

UTILIZAÇÃO DE FILMES FINOS DE a-Si:H EM SENSORES DE
TEMPERATURA A FIBRA ÓTICA

S.S.Camargo Jr.*, L.C.Guedes Valente**, L.C.Acyllino Martins**
e A.J.C.Sampaio***

* Laboratório de Estudo de Materiais e Interfaces
PEEM/COPPE/UFRJ

** CEPEL e Dept. de Engenharia Telecomunicações/UFF

*** Departamento de Física - PUC/RJ

RESUMO:

Neste trabalho demonstra-se a viabilidade de utilização de filmes finos de silício amorfo hidrogenado (a-Si:H) na construção de sensores de temperatura a fibra ótica.

No sensor apresentado, os filmes de a-Si:H são depositados a partir da decomposição do gás SiH₄ por descarga luminescente ("glow-discharge") diretamente sobre as pontas das fibras, seguidos de uma camada refletora de Al obtida por evaporação em vácuo.

Desta forma o filme de a-Si:H atua como filtro passa-baixa cuja frequência de corte varia com a temperatura, modulando a intensidade de luz que retorna pela fibra. Esta construção garante excelente rigidez mecânica e dimensões mínimas, limitadas apenas pelo diâmetro das fibras.

Nos primeiros testes realizados, utilizando filmes depositados a 250 °C e um laser de HeNe, como fonte luminosa, observou-se uma variação linear de 50% no sinal detectado, para uma variação de temperatura de 50°C a 200°C. Com objetivo de se obter efeito semelhante para fontes luminosas em torno de 0.8µm utilizam-se tratamentos térmicos nos filmes.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de se medir a temperatura de pontos energizados como em transformadores, condutores de linha de transmissão e em máquinas elétricas tem esbarrado em problemas de isolamento elétrico e interferência eletromagnética. Com o desenvolvimento nos últimos anos de sistemas automatizados de controle de processos, a monitoração à distância da temperatura nestas condições se tornou de grande importância. [1]

Uma solução amplamente utilizada para esse problema tem sido a utilização de sensores de temperatura a fibra ótica (STFO) [2] [3]. Estes sensores apresentam a vantagem adicional de permitirem a medida de temperatura em ambientes quimicamente ativos devido à baixa reatividade da sílica. Dentre outras aplicações possíveis, pode-se destacar as aplicações biomédicas [4].

Nos últimos anos, diversos esquemas de funcionamento, baseados em fenômenos físicos distintos, tem sido sugeridos para os STFOs. Uma destas propostas utiliza a análise do espectro de fotoluminescência de uma pastilha de GaAs acoplada à extremidade da fibra [5]. Outra possibilidade já sugerida emprega um filtro ótico, cujo espectro de absorção depende da temperatura, como elemento sensor [6]. Estes tipos de STFO podem ser empregados na faixa de 20° C a 200° C, com sensibilidades equivalentes ($\sim 1^\circ\text{C}$).

Outras possibilidades incluem a análise de radiação térmica emitida pela extremidade da fibra [7], a variação do índice de refração de líquidos [4], a medida da absorção ótica de impurezas distribuídas ao longo da fibra [8], entre outras.

Neste trabalho demonstra-se a viabilidade de utilização de filmes finos de silício amorfo hidrogenado (a-Si:H) na construção de um STFO. No sensor apresentado, o filme de a-Si:H atua como filtro passa-baixa cuja frequência de corte varia com a temperatura, modulando a intensidade de luz que retorna pela fibra.

A construção proposta garante excelente rigidez mecânica e dimensões mínimas, limitadas apenas pelo tamanho da própria fibra

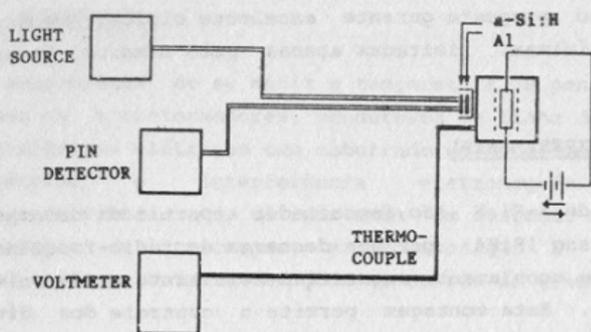
2 - PARTE EXPERIMENTAL

Os filmes de a-Si:H são depositados a partir da decomposição do gás silano (SiH_4) por uma descarga de rádio-frequência em um reator de acoplamento capacitivo semelhante ao descrito por Knights [9]. Esta montagem permite o controle dos diversos parâmetros de deposição, que influenciam nas características dos filmes produzidos: temperatura de substrato, fluxo e pressão de gás, densidade de potência de R.F. e distância entre eletrodos. Além disto, podem ser produzidas ligas de silício amorfo bastando para isso, a adição ao silano dos gases convenientes. Alguns dos filmes produzidos foram submetidos a tratamentos térmicos em alto vácuo de forma a alterar suas características óticas [10].

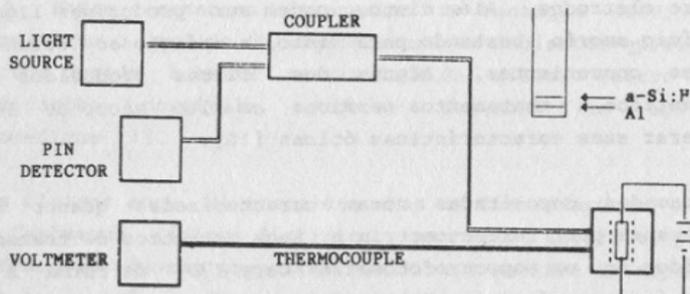
As camadas depositadas foram caracterizadas quanto à sua espessura por reflectometria e seus espectros de transmissão medidos em um espectrofotômetro Cary 17D, de forma a obter seus índices de refração ($n(\lambda)$), gap ótico (E_g) e espessura, para diferentes temperaturas das amostras.

Para a confecção dos sensores deposita-se sobre o filme de a-Si:H, uma camada refletora de alumínio por evaporação em alto vácuo. Assim, o sensor funciona como um refletor cujo espectro depende da temperatura. Para testes, utilizam-se lâminas de vidro como substratos enquanto que na montagem definitiva, as deposições são feitas sobre as pontas das fibras.

Os testes foram realizados de duas maneiras distintas. Na primeira a luz proveniente de um laser de HeNe ou de um LED ($\lambda = 0.82 \mu\text{m}$) é guiada por uma fibra até a lâmina de vidro sobre a qual as camadas estão depositadas. A luz refletida é coletada por uma segunda fibra acoplada a um detetor. Na segunda montagem, com as camadas depositadas nas extremidades das fibras, utiliza-se um acoplador ótico para possibilitar a



(A)



(B)

Figura 1 - Montagens Experimentais Utilizadas na Avaliação da Sensibilidade das Pontas Sensoras

utilização de uma única fibra para a incidência e captação da luz refletida. Estas montagens estão apresentadas nas Figuras 1a e 1b respectivamente.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os espectros de transmitância de um filme de a-Si:H a duas temperaturas diferentes estão apresentados na Figura 2. Pode-se notar a variação da transmitância devida à absorção banda-banda, modulada pela interferência entre as reflexões nas interfaces ar/a-Si:H e a-Si:H/vidro. Deve-se definir como região de interesse aquela na qual o espectro não apresente extremos, de modo que o sensor forneça uma resposta unívoca de intensidade de luz como função da temperatura. No caso da Figura 2, por exemplo, esta região se situa entre 550nm e 700nm aproximadamente.

Os espectros foram analisados segundo o método de Manificier et al [11]. A Figura 3 mostra os gráficos da densidade ótica obtida, como função da energia da luz incidente, referentes às curvas apresentadas na Figura 2.

Pode-se notar claramente a grande dependência do limiar de absorção com temperatura. Focalizando a atenção à energia na qual a transmissão vale 50%, observa-se uma variação de cerca de 0.9meV/ °C, na faixa de temperatura analisada, o que equivale, neste caso, a uma variação de 0.15 na transmitância.

Para filmes com características semelhantes aos apresentados, pode-se utilizar, nas montagens da Figura 1, um laser de He-Ne como fonte luminosa pois sua emissão está situada na região de interesse. Na Figura 4 apresenta-se uma curva típica do sinal detetado em função da temperatura obtida com um desses filmes. Observa-se uma variação linear de aproximadamente 50% para uma variação de temperatura de 50°C a 200°C.

Para viabilizar a aplicação prática destes sensores é indicada a utilização de um LED de GaAs, com emissão próxima de 0,8 μ m,

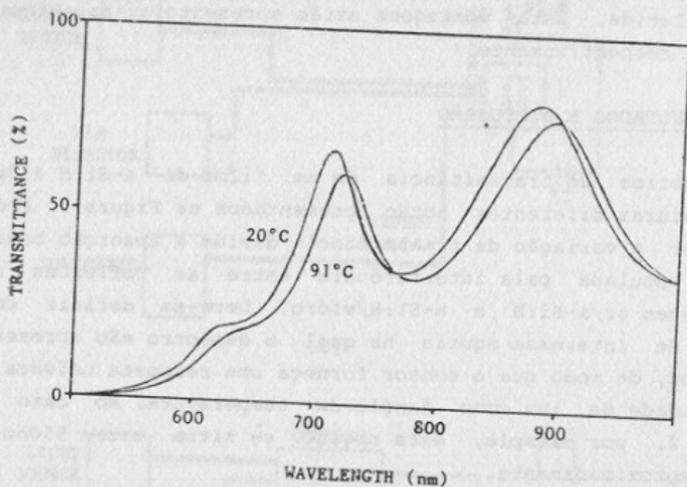


Figura 2 - Espectros de Transmitância de um Filme a-Si:H com 3000Å de Espessura

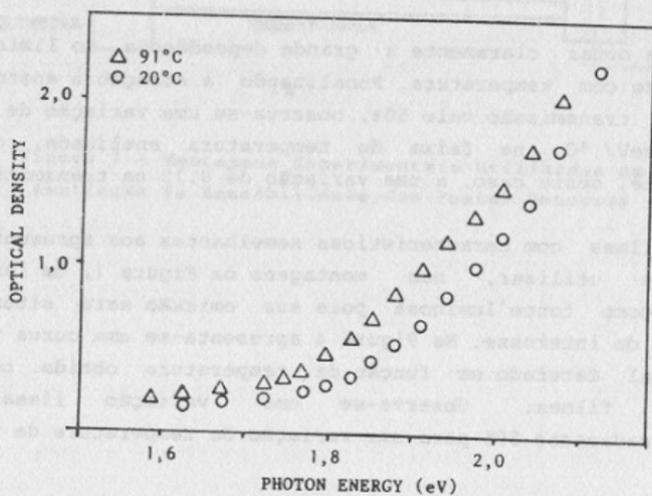


Figura 3 - Densidade Ótica para um Filme de a-Si:H com 3000Å de Espessura

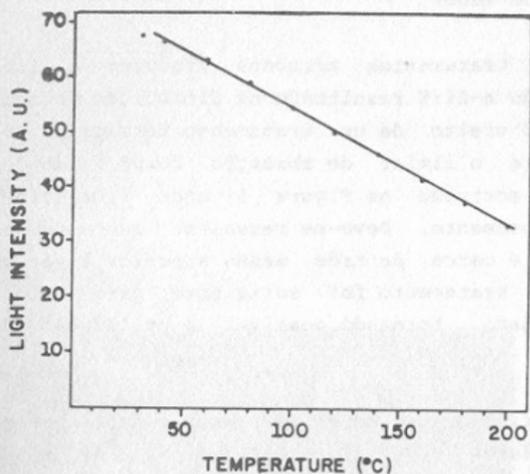


Figura 4 - Variação da Intensidade de Luz Refletida por uma Po'ta Sensora

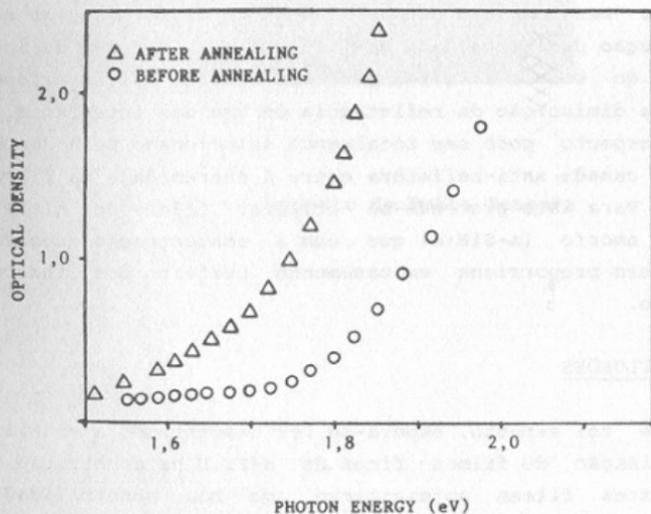


Figura 5 - Efeito de Tratamento Térmico a 500°C Durante 30min. Sobre Filme de a-Si:H Depositado a 250°C

como fonte luminosa, para tanto é necessário obter-se filmes com gap ótico menor.

Sabe-se que tratamentos térmicos produzem a liberação do hidrogênio do a-Si:H resultando na diminuição de seu gap ótico [10, 12]. O efeito de um tratamento térmico a 500 °C por 30 minutos sobre o limiar de absorção de um filme depositado a 250 °C está mostrado na Figura 5, onde fica evidente o seu grande deslocamento. Deve-se ressaltar que este deslocamento (70,15 eV) é cerca de três vezes superior à variação do gap ótico. Este tratamento foi suficiente para a obtenção do efeito desejado, tornando possível a utilização de LEDs de GaAs.

Com o objetivo de se obter uma ponta sensora que garanta boa rigidez mecânica e de dimensões mínimas, depositaram-se os filmes diretamente sobre as pontas das fibras (Figura 6). Para utilização desta ponta sensora emprega-se uma montagem como a apresentada na Figura 1b.

Além das mencionadas, outras vantagens deste esquema são a maximização da intensidade da luz detetada, redução da inércia térmica do sensor e a redução dos efeitos de interferência devido a diminuição da refletância de uma das interfaces. Este último aspecto pode ser totalmente solucionado pela deposição de uma camada anti-refletores entre a extremidade da fibra e o a-Si:H. Para isto pretende-se utilizar filmes de nitreto de silício amorfo (a-SiN:H) que com a concentração adequada de nitrogênio proporciona um casamento perfeito dos índices de refração.

4 - CONCLUSÕES

Pelo que foi exposto, espera-se ter demonstrado a viabilidade de utilização de filmes finos de a-Si:H na construção de um STFO. Estes filmes apresentaram uma boa sensibilidade às variações de temperatura sendo a precisão do sensor limitada pela qualidade do sistema de detecção de luz. Apesar de não se ter investigado, a faixa de atuação prevista para este tipo de

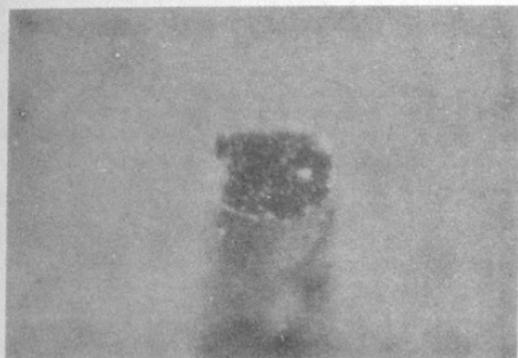


Figura 6 - Aspecto da Ponta Sensora

sensor estará limitada apenas superiormente pela temperatura de tratamento térmico.

REFERÊNCIAS

1. Relatório Técnico CEPEL, Projeto SARDIS.
2. Rogers A.J., *Elect. & Power*, Feb. (1986), 140-144.
3. Culshaw B., "Optical Fibre Sensing and Signal Processing", Ed. Peter Peregrinus Ltd., London, UK, (1984).
4. Scheggi A.M. et al, *Conference Publ.*, no. 221, IEE, pp.13, (1983).
5. Ovrén C. et al, *Proc. Int. Conf. in Optical Techniques in Process Control*, Hange-Hol, jun. (1983).
6. Saaski E.W. et al, EPRI EL-4376, project 1137-1, Final report, jan (1986).
7. Amick H., *Research & Development*, aug. (1986), 64-66.
8. Rogers A.J., *J.Phys. D*, 19 (1986), 2237-2255.
9. Knights J.C., *Phil. Mag.*, 34, 663 (1976).
10. Cody G.D., "Semiconductors and Semimetals", vol. 21B, Ed. J.I.Pankove, Academic Press (1984).
11. Manificier J.C., Gasiot J. and Fillard J.C., *J.Phys. E9*, 1002 (1976).
12. Fritzsche H., Tanielian M., Tsai C.C. e Gaczi P.J., *J.Appl. Phys.*, 50, 3368 (1979).