

Geração de pentes espectrais Kerr por microcavidades ópticas recobertas por Al_2O_3 e Ti_2O .

Louise Trivizol*, Marvyn W. Inga, Gustavo S. Wiederhecker.

Resumo

Nesse projeto estudou-se óptica não-linear aplicada a microcavidades ópticas, deposição de filmes finos por *Atomic Layer Deposition* (ALD) e caracterização do espectro de transmissão das microcavidades. Em especial, na cavidade do tipo microesfera, que permite solução analítica dos modos ressonantes. O modelo analítico aliado à teoria de óptica não-linear fornece a relação de dispersão da velocidade de grupo (GVD), aplicada na caracterização dos espectros. Experimentalmente, foram desenvolvidas e caracterizadas receitas de deposição de alumina (Al_2O_3), os filmes depositados apresentam baixíssima rugosidade média e podem ser aplicadas a microcavidades de sílica de diversas geometrias.

Palavras-chave:

Fotônica, óptica não linear, microcavidades

Introdução

O crescimento exponencial das tecnologias de telecomunicações nas últimas décadas, fortemente baseadas em lasers e fibras ópticas, impulsionou o desenvolvimento da área da fotônica e expandiu a pesquisa em dispositivos ópticos visando atender à demanda do setor. Nesse contexto, as microcavidades ópticas são dispositivos de alta performance que permitem a interconexão entre eletrônica e fotônica na escala dos microchips. O estudo de novos materiais para fabricação dessas microcavidades busca expandir suas funcionalidades, como a geração de pentes de frequência óptica, onde um único laser dá origem a centenas de outras frequências, oferecendo uma alternativa para geração de lasers com maior largura de banda. Nesse projeto estudou-se os efeitos não-lineares presentes em microcavidades ópticas, provocados pela intensidade luminosa confinada em seu volume reduzido. Em particular, foram investigadas deposições de filmes de alumina (Al_2O_3) através da técnica de deposição de camadas atômicas (ALD) e sua influência no espectro característico de uma cavidade do tipo microesfera de sílica. Buscou-se aprimorar a receita de deposição de modo a preservar os altíssimos fatores de qualidade reportados¹.

Resultados e Discussão

A caracterização das microesferas é feita através do espectro de transmissão. Uma fibra óptica afunilada de $\sim 3 \mu\text{m}$ de diâmetro (*taper*) acopla luz na microcavidade através do campo evanescente, o qual, durante a varredura do laser por uma faixa de comprimentos de onda, fica confinado na microcavidade em determinadas frequências de ressonância. O *taper* excita os modos de "galerias sussurantes" (*Whispering Gallery Modes*, WGM), que concentram o campo na superfície e no equador da esfera devido aos altos valores de momento angular desses modos. Os WGM foram estudados a partir da solução analítica para os autovalores de frequência da microesfera. Caracterizou-se o espectro de uma microesfera de $250 \mu\text{m}$ de diâmetro com 130 nm de Al_2O_3 depositado a 150°C e o fator de qualidade obtido foi da ordem de 10^6 , provavelmente limitado pela rugosidade do filme. A deposição por ALD é realizada em médio vácuo com bombeamentos cíclicos e alternados do precursor do composto do filme e vapor d'água como

oxidante, ambos intercalados por uma purga com argônio, fundamental para a formação de uma camada atômica sem impurezas. As deposições seguintes foram feitas em microesferas de sílica e cacos de silício polido, explorando principalmente a influência dos parâmetros de temperatura e tempo de purga na rugosidade do filme.

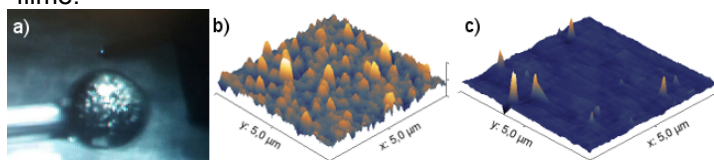


Figura 1.a) Foto da microesfera revestida sob o microscópio AFM; topografias das superfícies dos filmes de Al_2O_3 obtidas pelo AFM. **b)** primeira deposição $\sigma=11,7 \text{ nm}$ (escala vertical 55 nm/div.) e **c)** deposição mais recente $\sigma=0,6 \text{ nm}$ (escala vertical $7,5 \text{ nm/div.}$).

A deposição de Al_2O_3 feita a 200°C com 5 segundos de purga sobre um caco de silício polido foi testada por um microscópio de força atômica (AFM) e apresentou desvio quadrático médio de rugosidade de $\sigma=0,6 \text{ nm}$ numa área de $5 \times 5 (\mu\text{m})^2$. Uma redução de duas ordens de grandeza para as medidas de rugosidade das primeiras deposições. A rugosidade tem forte influência sobre o fator de qualidade, uma vez que uma das maiores perdas ópticas é pelo espalhamento da luz na superfície das microcavidades.

Conclusão

Nas próximas etapas tentaremos sintonizar a dispersão da velocidade de grupo, controlando a espessura dos filmes, visando a geração de pentes de frequência baseadas em efeitos não lineares, i.e., mistura de quatro ondas. O objetivo é viabilizar a formação de pentes cuja forma temporal seja solitônica².

Agradecimentos

Agradecemos o Dr. José Maria Clemente e o Prof. Francisco C. Marques pela forte contribuição na deposição dos filmes. Esse projeto foi financiado pelo PIBIC/CNPq e FAPESP.

¹ Vernooy, D.W.; Ilchenko, V.S.; Mabuchi, H.; Streed, E.W.; Kimble, H.J. High-Q measurements of fused-silica microspheres in the near infrared. *Opt. Lett.* **1998**, *23*, 247-249.

² Chembo, Y.K. Kerr optical frequency combs: theory, applications and perspectives. *Nanophotonics*, **2016**, *5*(2), 214–230.