

Guiamento de luz e forças ópticas em nanofios de sílica

Beatriz Siqueira

Resumo

Esse projeto de iniciação científica tem como objetivo o estudo da propagação de ondas eletromagnéticas em nanofios de sílica, envolvendo forças atrativas e repulsivas geradas pelo campo eletromagnético evanescente entre os fios de seção circular.

Palavras-chave:

Fotônica, Comunicação Óptica, Óptica não-linear

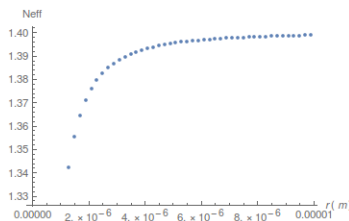
Introdução

O projeto inclui o estudo analítico, simulação e cálculo numérico dessas forças ópticas, que pode ser simétrica (atrativa) ou anti-simétrica (repulsiva). Esse estudo foi feito resumidamente em três etapas dependentes. Análise do campo magnético de único guia de onda variando o raio, utilizando análise numérica através do programa COMSOL. Estudo analítico do comportamento de dois guias, resultando na expressão final da força óptica, e finalmente cálculo numérico e quantificação dessa força, para isso foi necessária simulação no COMSOL e cálculo numérico do índice de refração efetivo para cada disposição/dimensão dos nanofios.

Resultados e Discussão

Ondas eletromagnéticas apresentam momento que pode ser transferido para o sistema, resultando em energia mecânica. Primeiro é preciso conhecer o campo eletromagnético em um único fio de sílica e considerar a abrangência desse campo para fora do fio, assim podemos ter noção das dimensões para que ocorra o acoplamento (ou seja a interação do campo eletromagnético) entre dois nanofios. Todas as simulações feitas no COMSOL foram consideradas frequência do laser de 200 THz. Podemos plotar os pontos índice de refração efetivo versus raio da sílica, já que ele é uma medida que indica a parcela do fluxo de energia está na núcleo da sílica e fora, a sílica tem índice de refração 1,4, assim quanto mais perto o índice efetivo está de 1,4 mais concentrada no núcleo da sílica o fluxo de energia está sendo mais difícil de ocorrer a interação com outra sílica.

Figura 1. Gráfico da relação índice efetivo (N_{ef}) versus raio da sílica (r)



Analisando um sistema formado por dois nanofios de sílica, separados por uma distância g, partindo das leis de Maxwell e teorema de Poynting, considerando

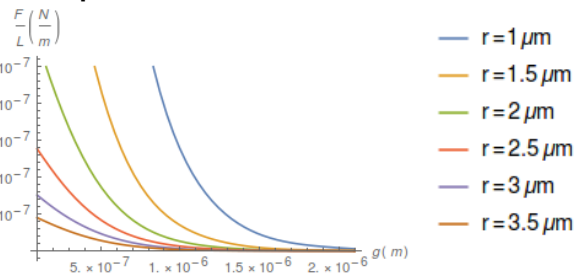
conversação de fótons e energia, podemos obter a seguinte expressão.

$$F_{opt} = \frac{PL}{c} \cdot \frac{\partial N_{ef}}{\partial g} \quad (1)$$

No qual c é a velocidade da luz, P a potência do laser que passa pelos dois fios, L é o comprimento dos fios e N_{ef} pelo qual a luz está submetida.

Utilizando o programa COMSOL podemos obter o índice de refração efetivo para cada valor de g (distância entre os fios). Podemos plotar então um gráfico N_{ef} X g. Como o interesse é saber a derivada $\partial N_{ef} / \partial g$ utilizando o programa Mathematica, pode-se aproximar essa curva como um polinômio de ordem 10 e obter a derivada desse polinômio, considerando a potência, P=0,1W e usando a expressão (1) é possível plotar um gráfico F/L representado na figura 3.

Figura 3. Gráfico representando a força por comprimento para diferentes valores do raio.



Repare que o sinal da derivada e da força nesse caso é positiva, assim a força é repulsiva.

Conclusão

Assim como já previsto na análise individual do campo eletromagnético, a força óptica cai drasticamente se aumentarmos o raio. Considerando um guia de 1μm e potência de 0.1W, para uma distância de aproximadamente 1μm a força por comprimento no qual cada guia está submetida é de 50μ N/m, enquanto para um guia de 1.5μm na mesma distância a força é aproximadamente de 5 vezes menor.