

UTILIZAÇÃO DE FILMES FINOS OBTIDOS POR
EVAPORAÇÃO A FEIXE DE ELÉTRONS COMO
GUIA DE ONDAS ÓPTICO.

Sérgio A.A. Nobre, Charles A.S. de Oliveira e
Gabriel F. de O. Freire

Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA
Departamento de Circuitos e Microondas-IEEC
Pça. M.^{al} Eduardo Gomes, s/nº, S. José dos Campos
São Paulo, 12225

Neste trabalho utilizamos filmes finos evaporados por feixe de elétrons para a construção de guias de ondas ópticos planares.

Os materiais ensaiados foram o óxido de alumínio (Al_2O_3) e o pentóxido de tântalo (Ta_2O_5).

Com o Ta_2O_5 , não foram feitos ensaios de guia óptico mas foi investigado o efeito das condições de recozimento na absorção do filme.

Caracterizamos os filmes de Al_2O_3 pelo método de modos guiados, em termos de medidas de índice de refração e espessura do filme. Também foram realizadas medidas de atenuação.

filmes finos, óxidos, óptica guiada

1. INTRODUÇÃO

Para a confecção dos filmes utilizamos uma evaporadora da Balzers BA 710 equipada com um sistema de evaporação a feixe de elétrons ESQ 110.

Utilizamos substratos de vidro BK 7 com polimento óptico e índice de refração 1,5151 em 632,8 nm.

Os filmes obtidos foram recozidos visando diminuir a absorção final. Para as medidas de transmitância utilizamos um espectro

fotômetro Cary 2300 da Varian.

Com as medidas dos ângulos de sincronismo dos modos excitados nos guias de Al_2O_3 , calculamos o índice e a espessura do filme, este processo de medida é conhecido como Método de Modos Guiados [1], e a figura 01 apresenta de maneira esquemática o arranjo experimental para essas medidas.

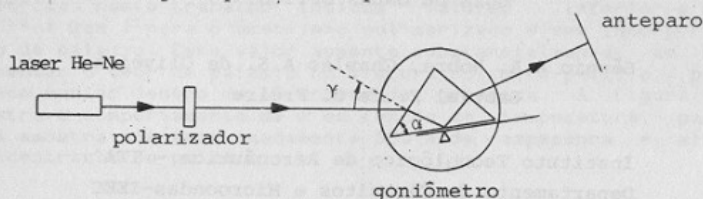


Figura 01 - Arranjo experimental para a medida por modos guiados.

2. FILMES DE PENTÓXIDO DE TÂNTALO.

2.1 Caracterização do Material.

Pentóxido de tântalo (Ta_2O_5) é usado para obtenção de filmes de elevada resistência mecânica e alto índice de refração (~2,2 no visível).

O método usual de obtenção de filmes de pentóxido de tântalo é a evaporação do Ta_2O_5 sob oxigênio a pressão parcial da ordem de 10^{-4} mbar.

Com taxas de deposição usuais, da ordem de $5\text{\AA}/s$ os filmes obtidos apresentam acentuada absorção principalmente na região azul do espectro. A absorção devida a oxidação incompleta do tântalo pode ser removida pelo recozimento do filme no ar por várias horas à temperatura de 300 a 400°C.

Os fatores que afetam de maneira preponderante a qualidade do filme são:

- taxa de deposição,
- pressão parcial de oxigênio na camada,
- temperatura do substrato,
- tempo e temperatura de recozimento.

Fizemos um estudo com o objetivo de definir as condições mais adequadas para a obtenção de filmes de pentóxido de tântalo com baixa absorção. A partir do Ta_2O_5 da Merck, obtivemos 54 filmes.

Estes 54 filmes foram divididos em 6 cargas de 9 amostras

cada uma. Na pressão de O_2 de 1×10^{-4} mbar e, utilizando taxas de evaporação de 20, 10 e 4 Å/s obtivemos as cargas que denominamos de 1, 2 e 3, respectivamente. Já para a pressão de O_2 de 5×10^{-4} mbar e a mesma sequência de taxas de evaporação obtivemos as cargas 4, 5 e 6, todas para uma temperatura de substrato de $280^\circ C$.

A temperatura foi controlada automaticamente através de um par termo-elétrico, e a taxa de deposição e a espessura monitoradas por um sensor a cristal de quartzo.

2.2 Recozimento dos Filmes Obtidos.

Usando um forno de aço inoxidável com circulação forçada de ar aquecido e temperatura controlável, recozemos 9 lotes cada um com 6 amostras compostas por uma unidade de cada carga. A tabela I apresenta o tratamento térmico aplicado a cada um dos 9 lotes.

Tempo (horas)	Temperatura ($^\circ C$)		
	150	250	300
1,0	AI	BI	CI
2,0	CII	AII	BII
3,0	BIII	CIII	AIII

Tabela I- Tratamento térmico aplicado aos lotes ensaiados.

Após recozimento as amostras foram analisadas pelo espectrofotômetro já citado, onde obtivemos as curvas de transmitância em função do comprimento de onda.

Com o índice de refração do pentóxido de tântalo é maior que o do substrato (BK7), os máximos de transmitância ocorrem nos comprimentos de onda para os quais a espessura óptica da camada é:

$$d = 2m \frac{\lambda}{4}, \quad m = 1, 2, 3 \dots$$

Das curvas de transmitância obtidas, resultam os pontos de máximo que são plotados na figura 02.

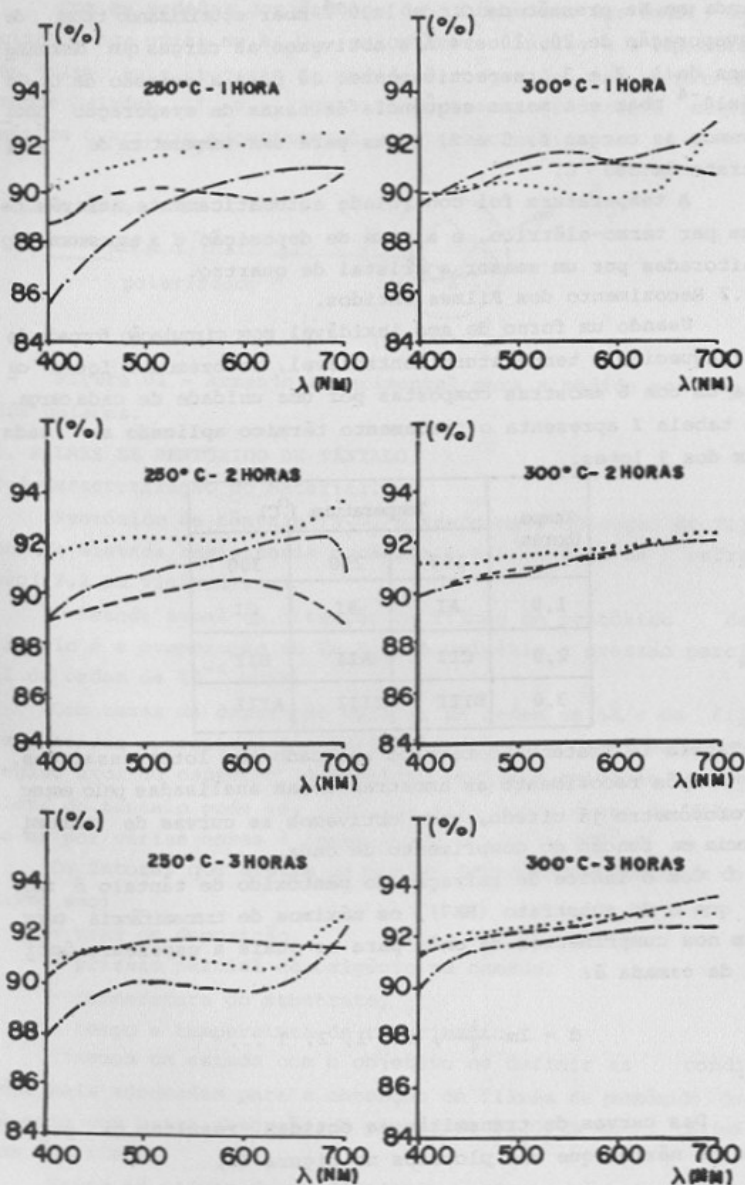


Figura 2 - Pontos de máximo da transmitância para as amostras recozidas

Cabe observar que para a taxa de evaporação de 20 Å/s e temperatura de recozimento de 150° C, o coeficiente de absorção residual do filme impediu uma definição clara dos pontos de máximas transmitâncias

3. FILMES DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO. CONSTRUÇÃO DOS GUIAS ÓPTICOS.

Utilizamos Óxido de alumínio (Al_2O_3) da Merck, que em 632,8 nm apresentaria um índice de refração na faixa de 1,60 a 1,65, para o substrato aquecido a 300° C.

A pressão utilizada foi de 1×10^{-4} mbar em atmosfera de oxigênio, tipo zero da White Martins, taxa de deposição em torno de 5 Å/s.

O recozimento foi feito em um forno programável, partindo da temperatura ambiente e alcançando 300° C no intervalo de um hora, sendo mantido nesta temperatura durante três horas para o recozimento, e resfriado até a temperatura ambiente também durante três horas para evitar tensões no material, tudo em um fluxo contínuo de oxigênio.

O guia obtido com este material sobre substrato de vidro BK7 com 25 cm² de área, apresentou uma espessura monitorada de aproximadamente 1,4 µm.

Com o arranjo experimental apresentado de forma esquemática na figura 01, procedemos ao levantamento de uniformidade, dividindo a amostra em vinte e cinco setores, e procedendo a medida de espessura e índice de refração no centro de cada setor.

Os valores obtidos para o índice de refração e espessura em termos de média e desvio padrão, foram, respectivamente:

$$n_1 = 1,6123 \pm 0,0001$$

e

$$w = (1,364 \pm 0,003) \mu m.$$

Durante este ensaio observamos o guiamento de quatro modos, dois TE e dois TM.

Para a medida de atenuação deslocamos sobre o guia óptico um prisma de 0,5 em 0,5 cm, e medimos a potência desacoplada com um medidor de potência da Spectra Physics modelo 404. A perda média medida foi de:

$$\alpha = 4,9 \text{ dB/cm}$$

A figura 03 apresenta esquematicamente o arranjo experimental para a medida de atenuação.

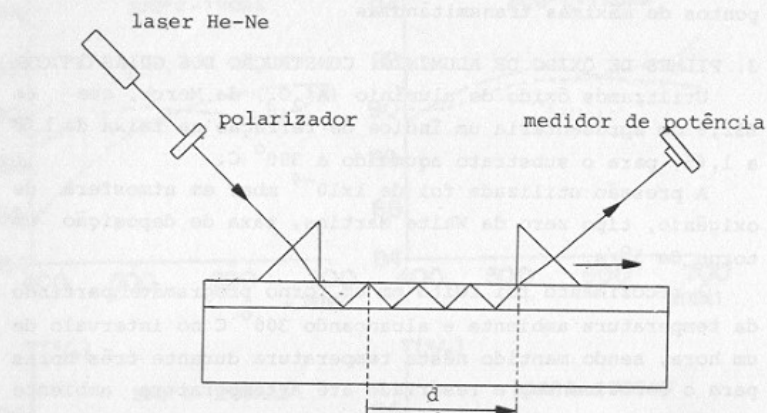


Figura 03- Representação esquemática do arranjo experimental utilizado para a medida de atenuação.

4. CONCLUSÕES

Da figura 02 podemos notar que a temperatura de 300°C durante 3 horas é suficiente para oxidar completamente o tântalo livre nos filmes obtidos.

Na literatura são indicados recozimentos de 1,5 horas a 500°C sob oxigênio para filmes de tântalo obtidos por sputtering [2] e de 4 horas a 400°C no ar para filmes obtidos por evaporação a vácuo.

Um ponto importante a ser notado é que a temperatura de 300°C representa um limite a qual uma peça óptica pode ser submetida, e mesmo assim em condições controladas, para evitar tensionamentos.

Conseguimos também construir guias de ondas ópticos planares [3] de alta resistência mecânica, uniformes e de baixas perdas, que são as qualidades fundamentais para aplicações em óptica guiada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C.A.S. de Oliveira e S.A.A. Nobre, Rev. Brasil. Aplic. Vac., 4 (1984), p. 167.

- [2] M.J. Ahmed and L. Young, *Applied Optics*, 22 (1983), p.4082
- [3] Charles A.S. de Oliveira, *Projeto de Desenvolvimento de um Dispositivo Óptico Integrado Constituído por um Guia a Filme Fino e uma Estrutura Periódica*, Tese de Doutorado, CTA-ITA-IEEC, (1986), p. 64-78.