)$$

$m$  = massa de 1 átomo de  $Ti$ :

$$z = \frac{3,5 \times 10^{22} P_v}{\sqrt{MT}} = \text{densidade de impactos (cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{)}$$

Substituindo esta última expressão em (2) e o resultado em (1) e aplicando os valores numéricos, teremos

$$\text{Para } \phi = \theta = 0 \quad \rightarrow \quad \frac{d(dM)}{dt} \Big|_{\phi=0} = 1,44 \times 10^{-9} \text{ g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

$$\text{Para } \phi = 45^\circ = \theta$$

$$\frac{d(dM)}{dt} \Big|_{\phi=45^\circ} = 1,44 \times 10^{-9} \times \cos^2 \phi$$

$$\rightarrow 7,20 \times 10^{-10} \text{ g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

$$\text{Para } \phi = \theta = 70^\circ$$

$$\frac{d(dM)}{dt} \Big|_{\phi=70^\circ} = 1,44 \times 10^{-9} \times \cos^2 70^\circ$$

$$\rightarrow 5,68 \times 10^{-10} \text{ g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$