

Técnicas de Caracterização e Medição de Momento Angular Orbital de Micro-anéis Ressonadores

Relatório Parcial: Instrumentação

Nome: Felipe Cassaro Frazatto RA:146001

7 de maio de 2016

Sumário

1	introdução	3
2	Métodologia	3
2.1	Laser e Atenuador	5
2.2	Controlador de Polarização	5
2.3	Interferômetro de <i>Mach-Zehner</i> e Fator de Qualidade	5
3	Medidas e Análise de Dados	6
4	Conclusão	8
5	Apêndice	9
5.1	<i>External Cavity Laser Diode</i>	9
5.2	<i>Beam Splitter</i>	10
5.3	<i>Interferômetro de Mach-Zehner</i>	10
5.4	Controlador de Polarização	10
5.5	Fotodetectores	11
5.6	DAQ	11
6	Referências	12

1 introdução

Neste relatório serão descritos os métodos e instrumentos utilizados na caracterização de feixes de luz com momento angular orbital emitidos por micro discos ressonantes de silício, tendo como objetivo principal entender o funcionamento de cada equipamento e a obtenção do fator de qualidade, Q , e das frequências de ressonância do dispositivo.

Analizamos inicialmente micro discos pois no momento é necessário realizar o *release* dos anéis, apesar da geometria diferente a montagem experimental é a mesma para os dois casos. Este relatório trata apenas dos aspectos técnicos do estudo de cavidades ressonadoras, toda a parte teórica e obtenção da equação de transferência estão descritas no relatório parcial de iniciação científica^[1].

2 Metodologia

Um dos objetivos iniciais do experimento é investigar a relação de acoplamento entre um feixe de luz que propaga por um *Taper* de fibra óptica e um micro-disco. Para isso utilizamos o *setup* mostrado no diagrama de blocos abaixo:

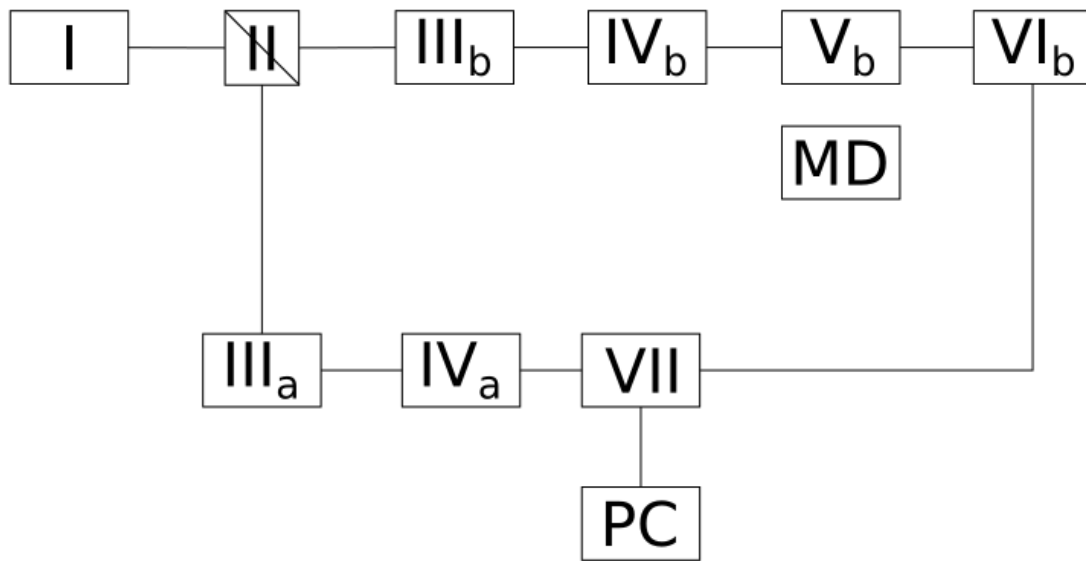


Figura 1: Diagrama de blocos da montagem do *setup* de medição

Onde:

I: Controlador e fonte laser;

II: *Bean Splitter*;

III_a: Interferômetro de *Mach-Zehnder*;

III_b: Atenuador;

IV_a: Fotodetector;

IV_b: Controlador de Polarização;

V_b : *Taper*;
 VI_b : Detector;
 VII : DAQ;
 MD : Micro-Disco;
 PC : Computador.

Para mais informações sobre os instrumentos utilizados, ver os capítulos de 5.1 a 5.6 do apêndice.

Inicialmente selecionamos um comprimento de onda inicial, 1550 nm, e uma banda a ser varrida no controlador do laser. O feixe de luz é produzido por um Laser de Cavity Externa (figura 1.I) com potência 10 mW, que em seguida é dividido na metade (um ramo do feixe irá pelo caminho de subíndice a com 1% de potência e o outro ramo irá pelo outro caminho também com com 99% da potência inicial) por um *Bean Splitter* (figura 1.II).

Primeiro vamos seguir o caminho de subíndice a . O laser passa por um interferômetro de *Mach-Zehnder* (figura 1.III $_a$) que nos dará em sua saída um sinal modulado relacionado com a interferência sofrida pelo feixe dentro do interferômetro. Esse sinal é enviado à um fotodetector (1.IV $_a$) que transforma o sinal óptico recebido em sinal elétrico (Tensão). Por fim, essa tensão é enviada à DAQ (figura 1.VII) e daí para o computador (figura: 1.PC) onde os dados serão tratados.

Agora, para o ramo b , o feixe proveniente do *Bean Splitter* passa por um atenuador (figura 1.III $_b$) para que sua potência seja reduzida até um valor adequado aos equipamentos e experimento. Em seguida o laser passa por um controlador de polarização (figura 1.IV $_b$) que inicialmente se encontra em uma posição qualquer, posteriormente no texto explicaremos qual a utilidade deste. Saindo do controlador, o feixe passa por um *taper* de fibra óptica (figura 1.V $_b$). O feixe dentro do *taper* interage por meio de seu campo evanescente com o micro-anel (figura 1.MD) que se encontra próximo à estrutura. Vale a pena dizer que a posição do *taper* é ajustada utilizando uma série de motores de passo e um microscópio controlados por um programa em *LabView*. Podemos aproximar o fenômeno de interferência que ocorre entre a fibra e o micro-disco para um fenômeno semelhante ao que ocorre em um interferômetro de *Fraby-Perot*, sendo assim, na saída do *taper* existirá um sinal resultante da interação entre o feixe inicial e o feixe que viajou pelo disco. Assim, semelhante ao ramo de subíndice a , o sinal óptico passa por um fotodetector que o transforma em sinal elétrico e em seguida o envia para a DAQ e por fim ao computador.

Agora que os dados foram coletados dos dois ramos podemos refinar nossa resposta para que em seguida possamos analisar nossos dados.

2.1 Laser e Atenuador

Devido a construção da fonte de laser, além da imprecisão do valor do comprimento de onda, temos uma interferência na intensidade do feixe. Essa interferência é da ordem de ± 1.3 mW que não escala com a potência e é sempre um valor constante.

Para evitar que essa essa imprecisão influencie em nossas medida ajustamos a potência de saída do laser em 10.0 mW, atenuando o erro da medida. Porém algumas dos nossos equipamentos não suportam uma potência muito elevada, e em valores muito altos algumas medidas se tornam mais difíceis devido a interação óptica que começa a atuar de forma mais "frequente". O equipamento utilizado para amenizar esse efeito é o atenuador, que reduz a potência de em 30 dB.

2.2 Controlador de Polarização

Ao *plotarmos* no computador a potência do feixe final do ramo *b* em função do comprimento de onda, obtemos um gráfico de transmissão como o da figura 2.

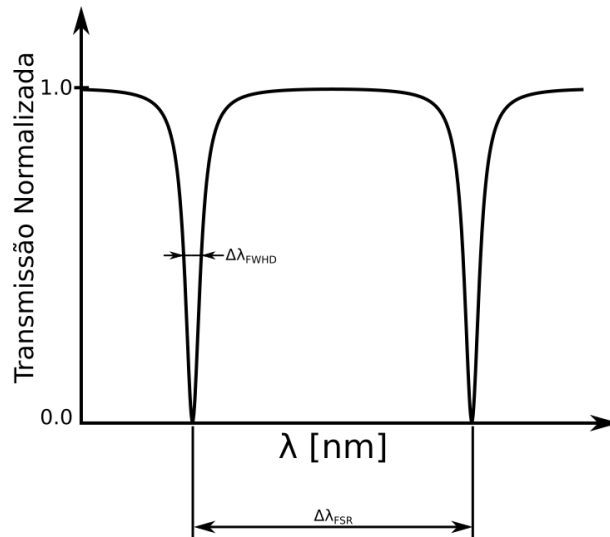


Figura 2: Exemplo de gráfico de transferência.

O vale agudo indica que houve o acoplamento entre o *taper* e o disco. Podemos melhorar essa resposta caso a polarização do feixe seja ajustada. Movendo os "braços" do controlador de polarização podemos ajustar a forma de polarização e seu sentido. Dependendo da posição do *taper* e da estrutura observamos que o vale começa a se tornar mais estreito, largo, mais ou menos profundo, como é ilustrado na figura 3

A forma do gráfico será importante posteriormente quando calcularmos o fator de qualidade, Q , do experimento, mas por hora apenas ajustaremos o controlador de polarização de modo a obter um vale mais estreito e profundo possível.

2.3 Interferômetro de Mach-Zehnder e Fator de Qualidade

Devido a construção do laser, não conseguimos ter um valor preciso de comprimento de onda, portanto precisamos de um equipamento que nos auxilie na verificação das medidas. Esse equipamento é o *interferômetro de Mach-Zehnder*.

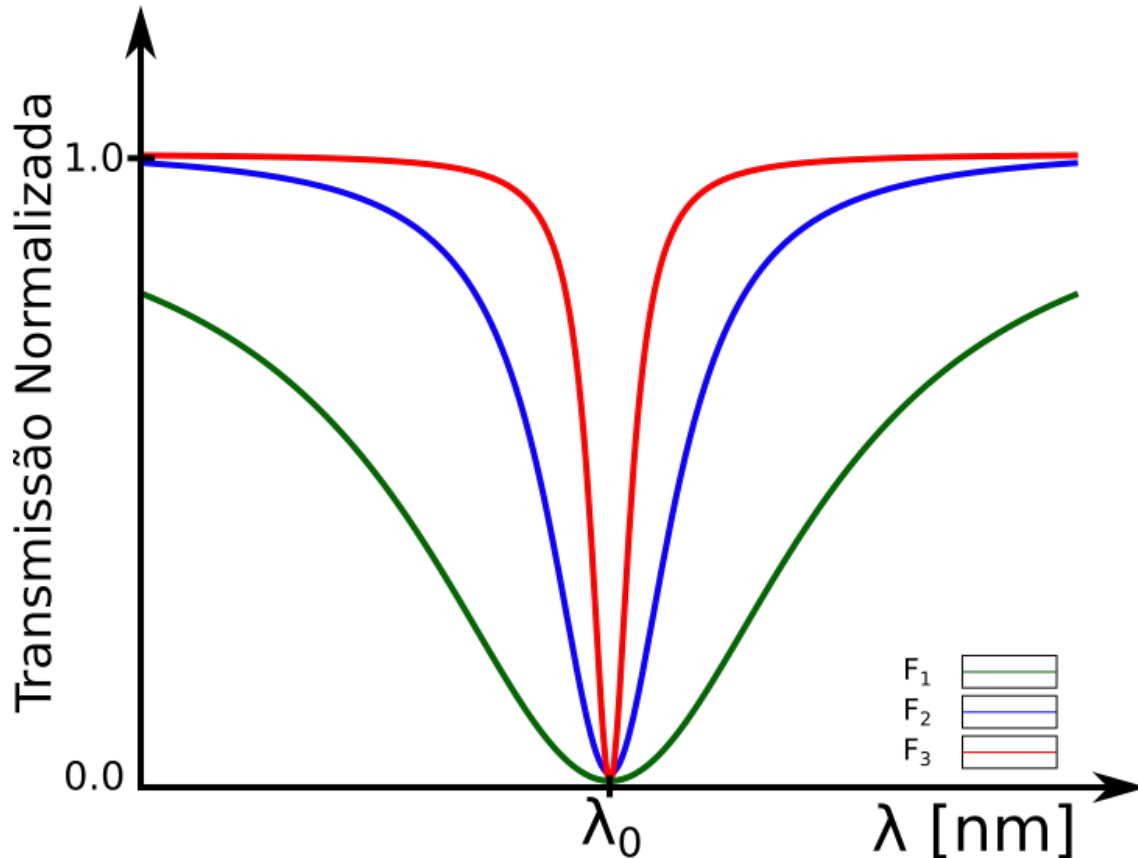


Figura 3: Exemplo das variações que podem ocorrer em um gráfico de transferência devido a polarização do feixe.

Desse modo podemos utilizar o período do *Mach-Zehner* como "régua" e medir o valor efetivo do comprimento de onda e sua largura a meia altura. Calculamos assim seu fator de qualidade, dado pela equação

$$Q = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \quad (1)$$

Que quanto maior for seu valor, mais precisa é a medida.

3 Medidas e Análise de Dados

Como etapa inicial, investigaremos os efeitos do acoplamento óptico em um micro-disco de silício. Para realizar as medidas foram utilizados os seguintes parâmetros:

Laser:

- Potência: 10.0 mW
- Comprimento de onda Central: 1550.00 nm
- Piezo: 50%

Atenuador:

- Atenuação: 35 mW

Polarização:

- Inicial: Arbitrária
- Final: Ajustada manualmente baseada na resposta gráfica.

Seguindo o roteiro descrito anteriormente, aproximamos o *taper* do micro-disco 4 até observamos no computador as ressonâncias até começarmos a observar vários picos (5).

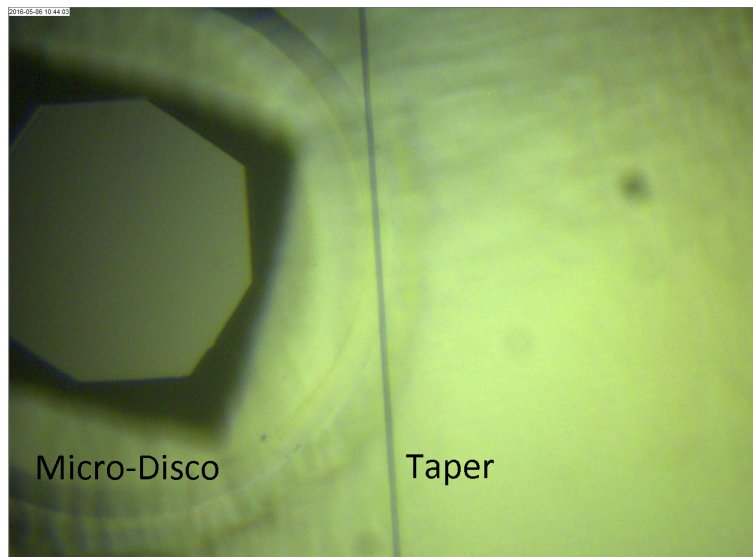


Figura 4: Imagem obtida por um microscópio do micro-disco (esquerda) e do *taper* (direita).

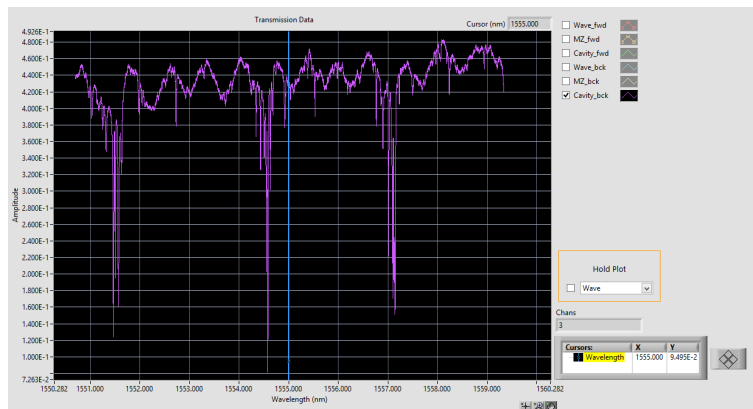


Figura 5: Espéctro observado em uma varredura de 1550.00nm até 1560.00nm.

Em seguida selecionamos uma faixa menor para realizarmos a varredura com o piezo e ajustamos o controlador de polarização até obtermos o vale mais profundo e estreito possível (figura 6)

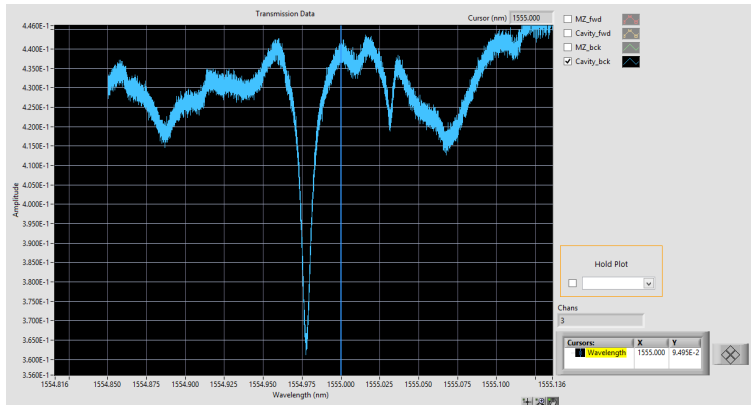


Figura 6: Ressonância observada em $\lambda = 1550.021$ nm.

Por fim exportamos os dados para o *software* Matlab, fitamos a curva (figura 7) e assim obtemos o fator de qualidade e comprimento de onda de ressonância.

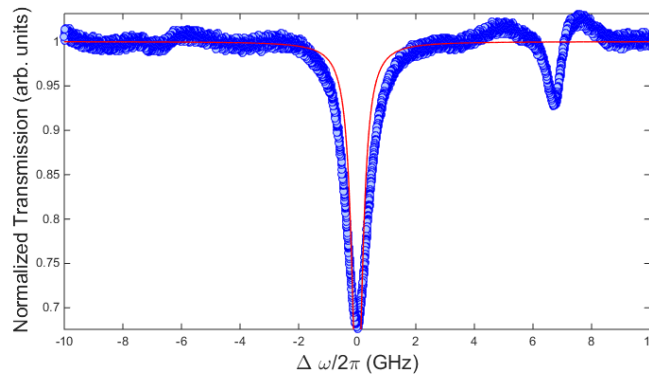


Figura 7: Gráfico fittado utilizando um script em Matlab.

$$\lambda = 1550.021$$

$$Q = 3.54e6$$

4 Conclusão

Apesar de estarmos analisando uma outra geometria de dispositivo a montagem experimento é a mesma. Essas medidas são de muita importância pois as usaremos como conceito base nas medidas utilizando os micro-anéis. Como próximas etapas realizaremos o *release* dos micro-anéis e os caracterizaremos, além disso também estudaremos o comportamento do feixe de luz utilizando uma câmera de infravermelho.

5 Apêndice

5.1 *External Cavity Laser Diode*

Instrumento responsável por gerar o feixe de luz no comprimento de onda desejado. Utilizamos um *external cavity laser diode* da New Focus, modelo Velocity 6700. O mecanismo utilizado pelo laser é uma configuração de *Littman-Metcalf* que está ilustrado na figura 8.

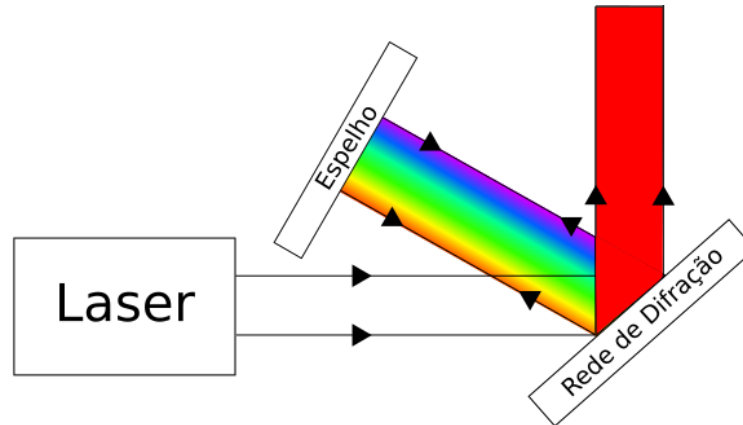


Figura 8: Esquema do mecanismo de *Littman-Metcalf* utilizado pelo laser.

O diodo laser gera um espectro de luz branca que é espalhado por uma rede de difração, o feixe difratado incide em um espelho móvel que, dependendo de sua posição, reflete apenas um comprimento de onda de volta à rede. Esse feixe selecionado interfere construtivamente com o feixe de luz branca e gera apenas um laser do comprimento selecionado.



Figura 9: External Cavity Laser Diode Velocity 6700

O valor relacionado a variável "Piezo" significa o quanto o cristal piezoelétrico está deformado de

seu curso total. O valor de seu curso total também é ajustável. Por exemplo, em nosso experimento o curso total do piezo está configurado para 300pm, e o estado inicial do laser está com 50% de seu curso estendido (avançado de 150 pm) , quando realizarmos um *sweep* com o laser, o piezo regressará a seu 0% e em seguida irá para seu fim de curso, fazendo um *sweep* simétrico em torno do comprimento de onda central.

5.2 *Beam Splitter*

Beam Splitters são dispositivos que dividem um feixe de entrada em uma determinada razão. São constituídos por duas fibras óticas posicionadas próximas uma da outra de modo a que ocorra o acoplamento entre as duas devido ao campo evanescente proveniente de um feixe de luz que propaga por uma delas. A razão com que o feixe é dividido é dada pela separação entre os dois ramos.

5.3 *Interferômetro de Mach-Zehner*

Interferômetro constituído por um *Beam Splitter* que separa na metade um feixe inicial. Cada feixe segue caminhos óticos distintos com comprimentos diferentes. Ao final dos dois trajetos os feixes são unidos novamente e podemos observar um padrão de interferência que está relacionado ao comprimento de onda do feixe inicial e a diferença entre os comprimentos dos caminhos.

5.4 *Controlador de Polarização*

Dispositivo que controla a polarização do laser por meio de birefringência induzida por torção. O fenômeno da birefringência diz respeito a como uma onda com polarizações diferentes se propagam por um meio. Ondas com polarizações distintas "observam" coeficientes de refração diferentes. Induzindo esse efeito em uma fibra ótica, por meio de torção, podemos alterar a polarização de nosso laser sem perdermos potência.



Figura 10: Controlador de Polarização

5.5 Fotodetectores

Os fotodetectores são fotodiodos responsáveis por absorver os fótons provenientes do interferômetro ou taper e transforma-los em tensão elétrica. Utilizamos um fotodetector da Thorlabs, modelo S155c.



Figura 11: Fotodetector Thorlabs S155C

5.6 DAQ

Responsável por traduzir o sinal analógico em forma de tensão elétrica para bits, criar um arquivo com os dados e o enviar para o computador. Utilizamos uma Central de Aquisição de Dados da marca National Instruments modelo USB-6259.

A DAQ possui um conversor analógico digital de 16bits com 1.25MS/s multiplexada em 4 entradas. O número de bits influencia na resolução do equipamento, por exemplo, na entrada de 16 bits temos $2^{16} = 65536$ níveis de quantização, isso significa se tivermos um sinal que varia entre $-5V$ e $5V$, temos que o menor valor possível que um nível corresponde é $(5 - (-5))2^{-16} = 0.152mV$.



Figura 12: DAQ NI USB-6259

6 Referências

- [1] F. Frazatto, *Microanéis para Geração de Feixes com Momento Angular Orbital*.
- [2] H.A. Haus, *Waves and Fields in Optoelectronics*, Prentice Hall , Setembro, 1983.
- [3] J. Heebner, R. Grover, T. Ibrahim, *Optical Microresonators Theory, Fabrication, and Applications*, Springer, 2008.