

APLICAÇÃO DE META-HEURÍSTICAS E APRENDIZADO DE MÁQUINA PARA AJUSTE DE PARÂMETROS NO EQUACIONAMENTO DE FILTRO ÓPTICO INTEGRADO

Marcelo de Medeiros
mmedeiros@estudante.ufscar.br
Samuel Lourenço Nogueira
slnogueira@ufscar.br
Luís Alberto Mijam Barêa
luisbarea@ufscar.br
Universidade Federal de São Carlos

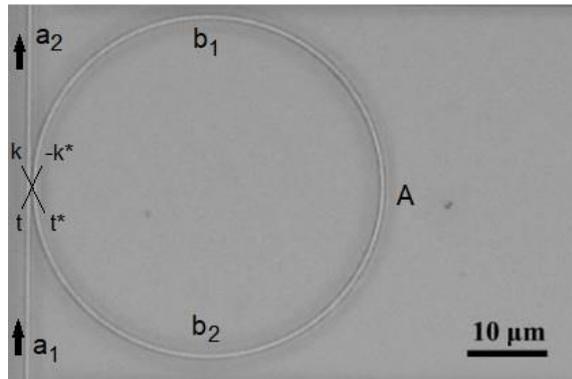
INTRODUÇÃO. A utilização de circuitos integrados fotônicos tem sido impulsionada pela necessidade de lidar com grandes volumes de dados detectados, modulados, coletados, armazenados e transmitidos, além da busca por sistemas mais eficientes e otimizados. Esta tecnologia integra diversos componentes que exigem rapidez na caracterização. Com a capacidade de confinar a luz, os microrressonadores têm se mostrado estruturas ópticas versáteis e importantes para a fotônica integrada [1]. A integração de um grande número dessas estruturas com guias de ondas ópticos em chips fotônicos resulta em dispositivos cuja resposta espectral pode ser modelada utilizando o método de matriz de transferência (MMT). Nesse contexto, demonstramos aqui a implementação de um algoritmo genético (AG) capaz de ajustar os parâmetros que o MMT utiliza para prever a resposta espectral de filtro óptico baseado em uma cavidade na forma de anel acoplada em um guia de onda, garantindo ao usuário extrair as seguintes métricas desse dispositivo: comprimentos de onda ressonantes (λ_{res}), espaçamento espectral livre (FSR), índice de grupo (N_g), largura a meia altura (FWHM) das ressonâncias, fator de extinção (FE), tempo de vida do fóton (T_f), Finesse (F) e fator de qualidade (Q) [2].

MATERIAIS E MÉTODOS. O dispositivo foi fabricado em *foundry*, em uma plataforma de silício-sobre-isolante (SOI), constituído de uma cavidade óptica de 20 μm de raio, com seção transversal de 220 nm x 450 nm, com um *gap* entre o guia de onda e a cavidade de 200 nm. A luz incide no guia com amplitude (a_1), sendo parte dela transmitida e parte acoplada ao ressonador. Dentro do ressonador, a luz sofre atenuação (A) e desvio de fase, sendo parte dela novamente acoplada ao guia. A eficiência desse processo depende do coeficiente de acoplamento (κ) e do coeficiente de transmissão (t). A potência total transmitida pelo guia é medida na saída como amplitude (a_2), conforme ilustrado na Figura 1(a). Foi Investigado a transferência de potência entre um guia de ondas e um ressonador óptico. Para alcançar a predição do dispositivo foi utilizado o MMT possibilitando chegar na equação (1) que demonstra o espectro de saída do guia de onda (a_2).

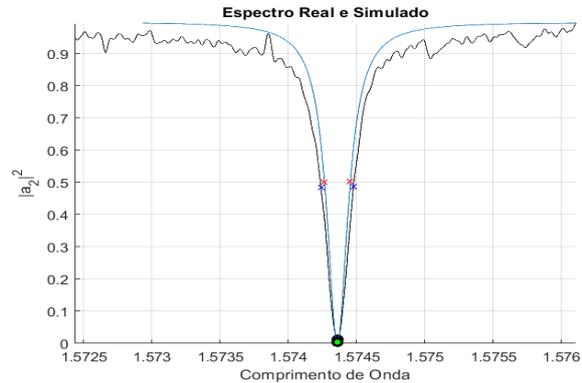
$$a_2 = \frac{t - (Ae^{iwT})}{1 - (tAe^{iwT})} \quad (1)$$

onde w é a frequência angular e T é o tempo que a luz leva para percorrer a cavidade.

Figura 1: Dispositivo fotônico constituído de um guia e um ressonador acoplado entre si, com uma ressonância do espectro experimental e da simulação.



(a) Imagem de microscopia óptica de um filtro óptico contendo um guia de onda acoplado a um ressonador.



(b) Ajuste de uma ressonância entre o espectro caracterizado e o espectro simulado.

Fonte: Acervo Pessoal.

RESULTADOS. A caracterização óptica do filtro se deu por meio da varredura de um laser sintonizável, injetado na entrada do guia e monitorou-se a saída do guia com um fotodetector. Essa caracterização permitiu observar seis ressonâncias entre $1.579\mu\text{m}$ e $1.607\mu\text{m}$. A eficiência do MMT com a otimização do AG pode ser observado na Figura 1(b), onde a curva em preto demonstra uma ressonância do espectro caracterizado e a curva em azul a mesma ressonância do espectro utilizando o MMT com a otimização do AG. A Tabela 1 contém as diferenças percentuais das métricas identificadas para cada ressonância entre os dois espectros.

Tabela 1: Tabela de análises de diferenças percentuais entre as métricas identificada entre os espectros.

λ_{res} [%]	FE [%]	FSR [%]	FWHM [%]	Q [%]	Finesse [%]	T_f [%]
0,001	14,668	0,347	1,992	2,031	1,678	2,030
0,002	20,684	0,498	18,220	15,414	15,833	15,416
0,004	13,286	0,760	13,603	11,978	12,643	11,982
0,006	2,936	0,530	17,013	14,545	14,993	14,551
0,007	12,920	0,376	14,920	12,990	13,311	12,996
0,010	10,673	0,857	20,690	17,151	17,853	17,159

Na Tabela 1, as métricas relacionadas ao índice de grupo, como λ_{res} e FSR, apresentam erros inferiores a 1%, demonstrando a eficiência do algoritmo em prever essas métricas. Em contraste, os erros de FE ultrapassam 20%, destacando a necessidade de melhorias no AG para otimizar A e t para identificação adequada dessa métrica para cada ressonância. As métricas como Q, Finesse e T_f dependem diretamente da otimização do espectro em relação ao FWHM. As maiores discrepâncias no FWHM ocorre com erro acima de 20%, onde também se observam os maiores desvios nas métricas de Finesse, Q e T_f .

CONSIDERAÇÕES FINAIS. Em suma, esse trabalho demonstrou que a combinação entre AG e MMT permite otimizar a identificação das métricas de cada uma das ressonâncias dentro do espectro de filtros ópticos. Porém, ajustes no AG ainda são necessários para melhorar a precisão das métricas.

PALAVRAS-CHAVE: Previsão de Resposta Espectral. Microrressonadores. Algoritmo Genético.

AGRADECIMENTOS: Agradecemos à Instituição Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

1. TOBING, L.Y.M., DUMON, P., **Photonic microresonator research and applications**. 1-25, 2010.
2. BARÊA, L.A.M. **Moléculas fotônicas para aplicações em engenharia espectral e processamento de sinais ópticos**. Tese (Doutorado) — [sn], 2014.