

Filmes finos de $\text{SiO}_2\text{:HfO}_2$ dopados com érbio e itérbio obtidos por sol-gel.

Fernando A. Sigoli^{1*}, Rogéria R. Gonçalves², Andrea S. S. de Camargo³, Luiz A. O. Nunes³, Younes Messadeq¹, Sidney J.L. Ribeiro¹.

1- Instituto de Química – UNESP, Araraquara, SP, Brasil, 14800- 900; 2-FFCLRP-USP, Ribeirão Preto, SP, Brasil, 14040-901; 3- Instituto de Física – USP, São Carlos, SP, Brasil, 13560-970, E-mail: fsigoli@posgrad.iq.unesp.br

Palavras Chave: guia de onda, sol-gel, érbio..

Introdução

Os processos de fabricação de dispositivos ópticos passivos, e ativos encontram-se bem desenvolvidos e os processos mais utilizados são: (i) *flame hydrolises deposition* (FHD), (ii) *plasma enhanced chemical vapor deposition* (PECVD), e (iii) troca iônica. Dispositivos ópticos baseados nessas tecnologias já estão disponíveis comercialmente. Entretanto, com exceção do processo de preparação de guias de luz por troca iônica, tais métodos físicos encontram barreiras na produção de amplificadores ou no controle ponto a ponto do índice de refração do material. Portanto, o desenvolvimento de tecnologias químicas que visam à preparação de materiais amplificadores de luz ainda atrai grande interesse da comunidade científica mundial. O método sol-gel oferece um considerável potencial para a produção de dispositivos a baixo custo, oferece também a possibilidade de se controlar a composição, estrutura e, portanto, a funcionalidade de materiais. O fator limitante do método sol-gel encontra-se na deposição de filmes espessos de sílica sem a presença de trincas. Neste sentido, este trabalho apresenta uma rota alternativa para a preparação de filmes espessos de sílica via sol-gel e *spin-coating*. Nano-partículas de sílica foram preparadas a partir das reações de hidrólise e condensação do tetraetilortosilicato (TEOS) sob catálise básica. Após a acidificação da suspensão de nano-partículas de sílica adicionou-se a ela nano-partículas de HfO_2 , álcool polivinílico, sais de érbio(III) e itérbio(III). Os filmes foram preparados por *spin-coating*, densificados por tratamentos térmicos rápidos e caracterizados por Microscopia Eletrônica de Varredura e de transmissão, Espectroscopia de Correlação de Fótons, Espectroscopia m-lines, Difratometria de Raios X, Espectroscopia de luminescência com excitação em 980 nm (Laser Ti:Safira) e tempo de vida de emissão.

Resultados e Discussão

A metodologia utilizada permitiu a preparação de nano-partículas de sílica (8 nm) estáveis em meios básicos e ácidos. Neste trabalho, em média 8 a 9 camadas foram depositadas para a preparação de filmes de $\text{SiO}_2\text{-HfO}_2$ com aproximadamente 5 a 6 microns de espessura sem o aparecimento de

trincas. Os resultados de microscopia eletrônica de varredura mostram que os filmes densificados a 1200°C apresentam-se homogêneo com boa qualidade de superfície e sem interfaces entre as camadas depositadas. Os resultados de índice de refração obtidos por espectroscopia m-lines indicam que os filmes apresentam baixa bi-refringência. A espessura dos filmes e os valores de n obtidos estão adequados para a preparação de guias de onda com bom confinamento dos modos ópticos e baixos valores de perdas por acoplamento, visto que estes valores se aproximam dos valores utilizados em fibras ópticas. Os valores dos índices de refração obtidos experimentalmente se aproximam daqueles calculados pela equação de Lorentz-Lorenz sugerindo boa densificação dos filmes. Os filmes $\text{SiO}_2\text{-HfO}_2$ dopados com érbio e itérbio apresentaram intensa emissão na região de 1550 nm, com valores de tempo de vida de emissão do estado $^4\text{I}_{13/2}$ em torno de 10ms, não sendo observado diminuição do tempo de vida de emissão com o aumento da concentração de íons Er(III) . Os altos valores dos tempos de vida de emissão sugerem a eliminação de grupos hidroxilas e a prevenção da formação de clusters de érbio(III). Os espectros de emissão apresentam desdobramentos Stark indicando a presença de íons Er(III) nos nanocristais de HfO_2 . Tais nanocristais foram identificados por difratometria de raios X apresentado fase cúbica estabilizada em 1200°C em função do tratamento térmico rápido e seus tamanhos calculados pela Equação de Scherrer estão na ordem de 7 a 10 nm dependendo da concentração de HfO_2 .

Conclusões

A combinação do processo sol-gel, de binders orgânicos e de tratamentos térmicos rápidos (RTP) permitiu uma considerável diminuição do número de depósitos de camadas na preparação de filmes com espessuras suficientes para se obter um bom acoplamento de canais de onda com fibras ópticas. Os filmes preparados apresentaram intensa emissão na região de 1550 nm, com valores de tempo de vida de emissão superiores àqueles encontrados na literatura para sistemas similares.

Agradecimentos

FAPESP, CNPq, CAPES e LNLS.

