

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM MONITOR DE
ESPESSURA E TAXA DE DEPOSIÇÃO

Cynthia C.M. Junqueira, Sérgio A.A. Nobre e
Charles A.S. de Oliveira

Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA
Departamento de Circuitos e Microondas-IEEC
Pça. M.^{al} Eduardo Gomes, s/nº, S. José dos Campos
São Paulo, 12200

Apresentamos o projeto de um monitor de espessura e taxa de deposição, construído a partir de componentes facilmente encontrados no mercado nacional. O monitor é constituído basicamente por um oscilador local a cristal de quartzo, montado no interior da campânula do evaporador, e por um oscilador externo. A massa depositada sobre o cristal acarreta uma variação na sua frequência de oscilação. A variação de frequência em relação ao oscilador externo é traduzida em informações de espessura e taxa de deposição.

monitor, filmes-finos, espessura

1. INTRODUÇÃO

As propriedades de filmes finos depositados à vácuo são dependentes de muitos parâmetros intrínsecos ao processo de deposição, entre os quais, a taxa com que o material que constitui o filme é depositado seja, talvez, o mais importante. Existem vários métodos para obter-se a informação da espessura de um filme fino durante a deposição, entretanto, a maneira mais direta e que permite um controle fácil e simultâneo da taxa de deposição e da espessura é aquela que utiliza a

variação da frequência de oscilação de um cristal de quartzo causada por uma massa depositada sobre ele [1], [2].

Em um monitor a quartzo a variação de frequência de oscilação do cristal que recebe a deposição em relação à frequência de oscilação de um cristal externo ao processo é convertida em informação de taxa de deposição e espessura do filme.

A grande vantagem deste método é que através do corte e configuração adequados do cristal [3], da escolha da faixa de variação de frequência bem como de características do sistema eletrônico, é possível fazer-se com que a variação de frequência do cristal em função da massa depositada sobre ele seja muito aproximadamente linear dentro de um intervalo de frequências amplo o suficiente para que se monitorem espessuras de alguns microns.

O objetivo deste trabalho é mostrar que é viável a construção de um monitor de espessura e taxa de deposição com componentes facilmente encontrados no mercado nacional e que apresentando um desempenho adequado custe substancialmente menos que equipamentos importados.

2. ANÁLISE DO PROJETO

Na figura 01 apresentamos o diagrama de blocos do sistema projetado.

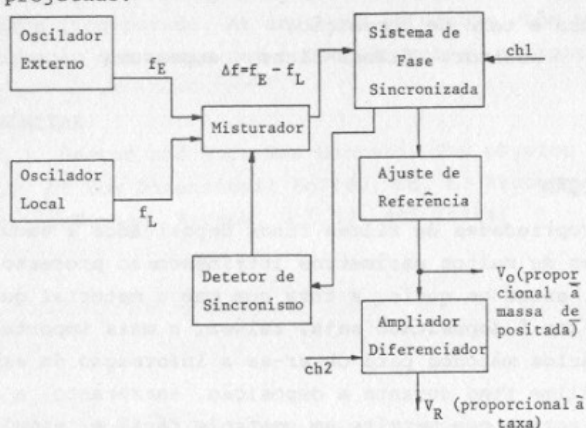


Figura 01 - Diagrama de blocos do protótipo.

O princípio de funcionamento baseia-se na variação de frequência do oscilador local devido ao aumento de massa durante o processo de deposição, quando comparado com a frequência de um oscilador externo através de um circuito misturador que fornece na sua saída a diferença de frequência entre os dois osciladores. Esta diferença de frequência (Δf) é injetada em um sistema de fase sincronizada (PLL) que fornece uma tensão proporcional à variação de frequência de entrada. Este sinal é imediatamente acoplado a um circuito de ajuste de referência de onde obteremos a tensão V_o que é proporcional à massa depositada. Agora, para determinarmos a taxa de deposição, basta injetarmos V_o em um amplificador diferenciador de onde obteremos a tensão V_R proporcional à taxa de deposição.

A chave ch1 comanda a variação da frequência interna livre (f_o) do oscilador controlado por tensão (VCO) do PLL, utilizada para alterar a faixa de sincronismo (Δf_s).

A chave ch2 comanda o ganho do amplificador diferenciador.

Se considerarmos o cristal de quartzo do oscilador local, oscilando no modo fundamental, podemos obter as seguintes relações de interesse [4]:

$$d_f = c N_q \frac{\rho_q}{\rho_f} \frac{V_o}{S f_f f_q} = \frac{K V_o}{S \rho_f}, \quad (1)$$

onde: d_f representa a espessura do filme depositado,

ρ_f a densidade do material a ser evaporado,

ρ_q a densidade do cristal de quartzo,

N_q constante que vale para o cristal de quartzo com corte AT 0,1670 MHz/cm,

f_q frequência do cristal de quartzo,

f_f frequência do cristal de quartzo com filme depositado,

S a sensibilidade do PLL,

c função do fator de compactação,

e a taxa de deposição, dada por:

$$\frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{K V_R}{\rho_f S G}, \quad (2)$$

onde G representa o ganho do amplificador diferenciador em uma configuração tradicional.

Portanto, medindo-se V_O e V_R , e utilizando as expressões (1) e (2) obtemos o valor da espessura e da taxa de deposição.

3. ENSAIO DO PROTÓTIPO

Utilizando um gerador de frequências de varredura modelo 8601A, um frequencímetro modelo 5216A, um voltímetro modelo 3440A e um traçador de gráficos x-y modelo 7035B, todos da HP, dispostos segundo o diagrama de blocos apresentado na figura 02, obtivemos os gráficos de V_O e V_R em função de f_R , e são apresentados nas figuras 03 e 04.

O gerador de frequências simula o oscilador local.

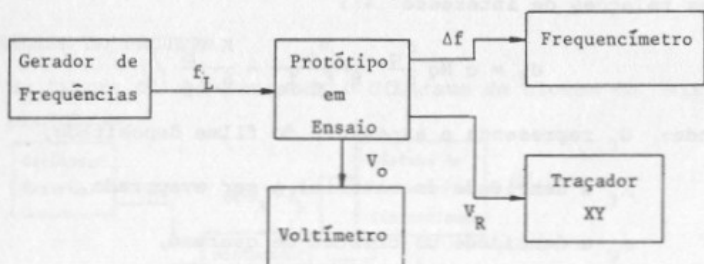


Figura 02 - Disposição dos equipamentos para ensaio.

As curvas A e B da figura 03 correspondem às duas faixas de sincronismo, uma de 89 KHz e a outra de 131 KHz, respectivamente, e apresentam um coeficiente de correlação aproximadamente unitário, o que nos permite concluir que praticamente não haverá influência da não linearidade nos resul

tados obtidos.

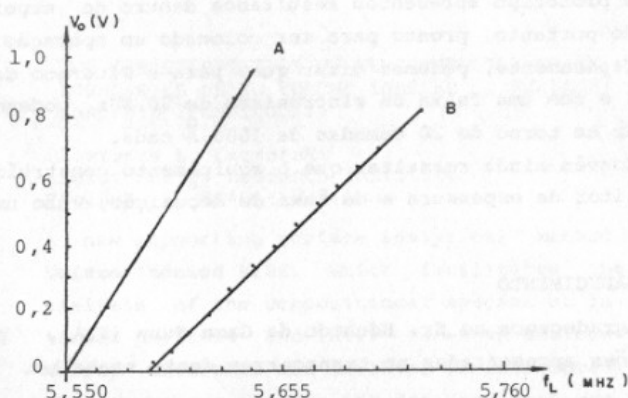


Figura 03 - V_O em função de f_L .

A curva da figura 04, fornece V_R quando procedemos a uma variação de frequência de 30 KHz em um intervalo de tempo de aproximadamente 22s. O comportamento inicial e final da curva justifica-se como sendo devido ao fato de que a velocidade de varredura do gerador varia nos extremos da faixa escolhida, não sendo portanto um problema de resposta do sistema.

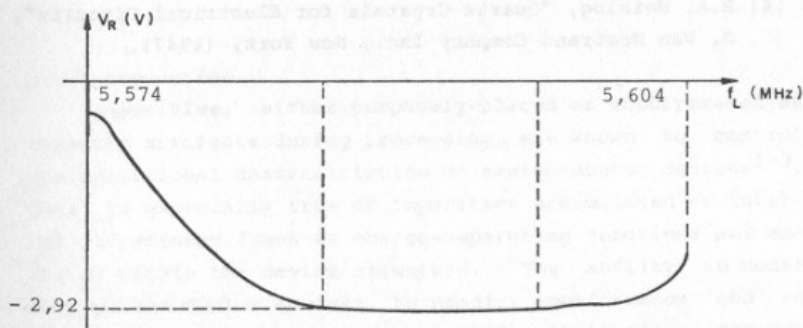


Figura 04 - V_R em função de f_L .

4. CONCLUSÕES

O protótipo apresentou resultados dentro do esperado, estando portanto, pronto para ser colocado em operação.

Tipicamente, podemos citar que, para o Fluoreto de Magnésio, e com uma faixa de sincronismo de 90 KHz, podemos monitorar em torno de 20 camadas de 1000 Å cada.

Convém ainda ressaltar que o equipamento construído é um monitor de espessura e de taxa de deposição, e não um medidor.

5. AGRADECIMENTO

Agradecemos ao Sr. Eduardo da Gama Kury (ITA), pelas sugestões apresentadas no transcorrer deste trabalho.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] H.A. Ashworth and L.W. Shacklette, Rev. Sci. Instrum., 49(1978), p. 1653.
- [2] G.Z. Sawerbrey, Zeitschrift für Physik, 155(1959), p.206.
- [3] W.P. Mason, "Piezoelectric Crystals and their Application to Ultrasonics", D. Van Nostrand Company Inc., New Jersey, (1956), p. 78.
- [4] R.A. Heising, "Quartz Crystals for Electrical Circuits", D. Van Nostrand Company Inc., New York, (1947).