Estudo de espelhos de Bragg baseados em filmes intercalados de $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ e de $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$.

Leonardo Rodrigues da Costa*, Diego S. da Silva, José M. Clemente, Rafael Merlo, Odilon Couto, Francisco C. Marques, Fernando Iikawa

Resumo

Espelhos de Bragg são heteroestruturas de alta e seletiva refletividade. O objetivo desse projeto é a simulação, confecção e caracterização de um espelho Bragg óptico feito com camadas de $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ e de outro com $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$. A simulação foi feita no software Mathematica™ e a caracterização foi feita pela medida da refletividade (para ambos espelhos) e também da difração de raios-x, para o estudo da camada de ZnO.

Palavras-chave:

Espelhos de Bragg, refletividade, simulação.

Introdução

Os espelhos de Bragg (*Distributed Bragg reflectors* – DBR, em inglês) são feitos por camadas de pares de dielétricos transparentes empilhadas alternadamente, formando assim um espelho de alta refletividade óptica pelo contraste dos seus índices de refração. É importante destacar que um DBR pode ser fabricado para qualquer tipo de onda, como, por exemplo, a onda sonora. A refletividade máxima de um DBR é seletiva, ocorrendo apenas para uma banda limitada de comprimentos de onda, centrada em um λ_0 específico. O design do perfil de refletividade pode ser feito selecionando os materiais, espessuras e o número de camadas de um DBR.

Pela sua simplicidade e versatilidade, os DBRs tiveram diversas aplicações nos anos recentes, como, por exemplo, cavidades acústicas/fotônicas¹, ressonadores de ondas guiadas² e em lasers^{3,4}.

A proposta deste projeto é a simulação, confecção (pelo método de deposição atômica), e a caracterização dos DBR de $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ e de $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$.

Resultados e Discussão

Neste projeto, primeiramente, realizamos a simulação computacional da curva de refletividade dos DBR a partir das dispersões dos índices de refração dos materiais constituintes e dos parâmetros do DBR. Os valores das espessuras das camadas são otimizados para reflexão máxima em um λ_0 escolhido, o número de camadas também pode ser escolhido.

Figura 1: Sobreposição dos espectros da refletividade de DBR de $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ medida (cinza), com a simulação cujo λ_0 está em 600nm (vermelho) e 530nm (verde)

Em seguida, confeccionamos o DBR composto por $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ e outro, ainda em fase de preparação, de $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$, ambos depositados sobre um substrato de silício por método ALD (*atomic layer deposition*).

O DBR de $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ conta com cinco bicamadas sendo que a espessura esperada da camada de Al_2O_3 é 50nm e a do TiO_2 , 92.3nm. Essa configuração deveria produzir uma refletividade de até 80% da luz incidente, centrada em $\lambda_0=600\text{nm}$. A medição indicou que a curva deste DBR se encaixava melhor com a simulação da refletividade centrada em $\lambda_0=530\text{nm}$. Isso significa que a espessura das camadas foi sobreestimada.

O DBR de $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZnO}$ ainda não foi concluído, porque o crescimento de ZnO não foi otimizado. Isso porque no caso de ZnO é necessário que o eixo cristalino fique alinhado ao longo da direção de crescimento para maximizar suas propriedades piezoelétricas. As medidas deste alinhamento de ZnO vêm sendo feitas por difração de raios-x.

Conclusões

Apesar das medições serem ainda preliminares, os resultados foram promissores. A deposição pelo método ALD foi eficaz em produzir um DBR de $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ com 5 pares de camadas e refletividade característica. O máximo de refletividade deste DBR teve a amplitude esperada (80%). Porém, como observamos na figura 1, a curva que melhor se encaixa às medições é a simulação do DBR com $\lambda_0=530\text{nm}$, o que nos leva a acreditar que as espessuras das camadas de $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ são menores do que esperávamos. Esses resultados são animadores e motivam a continuação do projeto.

Agradecimentos

Ao CNPq, pelo apoio financeiro para este projeto, através do programa PIBIC.

¹ A. Soukiassian, et al., Appl. Phys. Lett. 90, 042909 (2007)

² E. Lebrasseur, et al., "Design and fabrication of an acoustic bragg mirror for miniaturized quartz resonators." Acoustics 2012, Apr 2012, Nantes, France (2012)

³ S. Shutts, et al., "Deep etched distributed Bragg reflector (DBR) InP/AlGaInP quantum dot lasers" SPIE OPTO 2011, San Francisco, USA (2011)

⁴ P. Yousefi, et al., "Silicon dual pillar structure with a distributed Bragg reflector for dielectric laser accelerators: Design and fabrication" FAU & Max Planck Institute for the Science of Light (2018)