

Medição do comprimento de coerência de um laser

Mariana Gomes (up201402744)

20 de Novembro de 2017

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 4169-007 Porto, Portugal

Resumo

O principal objectivo deste trabalho é medir a visibilidade de um laser utilizando um interferómetro de Michelson e retirar o seu espectro de potência através do OSA. Concluiu-se o que o primeiro laser apresentava uma coerência de uma ordem superior a cm , o segundo laser apresentava uma coerência mais baixa e através do seu espectro determinou-se que é um laser multimodo e de comprimento de onda $659,65nm$.

Introdução teórica

Interferência óptica consiste na interação de duas ou mais ondas luminosas, que geram um padrão em que a irradiância total é diferente da soma das irradiâncias de cada onda.

O interferômetro de Michelson é a configuração mais básica para a interferência de duas ondas.

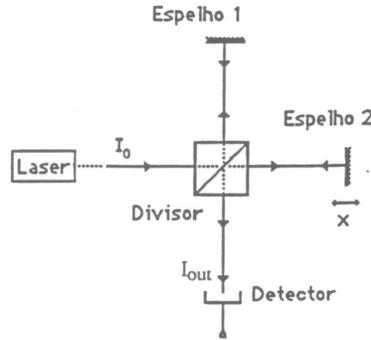


Figura 1: Esquema de um interferômetro de Michelson

A visibilidade é uma medida quantitativa da qualidade das franjas obtidas devido à interferência, e é dada pela seguinte expressão

$$V = \frac{I_{máx} - I_{min}}{I_{máx} + I_{min}} \quad (1)$$

onde $I_{máx}$ e I_{min} representam as irradiâncias que correspondem a máximos e mínimos seguidos do padrão de franjas.

A visibilidade também pode ser expressa como função do grau de coerência, $\tilde{\gamma}_{12}$, e I_1 e I_2 são as irradiâncias/potências ópticas nos dois braços do interferômetro

$$V = \frac{2\sqrt{I_1 I_2}}{I_1 + I_2} |\tilde{\gamma}_{12}| \quad (2)$$

Como no caso do interferômetro de Michelson $I_1 = I_2$, pode-se escrever a visibilidade como

$$V = |\tilde{\gamma}_{12}| \quad (3)$$

sendo que $0 \leq |\tilde{\gamma}_{12}| \leq 1$.

Na referêncica [1], define-se a densidade normalizada de potência espectral, $I(\nu)$, como a transformada de Fourier de $\tilde{\gamma}_{12}$:

$$\mathcal{F}[\tilde{\gamma}_{12}] = I(\nu) \quad (4)$$

A visibilidade também pode ser obtida pela transformada de Fourier inversa de $I(\nu)$:

$$V = \mathcal{F}^{-1}[I(\nu)] = |\tilde{\gamma}_{12}| \quad (5)$$

Resultados experimentais

Montagem experimental

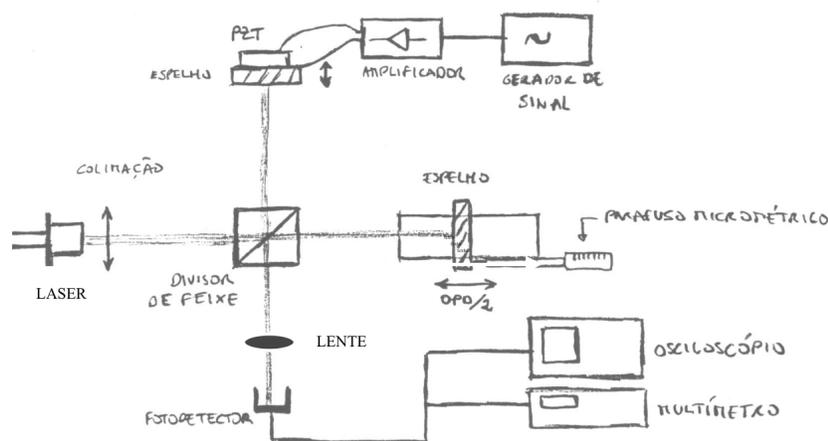


Figura 2: Montagem experimental para medição da visibilidade

Inicialmente utilizou-se um material piezoelétrico que tinha como objectivo provocar vibrações no espelho de modo a ter-se a passagem de uma franja para outra. Para tal aplicou-se um sinal sinusoidal de amplitude $150V$ e frequência $1KHz$, mas verificou-se que a amplitude não era suficiente para fazer a passagem de um mínimo para um máximo. Então provocou-se vibrações batendo ligeiramente na mesa óptica onde a experiência estava montada.

A lente provoca uma ampliação do padrão das franjas de modo a que o fotodetector, que tem uma área pequena, consiga ser abrangido apenas por um máximo ou mínimo, de forma a não integrar máximos/mínimos. Outro cuidado que se teve, foi a área escolhida no padrão das franjas onde se colocou o fotodetector. Devido ao alinhamento dos feixes não ser perfeito, o que acontece é que se nota no padrão de franjas, que a visibilidade varia dependendo da zona.

A carruagem usada tem um comprimento de $(25 \pm 0,05)mm$.

O laser utilizado inicialmente não apresentou os melhores resultados (ver Anexos e Conclusão) e conseqüentemente mudou-se de laser.

1. Depois da montagem estar feita, colocou-se uma folha branca entre o fotodetector e a lente e observou-se o seguinte:
 - variando o caminho óptico (através do parafuso micrométrico) verificou-se que para certas distâncias o padrão das franjas tornava-se mais nítido
 - a nitidez era mais presente na parte central do padrão das franjas, sendo que nas bordas as franjas eram mais desfocadas.
2. Retirando a folha, e usando o osciloscópio identificou-se o máximo para o qual a distância entre os espelhos ao divisor de feixe era aproximadamente a mesma. A partir deste máximo, variou-se novamente o caminho óptico e retirou-se os valores de potência óptica $I_{máx}$ e I_{min} do osciloscópio. Usando a expressão (1) construiu-se o seguinte gráfico:

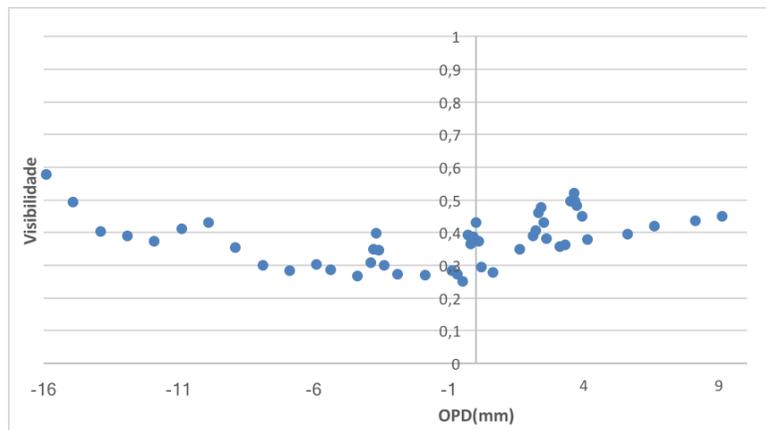


Figura 3: Gráfico da visibilidade em função do deslocamento ao máximo principal

Na carruagem, $15,9\text{mm}$ corresponde à distância para a qual os espelhos se encontram igualmente afastados do prisma, sendo esta também correspondente ao máximo centrado no eixo da visibilidade no gráfico da figura 3.

3. Usando o OSA, mediu-se o espectro de potência do laser.

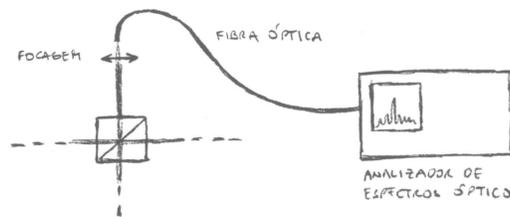


Figura 4: Montagem experimental para medição do espectro

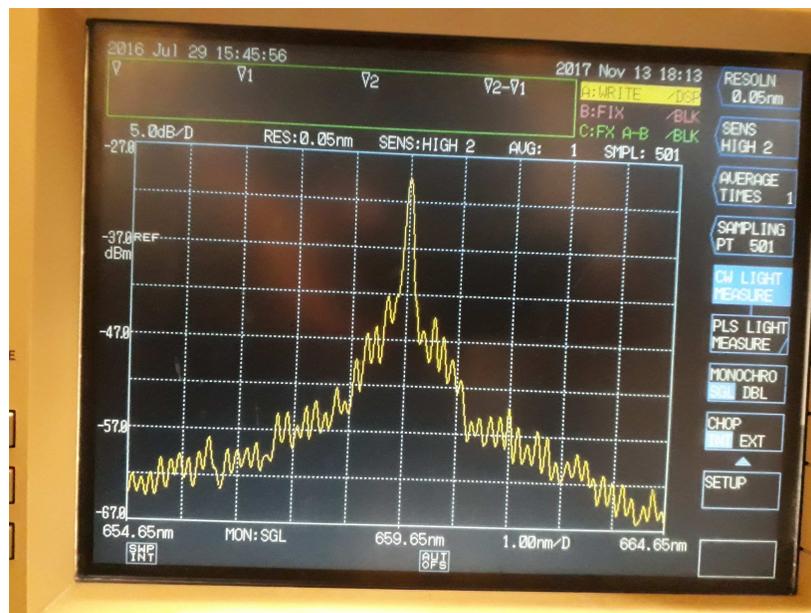


Figura 5: Espectro de potência medido no OSA

Nesta última parte, para se conseguir um obter o espectro de potência real do laser, fez-se incidir o seu feixe numa fibra óptica e ligou-se a fibra diretamente ao OSA. Desta forma garante-se que toda a luz do feixe incide no OSA, pois caso apenas apontássemos o laser para a cavidade do OSA, parte da luz seria perdida ao entrar na cavidade e a resolução que obteríamos no OSA não corresponderia à resolução real.

Discussão e Conclusão

Em relação ao primeiro laser:

- O gráfico da figura 6 (ver Anexos) indica-nos que a coerência desse laser

é muito superior ao comprimento da carruagem usada ($2,5\text{cm}$), sendo o que está representado no gráfico é a “ponta” do máximo da visibilidade. A coerência deste laser deverá ter uma ordem de grandeza superior a cm .

Em relação ao segundo laser:

- No gráfico da figura 3, a região que apresenta maior visibilidade é para um $OPD = -16\text{mm}$, que é algo que não seria esperado porque é a região correspondente ao início da carruagem micrométrica, ou seja, nesta posição a distância dos espelhos ao prisma é bastante diferente. Esta anomalia pode ter sido causada pelo facto de a visibilidade depender também do alinhamento dos feixes, o que significa que quando os feixes se sobrepõem na totalidade a visibilidade é maior e quando os feixes apenas se sobrepõem parcialmente a visibilidade é menor. Neste caso o que pode ter acontecido é que para as medições feitas quer no início quer no fim da carruagem, os feixes estivessem melhor alinhados
- Os quatro máximos no gráfico da figura 3 têm sensivelmente a mesma visibilidade. Entre estes máximos há uma variação de visibilidade de cerca de 0,1. O facto de a visibilidade ser praticamente constante para os máximos centrais é uma característica de um laser multimodo
- O espectro de potência é típico de um laser multimodo
- Através do espectro de potência, retira-se que o comprimento de onda do laser é de $659,65\text{nm}$.

Concluí-se que o primeiro laser é muito mais coerente que o segundo.

Por último, é importante notar que utilizando o espectro de potência da figura 5 poderia ter sido feita a Transformada de Fourier inversa, equação 5, e o que se obteria era um gráfico de $|\tilde{\gamma}_{12}|$ em função de OPD, sendo que $|\tilde{\gamma}_{12}|$ é igual à visibilidade no caso do interferómetro de Michelson. Isto não foi feito porque envolvia a criação de um programa computacional avançado. Posteriormente, poderia ser feita a comparação entre o gráfico da figura 3 obtido experimentalmente e o gráfico obtido pela Transformada de Fourier inversa.

Referências

- [1] Documento de Laboratórios Avançados I- *Estudo da coerência de um diodo laser usando um interferómetro de Michelson-Implicações da estrutura multimodal*, 2017.
- [2] HECHT, Eugene (2012) *Óptica*, 3ª edição: Fundação Calouste Gulbenkian.

Anexos

Na experiência do o primeiro laser obteve-se o seguinte gráfico de visibilidade:

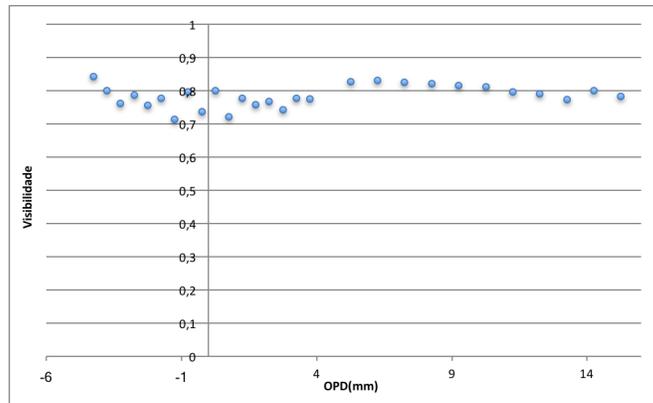


Figura 6: Gráfico da visibilidade em função do deslocamento ao máximo principal

Obteve-se uma curva muito aproximada de uma reta horizontal e nem sequer se conseguiu obter um mínimo na visibilidade nem distinguir um máximo.