

CARACTERIZAÇÃO DE FILMES METÁLICOS
OBTIDOS POR "MAGNETRON SPUTTERING"

Sebastião Eleutério Filho*, Eduardo A. Farah e Sérgio A. B. Bilac
Instituto de Física "Gleb Wataghin" - UNICAMP
CP 6165 Campinas - SP

RESUMO

Filmes finos metálicos foram depositados utilizando-se a técnica "magnetron sputtering" e caracterizados opticamente através de espectrofotometria e interferometria, obtendo-se resultados de refletividade e espessura respectivamente. A caracterização elétrica destes filmes foi obtida por medidas de resistividade elétrica, cujos resultados serão discutidos.

1.0 - INTRODUÇÃO

Construímos um sistema de deposição à vácuo de filmes que se utiliza da técnica denominada "magnetron sputtering". Foram projetados e construídos catodos que comportaram várias geometrias de ímãs permanentes. Posteriormente estes catodos foram caracterizados (característica I-V) e os resultados obtidos apresentados em (1). Teve início então a fase de deposição de filmes e os resultados aqui apresentados referem-se à filmes de latão e cobre.

2.0 - PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os filmes por nós depositados o foram sobre substratos isolantes, lâminas de vidro para microscopia óptica (75,0x25,0x0,5) mm, que passaram por um processo de limpeza que consistia basicamente de lavagem em solução água-detergente e agitação ultrassônica em compostos orgânicos.

* - bolsista FAPESP

A investigação dos parâmetros de deposição nos conduziu à faixas de trabalho que melhor se adaptaram ao processo, assim sendo, não ultrapassamos determinados valores de pressão pois, o interesse está em se obter altas taxas de deposição às pressões baixas.

Os filmes de latão depositados foram obtidos nas seguintes condições: pressão relativa de argônio não superior a 20 mTorr, variação de tensão: 300 - 500 V; variação de corrente: 1,8 - 4,5 A; distância alvo-substrato fixa igual a 7,0 cm e, tempos de deposição variando de 1min30s à 3min30s.

As condições para a deposição dos filmes de cobre foram: pressão relativa de argônio máxima igual a 15 mTorr; variação de tensão: 380 - 520 V; de corrente: 2,0 - 5,0 A; distância alvo-substrato fixa igual a 7,0 cm e tempos de deposição que variaram de 1 à 5 minutos.

A caracterização óptica foi feita obtendo-se os espectros de refletividade em função do comprimento de onda (espectro visível). As medidas de espessura foram obtidas por microscopia interferométrica (2) e, uma vez tomadas as espessuras, partimos para as medidas de resistência dos filmes através da lei do Ohm. Utilizando o método das quatro pontas, aplicamos aos terminais dos filmes (fig. 1) uma corrente fixa (10 mA), anotamos a diferença de potencial na região central dos filmes depositados sob uma máscara e através da relação 1 (3)

$$R = \rho \frac{L}{ab}$$

1

onde "L" é a distância fixa entre as duas pontas de contato que medem a diferença de potencial nos filmes, "a" a largura do filme e, "b" a espessura deste; obtendo-se os valores de resistividade (ρ).

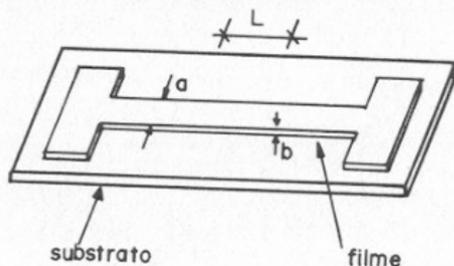


fig. 1: filme depositado sob máscara metálica

Na investigação da aderência utilizamos a técnica "scotch tape test" (3) com resultados satisfatórios.

3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 - (P x T) x t

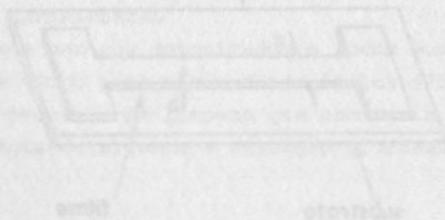
A investigação da dependência da potência aplicada com a espessura, mostra o quão apto está o sistema de deposição, ou seja, é uma característica básica na verificação do processo ser ou não confiável.

3.1.1 - Latão

Tabela I

Amostra	p (mTorr)	(PxT)x10 ³ (W.s)	t (Å)	$\rho \times 10^{-6}$ (Ω .cm)
1	20,0	299,9	2970	7,7
2	15,0	121,0	981	6,9
3	10,0	143,6	3240	7,2
4	10,0	298,1	6970	7,2
5	2,5	282,2	7290	6,6
6	5,0	259,2	6380	7,4
7	15,0	308,9	5890	6,9
"bulk"				7,0

Com base na tabela acima, plotamos (PxT)x10³ X t (fig.2)



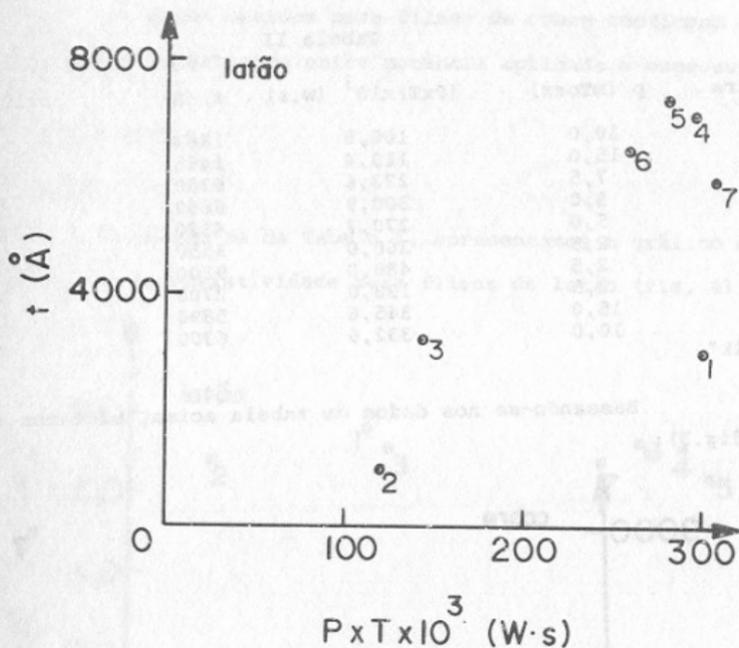


fig. 2: gráfico $(PxT) \times 10^3 \times t$ (latão)

Os filmes depositados apresentaram a linearidade esperada o que vem confirmar o fato de haver uma proporcionalidade entre a energia aplicada ao sistema e a transferência de massa do alvo (catodo) para a câmara e o substrato uma vez que nenhuma quantidade de massa é criada ou destruída no processo (4).

3.1.2 - Cobre

Tabela II

Amostra	p (mTorr)	(PxT)x10 ³ (W.s)	t (Å)	$\rho \times 10^{-6}$ ($\Omega \cdot \text{cm}$)
1	10,0	100,8	1864	2,6
2	15,0	113,4	1485	2,7
3	7,5	273,6	6300	2,0
4	5,0	300,9	6660	2,8
5	5,0	270,7	4320	2,0
6	2,5	360,0	6550	2,1
7	2,5	480,0	9300	2,1
8	2,5	138,0	2700	4,0
9	15,0	345,6	5890	3,2
10	10,0	332,6	6300	2,0
"bulk"				1,77

Baseando-se nos dados da tabela acima, plotamos (PxT)x10³ X t (fig.3):

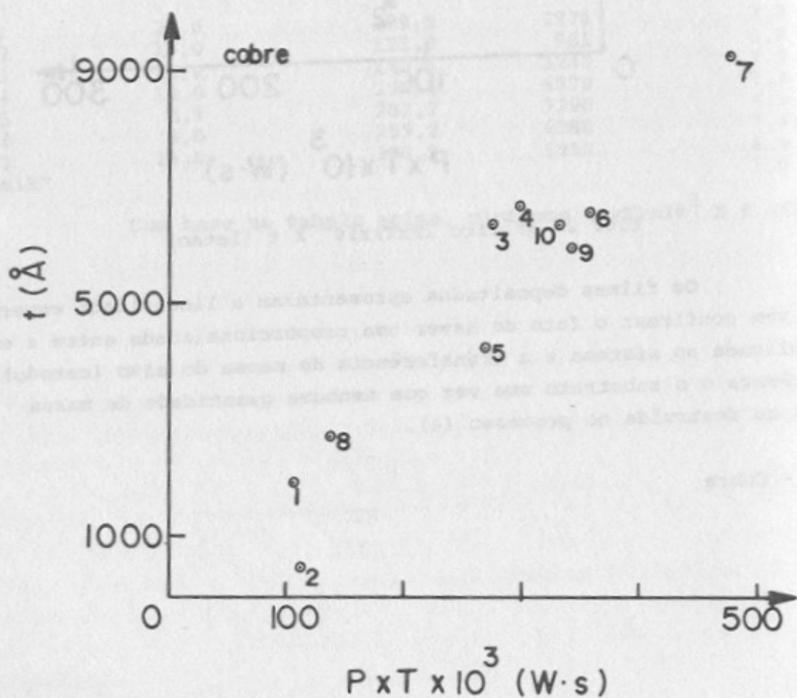


fig. 3: gráfico (PxT)x10³ X t (cobre)

Os dados obtidos para filmes de cobre confirmam a expectativa de haver linearidade entre potência aplicada e espessura.

3.2 - RESISTIVIDADE

3.2.1 - Latão

Baseando-se na Tabela I, apresentamos o gráfico de espessura em função da resistividade para filmes de latão (fig. 4)

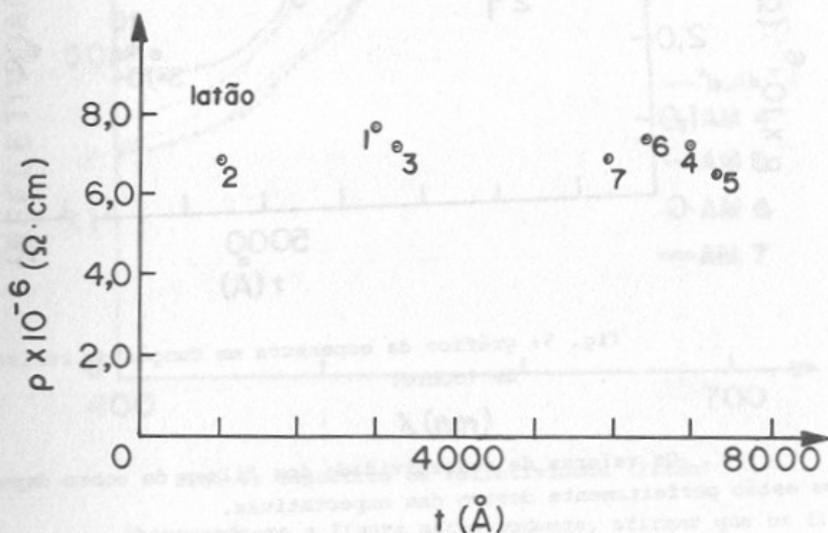


fig. 4: gráfico da espessura em função da resistividade (latão)

Notamos que os dados acima apresentados são excepcionalmente bons no que diz respeito à resistividade. Cabe observar que nas espessuras envolvidas a resistividade não deve variar, ao contrário do que se espera para filmes mais finos.

3.2.2 - Cobre

Com base na Tabela II, apresentamos o gráfico de espessura em função da resistividade para filmes de cobre (fig. 5).

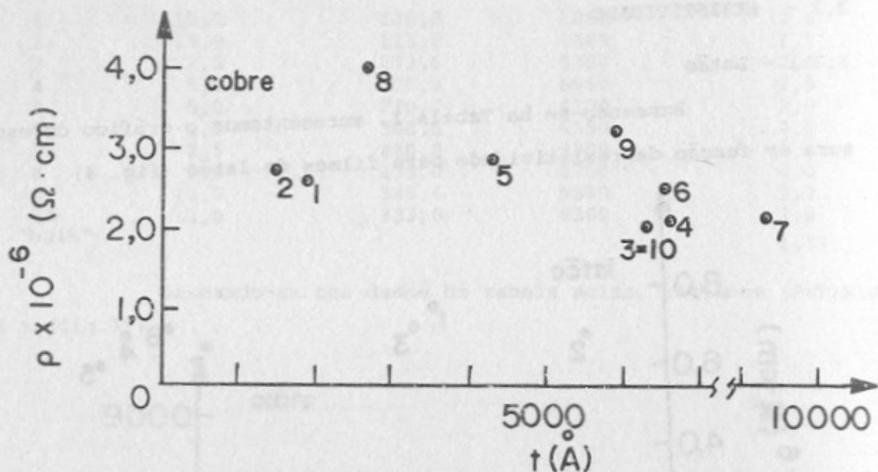


fig. 5: gráfico da espessura em função da resistividade (cobre)

Os valores de resistividade dos filmes de cobre depositados estão perfeitamente dentro das expectativas.

3.3 - REFLETIVIDADE

3.3.1 - Latão

A figura 6 abaixo apresenta espectros de refletividade de filmes de latão em função do comprimento de onda, comparados ao espectro do "bulk".

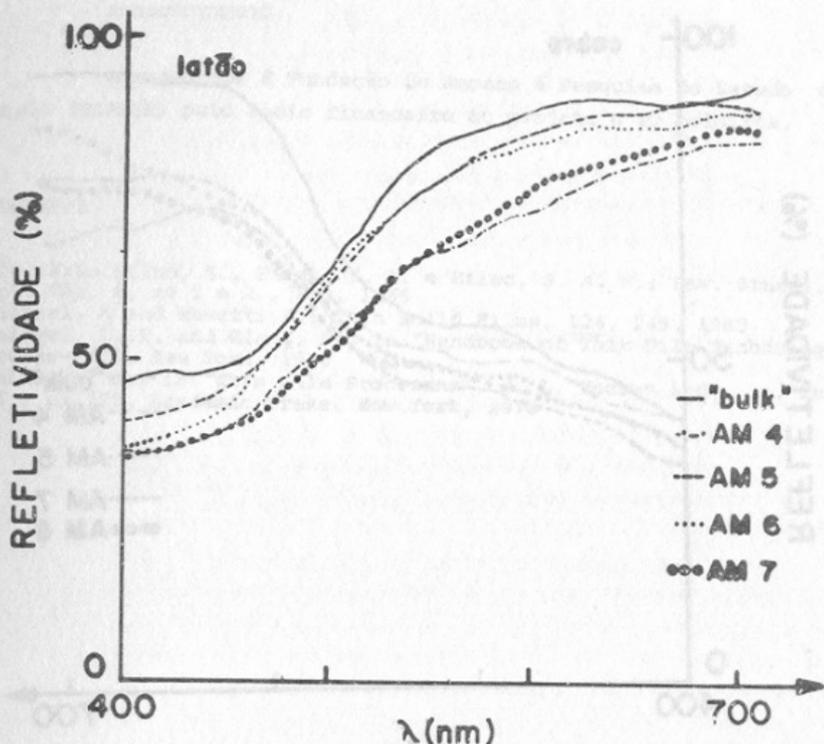


fig. 6: espectros de refletividade (latão)

Observando-se a figura acima podemos, afirmar que os filmes conservam as características básicas de refletividade, ou seja, a composição destes é semelhante à do alvo.

3.3.2 - Cobre

Na figura 7 abaixo apresentam-se os espectros de refletividade em função do comprimento de onda para filmes de cobre comparados ao espectro do alvo; podemos inferir que a correlação entre os espectros é plenamente aceitável.

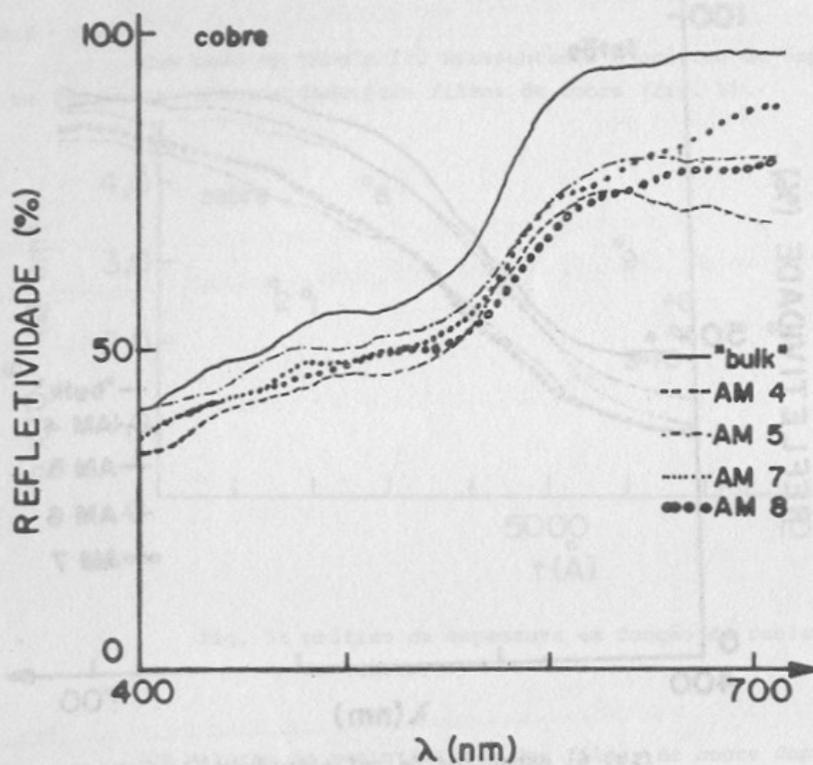


fig. 7: espectros de refletividade (cobre)

4.0 - CONCLUSÃO

Os filmes obtidos utilizando nosso sistema de deposição apresentaram resultados muito bons, houve a constatação do comportamento linear na relação energia aplicada/espessura; a resistividade apresentou valores muito aproximados aos reais em função tanto da pressão quanto da espessura e, os espectros de refletividade denotam ser a composição dos filmes semelhante à do alvo.

AGRADECIMENTO

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro ao projeto e ao bolsista.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Eleutério Filho, S., Farah, E. A. e Bilac, S. A. B.; Rev. Brasil. Apl. Vãc. 6, nº 1 e 2, 222, 1986
- (2) Piegari, A. and Masetti, E.; Thin Solid Films, 124, 249, 1985
- (3) Maissel, L. I. and Glang, R., in "Handbook of Thin Film Technology" McGraw-Hill, New York, 1970
- (4) Waits, R. K., in "Thin Film Processes", J. L. Vossen and W. Kern ed.; p137ff, Academic Press, New York, 1978