

Relatório Pré - Final I F 530:

Princípios Experimentais de tomografia de coerência óptica



Aluna: Maira Lavalhegas Hallack

Orientador: Prof. José Joaquin Lunazzi

Campinas

21 de janeiro de 2015

INTRODUÇÃO

O método de tomografia de coerência ótica (OCT) tem sido estudado desde 1987 (Leith-Kuei), se baseia em princípios óticos holográficos de dois feixes[1]. A coerência é a capacidade de fazer interferência da fonte, podendo ser essa espacial, expansão da fonte ou temporal, que está relacionado a frequência e a largura de banda da fonte.

Devido ao método utilizar princípios de interferência escolhemos o interferômetro de Michelson, pois envolve princípios [Figura 1] e uma montagem simples.[2] Com isso, delimitamos o tipo de coerência da fonte que estaremos trabalhando, no caso, será a temporal, pois não há expansão da fonte, visto que o estudo é feito com um laser monocromático vermelho de 50 mW.

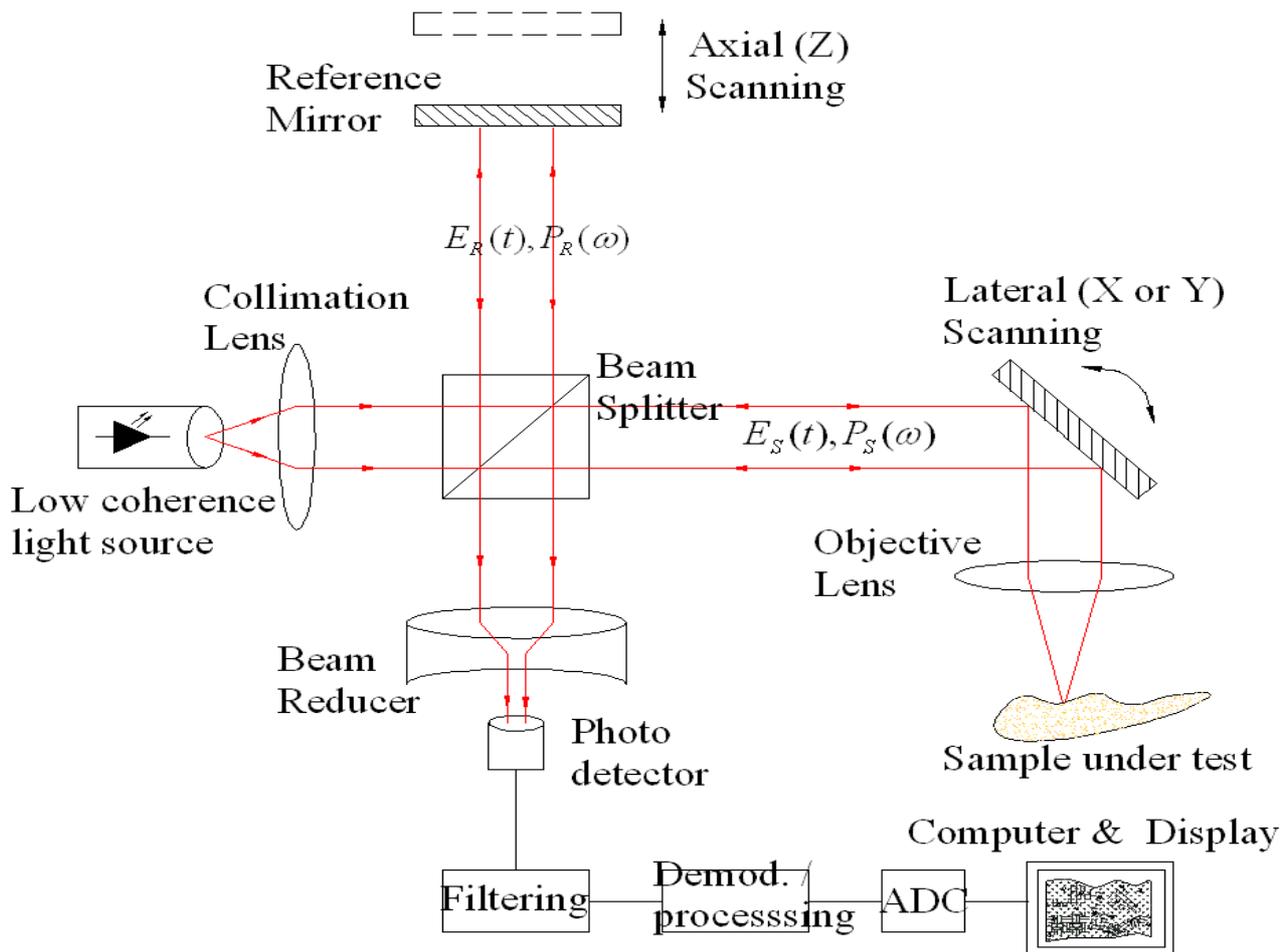


Figura 1: Esquema de como funciona o TCO de uma onda. [3]

A escolha do laser foi porque o vermelho tem fator de coerência menor que o laser verde. Com isso, poderíamos trabalhar com o interferômetro de Michelson sem necessitar do vidro compensatório. Ou seja, com este laser poderíamos trabalhar com a expressão:

Enquanto, laser de coerência maior seria necessário colocar um vidro compensatório, devido aos caminhos entre o espelho frontal e lateral (com relação ao feixe emitido do laser) não serem iguais e variarem com o comprimento de onda. O feixe que vai para o espelho lateral percorre duas vezes a mais dentro do divisor de feixe que o feixe que vai para o espelho frontal.

INTERFERÔMETRO DE MICHELSON

Na figura 2, fizemos um esquema das trajetórias dos feixes e de como ocorrem a interferência:

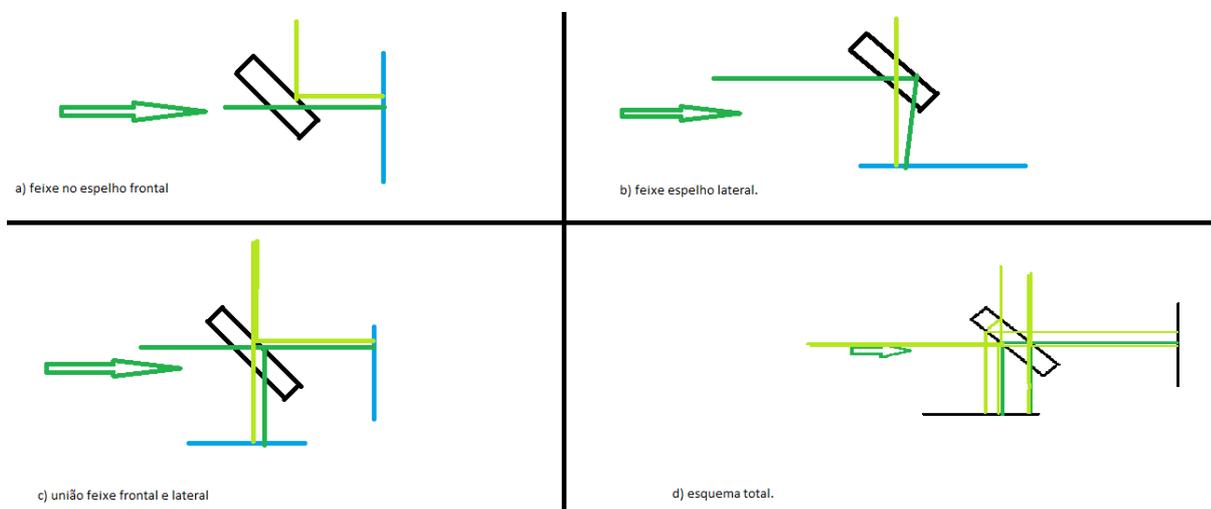


Figura 2: Esquema a) feixe refletido espelho frontal, b) feixe refletido espelho lateral, c) união do feixe refletido pelo espelho frontal e lateral e d) das redes de interferência além da principal.

Fizemos alguns cálculos (abaixo) sobre a intensidade luminosa, notamos uma relação quadrática entre o feixe principal do espelho lateral e frontal.

$$I = T^2 R_F R + T^2 R R_L T^2 \quad [1]$$

Sendo I a intensidade luminosa no anel com amplitude máxima, T e R são, respectivamente, a transmissão, refração do divisor de feixes. R_F a reflexão do espelho frontal e R_L a reflexão do espelho lateral. Contudo, a equação 1 é válida, se e somente se, os valores de transmissão e reflexão das duas superfícies do divisor de feixe forem iguais, o que não ocorre com o caso de vidros. Sendo assim, temos:

$$I = T_1 T_2 R_f R_1 + T_1^2 R_2 R_L T_2^2 \quad [2]$$

Sendo R_2 e T_2 , respectivamente, a reflexão e transmissão na segunda superfície do divisor de feixe, a partir do laser, e R_1 e T_1 , na primeira superfície. Também, sabemos que:

$$T_1 + R_1 + A_1 = 1 \quad [3]$$

Com A_1 , absorção na primeira superfície do divisor, supondo que ela seja 0,2, valor da absorção para o vidro. Ficamos:

$$T_1 + R_1 = 0,8 \quad [4]$$

Para segunda superfície, com A_2 sendo a absorção na segunda superfície, temos:

$$T_2 + R_2 + A_2 = 1 \quad [5]$$

Novamente, considerando a absorção da superfície como 0,2:

$$T_2 + R_2 = 0,8 \quad [6]$$

Para que ocorra o contraste entre os anéis de intensidade máxima e mínima, é necessário que:

$$R_1 \approx R_2 (0,8 - R_1) (0,8 - R_2) \quad [7]$$

Embora não tenhamos suposto valores para R_1 , observamos que ao assumirmos valores para R_2 entre 0,7 e 0,1, a maior intensidade, I , maior nitidez entre as franjas claras e escuras, é quando R_2 vale 0,4. Além da nitidez, a intensidade está relacionada à energia e com o comprimento de onda, assim um laser vermelho tem diferente comprimento de onda de um laser verde, com isso, compreendemos também a diferença na coerência dos laser.

Por outro lado temos:

$$I_t = I_1 + I_2 + \sqrt{4I_1I_2} \cos\left(\frac{2\pi\delta L}{\lambda}\right) \quad [8]$$

Sendo I_1 e I_2 , respectivamente, a intensidade dos feixes refletidos pelos espelhos do interferômetro. E, λ o comprimento de onda emitido pela fonte inicial (laser). E,

$$\delta L = L_2 - L_1 \quad [9]$$

Sendo que para ocorrer à interferência dos feixes, com maior I_t , independe da intensidade dos feixes refletidos, precisamos que:

$$\cos\left(\frac{2\pi\delta L}{\lambda}\right) = 0 \quad [10]$$

Para isso, a equação [9] tem que tender à zero.

Com isso, obteríamos o valor nulo da distância entre as placas e o divisor de feixes da formação dos anéis de Newton. Logo, com base na equação [9] e [10] e com o esquema temos:

$$L_1 = L_2 = L + ne \quad [11]$$

Onde, L é a distância entre o espelho lateral com relação ao laser e o divisor de feixe, n é o índice de refração do divisor de feixes e "e" a espessura dele.

OBJETIVO

Fazer a leitura de uma imagem através de meio difusor via o interferômetro de Michelson, utilizando os princípios da Tomografia Óptica de Coerência (OCT), técnica muito aplicada na pesquisa atual em medicina para ver através da pele em retina e artérias, p.ex.

MÉTODO

Utilizamos o interferômetro de Michelson convencional [Figura 3], construído e emprestado pelo professor Nagai, no qual o movimento dos espelhos possui uma

precisão de 0,01 mm. O mesmo não continha fonte luminosa, tampouco, a lâmina compensatória para dispersão de comprimentos de onda.

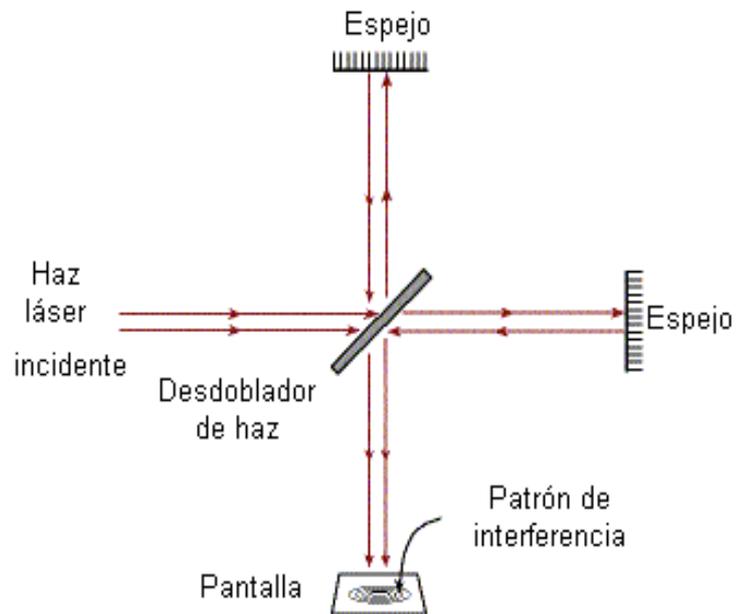


Figura 3: Esquema do Interferômetro de Michelson [4]

Primeiro, tentamos encontrar alguma lente que pudesse ser posta como compensatória, mas das três opções que tínhamos [tabela 1], todas tinham pouca reflexão, não servindo ao nosso objetivo, necessitaria que estas tivessem pelo menos 20% de reflexão.

	Transmissão	Reflexão
Placa 1	21%	5%
Placa 2	17%	5%
Placa 3	16%	5%

Tabela 1: Transmissão e reflexão de possíveis placas compensatórias que utilizaríamos no interferômetro.

Com isso, tivemos que buscar uma nova solução. Então, o professor Lunazzi, lembrou-se de outros trabalhos [5] que havia realizado onde trabalhava com um laser de 50 mW vermelho, com menor coerência que os lasers de comprimento de onda verde. Então, passamos a fazer um estudo sobre o laser vermelho com vidros com diferentes espessuras [tabela 2].

Espessura placa de vidro [e (mm)]	Duas vezes o índice de refração pela espessura da lâmina – quantidade que é refratada neste experimento (3e)	Formou anéis com laser de 50mW vermelho
2,4	7,2	não
4,8	14,4	não
6,3	18,9	sim
9,0	27,0	não
12,6	34,8	sim
19,0	57,0	não
24,0	72,0	não
25,2	75,6	sim
30	90	não

Com base nestes dados, comprovamos a nossa ideia de poder utilizar este tipo de laser com menor coerência no interferômetro sem necessitar a da lente compensatória. Na figura 3, observamos os anéis que conseguimos com a espessura inicial de placa de 6,3 mm e, experimentando observamos que os múltiplos desta espessura até conseguimos anéis 25,2 mm.

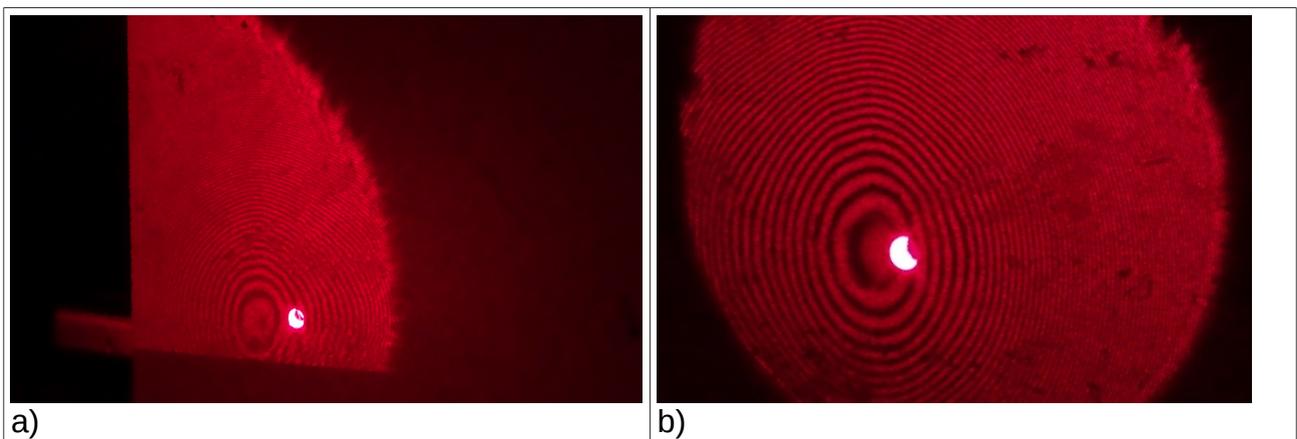


Figura 4: Anéis formados com lâminas de vidro a) de 6,3 mm e b) de 25,2 mm.

Conhecendo estes valores que obtivemos anéis, poderíamos saber o tamanho da

largura de banda – cavidade – do laser.

Com estas informações, pudemos começar a trabalhar com o laser no interferômetro.

INTERFERÔMETRO

Primeiro, verificamos se conseguíamos formar os anéis. Depois, medimos com um laser de 5 mW (laser caneta) onde estaria a parte refletora do divisor de feixe, ou seja, apontamos com o laser de maneira tangencial para o divisor de feixe e, onde o feixe fosse dividido estaria o elemento refletor do divisor de feixe. No nosso caso, a parte refletora estava do lado da superfície mais próxima do laser.

Depois, medimos a distância zero entre os espelhos e o divisor de feixe. Ou seja, no ponto que os anéis de Newton estivessem com o maior diâmetro possível, ou seja, quando aumentasse a distância do divisor e o diâmetro decrescia e o mesmo ocorresse se diminuísse esta distância. Para sabermos aproximadamente este valor, aplicamos a equação [11] e obtivemos:

$$L_1 = L + 6 \cdot \lambda \quad [12]$$

Sendo que o comprimento está em milímetros, devido a precisão que temos do interferômetro.

Contudo, experimentalmente, obtivemos L_1 , 142 mm e L , 140 mm.

Na frente de um espelho, no valor nulo, colocamos um difusor e movimentamos para tentarmos encontrar franjas de interferência, não mais anéis, devido ao efeito do difusor.

RESULTADOS:

Ainda não conseguimos, imagens com o interferômetro, portanto ainda não fizemos registros holográficos. Também, nos propomos a fazer um olho de gato no interferômetro que temos utilizado, para ter um ajuste de espelho mais preciso.

Os resultados que obtivemos com laser no estudo do vidro e da largura de banda encontrado, não foram compatíveis. Pois, a nossa largura de banda total foi de 10 mm, ou seja, desde que os anéis começam a aparecer até desaparecem, pelo parafuso regulador do espelho movimentá-lo-emos 10 mm. Pela tabela 2, observamos que em dois casos a diferença da espessura da placa de vidro que ocorreram e não ocorreram anéis, 14,4 mm (não) do 18,7 mm (sim) e, do 72,0 mm (não) do 75,6 mm(sim), são menores que 10 mm,

logo, por estes dados nosso comprimento de coerência é de 4,3 mm e 3,6 mm, no primeiro e segundo caso, respectivamente.

Outro ponto, que nos chamou a atenção, foi que no interferômetro os anéis de Newton serem elípticos e não esféricos como esperávamos, nossa hipótese é que resulta da geometria retangular da saída da cavidade emissora. Também, observamos que no ponto zero diferente do que nos consta na (A COMPLETAR)

Comentário do Orientador

O trabalho iniciou muito bem e está resgatando e atualizando um interferômetro de Michelson fabricado por professor do IFGW em sua microempresa. Já está mostrando propriedades de coerência parcial reduzida e pretendemos chegar a utilizar com luz branca, e a visualizar figuras através de um difusor.

Referências Bibliográficas

- [1] CUNHA, A., LEITH, E. Generalized one-way phase conjugation systems. In Optic Society of America, 1989, vol 6, nº 10. (disponível: http://www.opticsinfobase.org/view_article.cfm?gotourl=http%3A%2F%2Fwww.opticsinfobase.org%2FDirectPDFAccess%2F7AFE0438-E44D-77B4-E733AEFA72B731D8_5551%2Fjosab-6-10-1803.pdf%3Fda%3D1%26id%3D5551%26seq%3D0%26obile%3Dno&org=Universidade%20Estadual%20de%20Campinas%20Biblioteca%20Central)
- [2] COSTA, D.S., SILVA, T. A., LUNAZZI, J.J.; Relatório Final IV: Interferência. (disponível: http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F895/index.htm)
- [3] Disponível em: http://en.wikipedia.org/wiki/Optical_coherence_tomography (acessado em: 2/12/2014 às 16h45)
- [4] Arieli, R. "The Laser Adventure" Chapter 10 Section 0, page 4 tradução por: Versión en español por A. Requena, C.Cruz, A. Bastida y J. Zúñiga. Universidad de Murcia. Spain. In: <http://www.um.es/LEQ/laser/Ch-10/F10s0p4.htm> (acessado em: 2/12/2014 às 17h)
- [5] http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F895/index.htm