



Instrumentação, Aquisição e Processamento de Sinais para Medições de Engenharia

Prof. Luiz Augusto C. Moniz de Aragão Filho – Maj QEM

Unidade IV: Sistemas ópticos de medição

Referências

Instrumentação e Fundamentos de Medidas

Balbinot, A., Brusamarello, V.J., 2010, Vol. I e II, 2ª Ed., Ed. LTC.

Optical Fiber Sensors Guide – Micron Optics

<http://www.micronoptics.com/uploads/library/documents/Micron%20Optics%20Optical%20Sensing%20Guide.pdf>

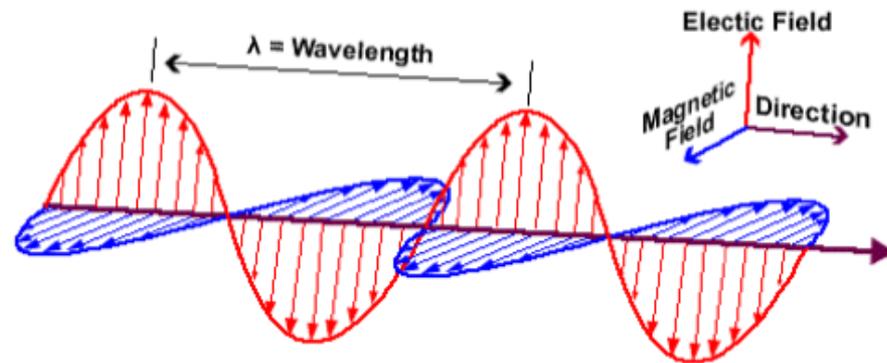
Fundamentos de detecção Óptica (FBG) – National Instruments

<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/13466>

Sistemas ópticos de medição

Um sistema de medição baseado em radiação eletromagnética normalmente utiliza a alteração de uma das seguintes propriedades:

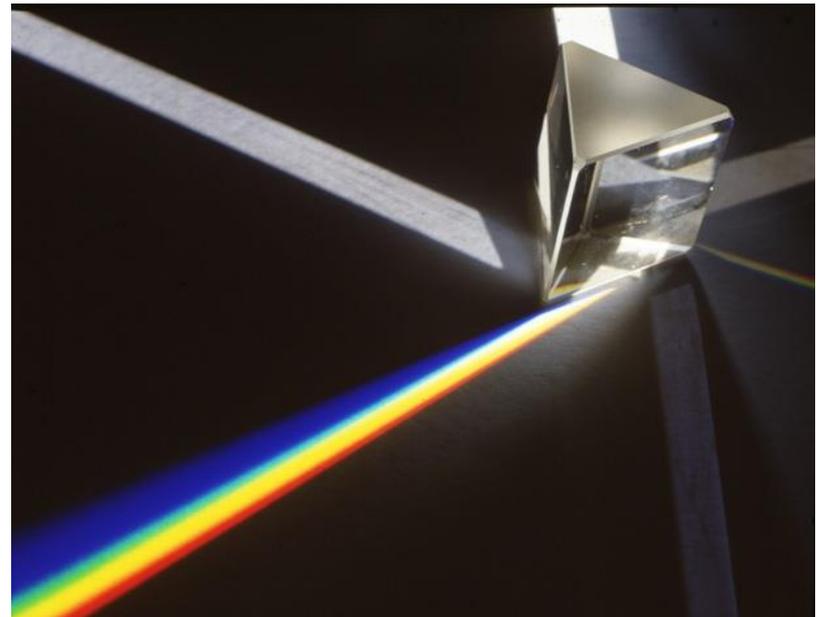
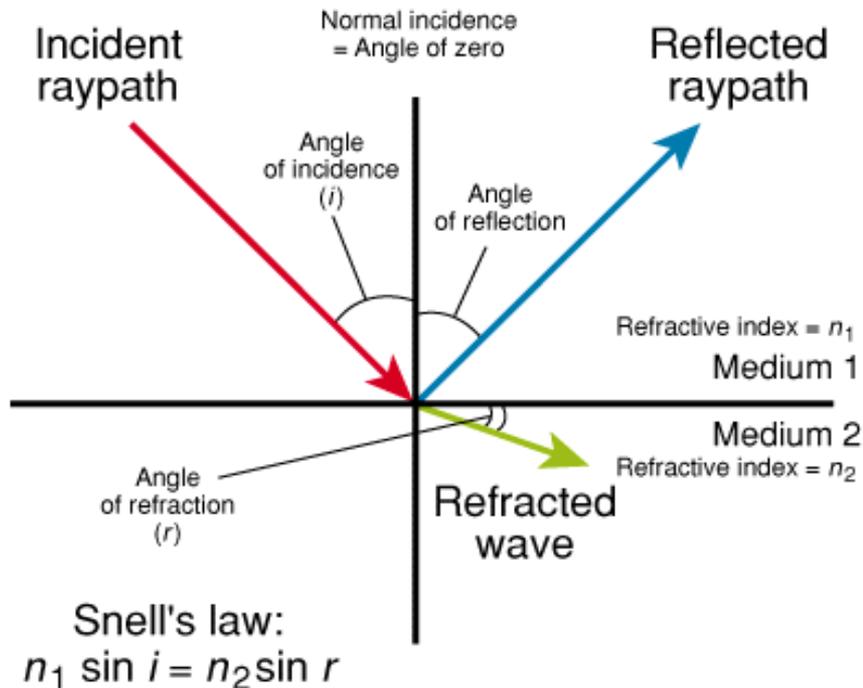
- intensidade;
- fase;
- posição espacial;
- frequência.



Sistemas ópticos de medição

Princípios Básicos:

- radiação eletromagnética: $\lambda \cdot f = c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- reflexão e refração:

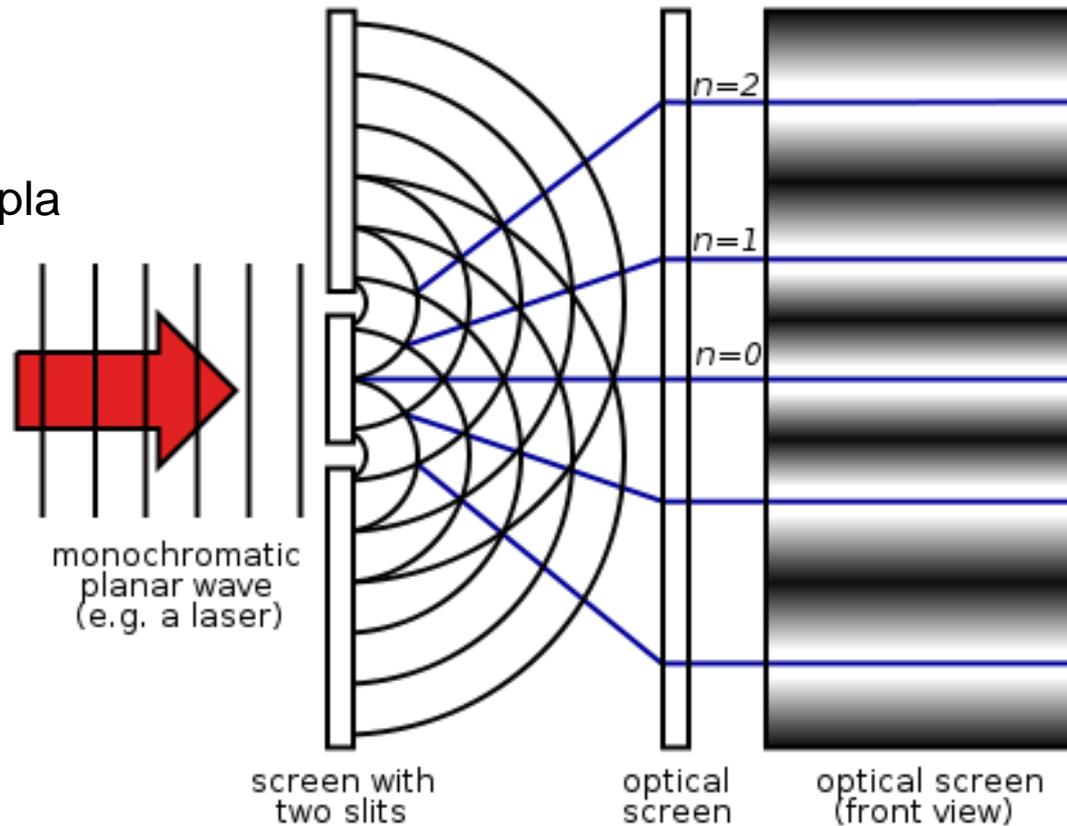


Sistemas ópticos de medição

Princípios Básicos:

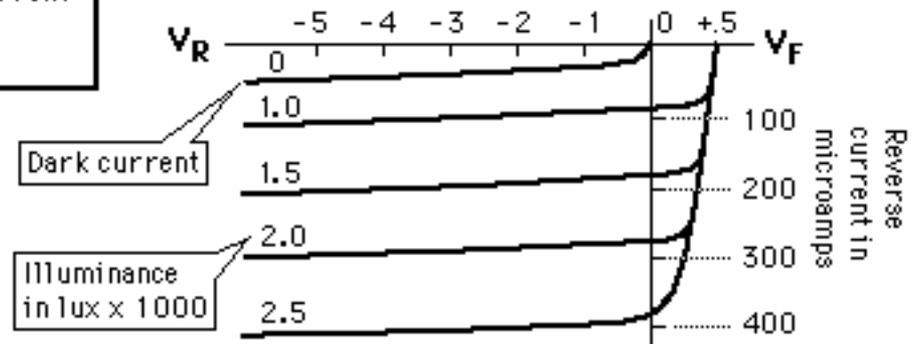
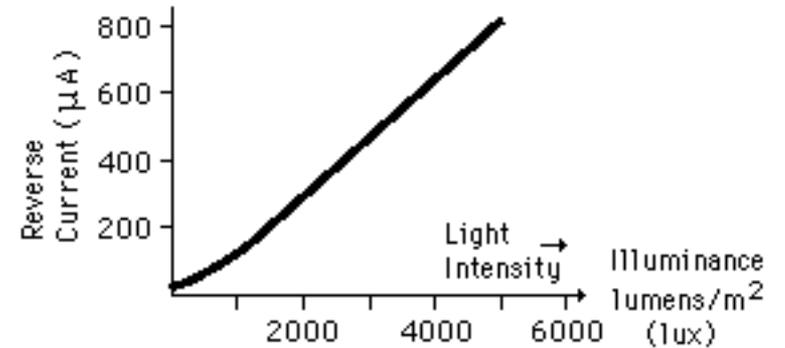
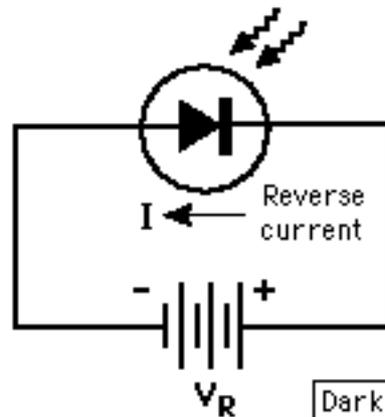
- interferência e difração;

experiência da dupla
fenda de Young:



Medição baseada na **intensidade**

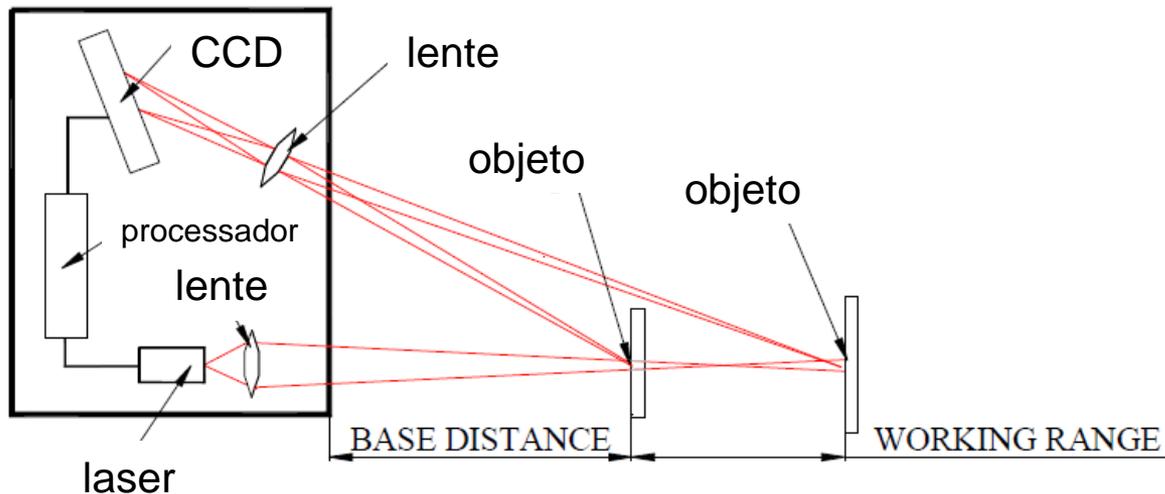
Deve-se à resposta direta às variações de intensidade luminosa proporcionada por detectores ópticos (**fotodiodos**):



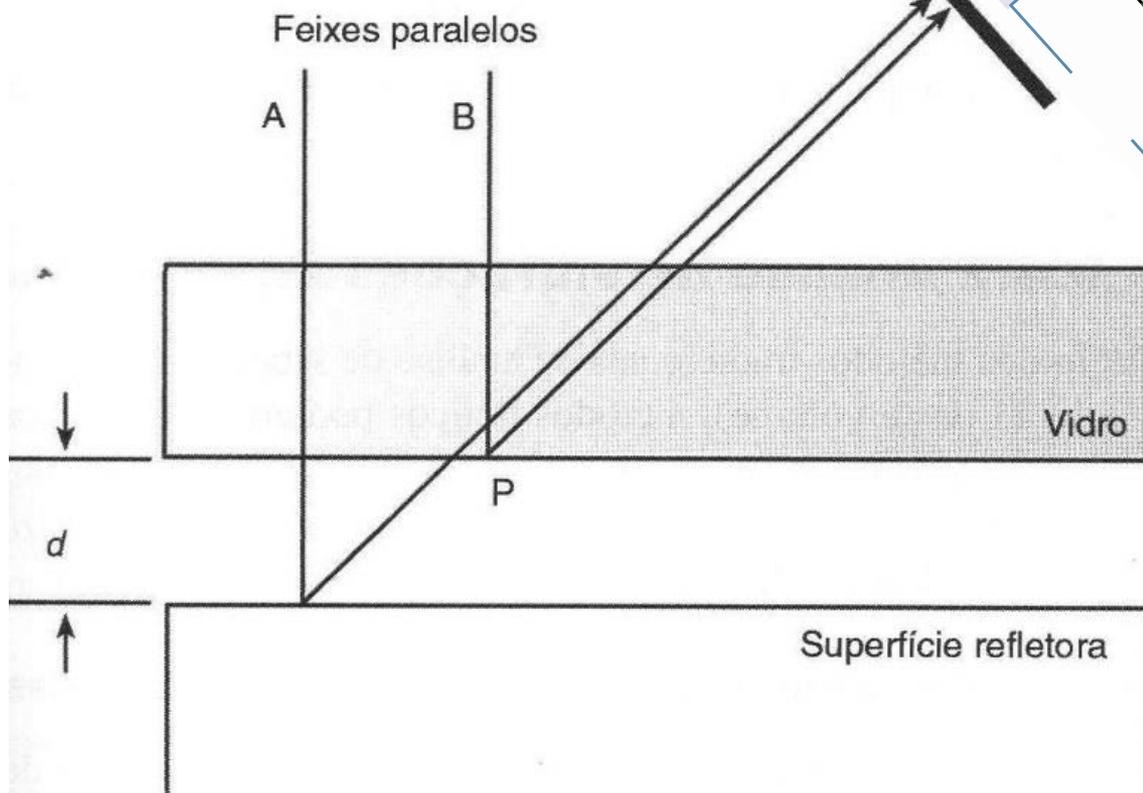
Medição baseada na **posição**



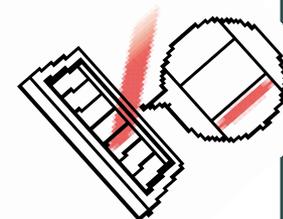
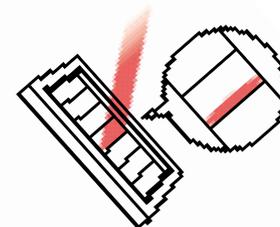
- Princípio de medição baseado na alteração da posição espacial;
- Conhecida também por triangulação ótica;
- Fonte luminosa de alta intensidade e detector CCD:



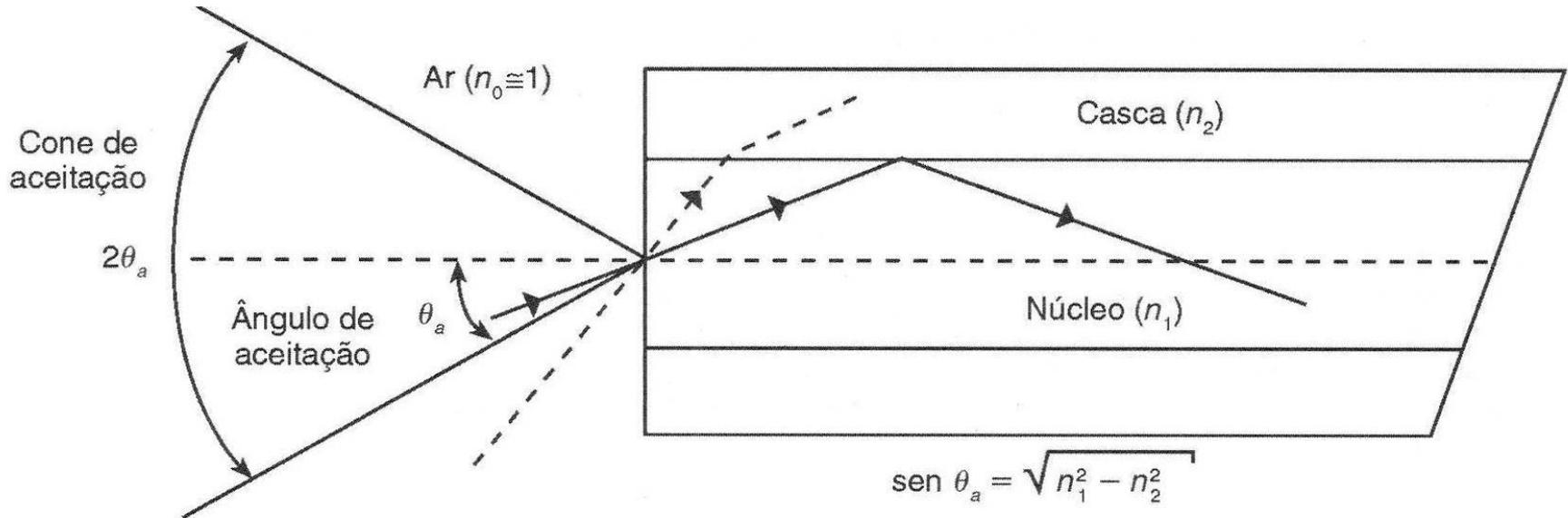
Medição baseada na **posição**



Reflection
CCD
Output of a normal CCD



Fibras óticas

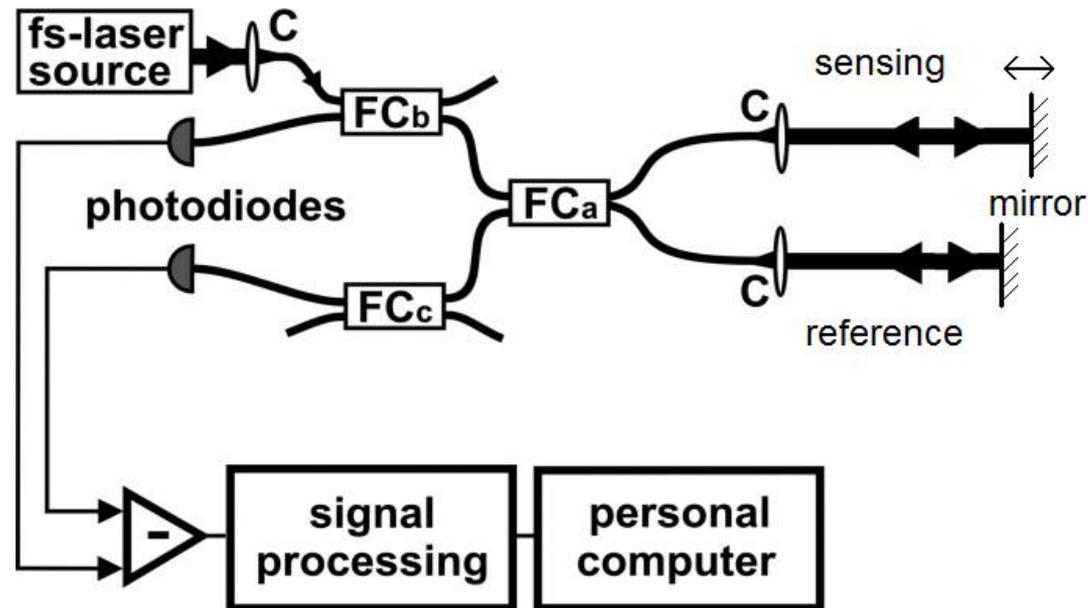


Fibra ótica: núcleo central cilíndrico encapsulado por um material com menor índice de refração (casca).

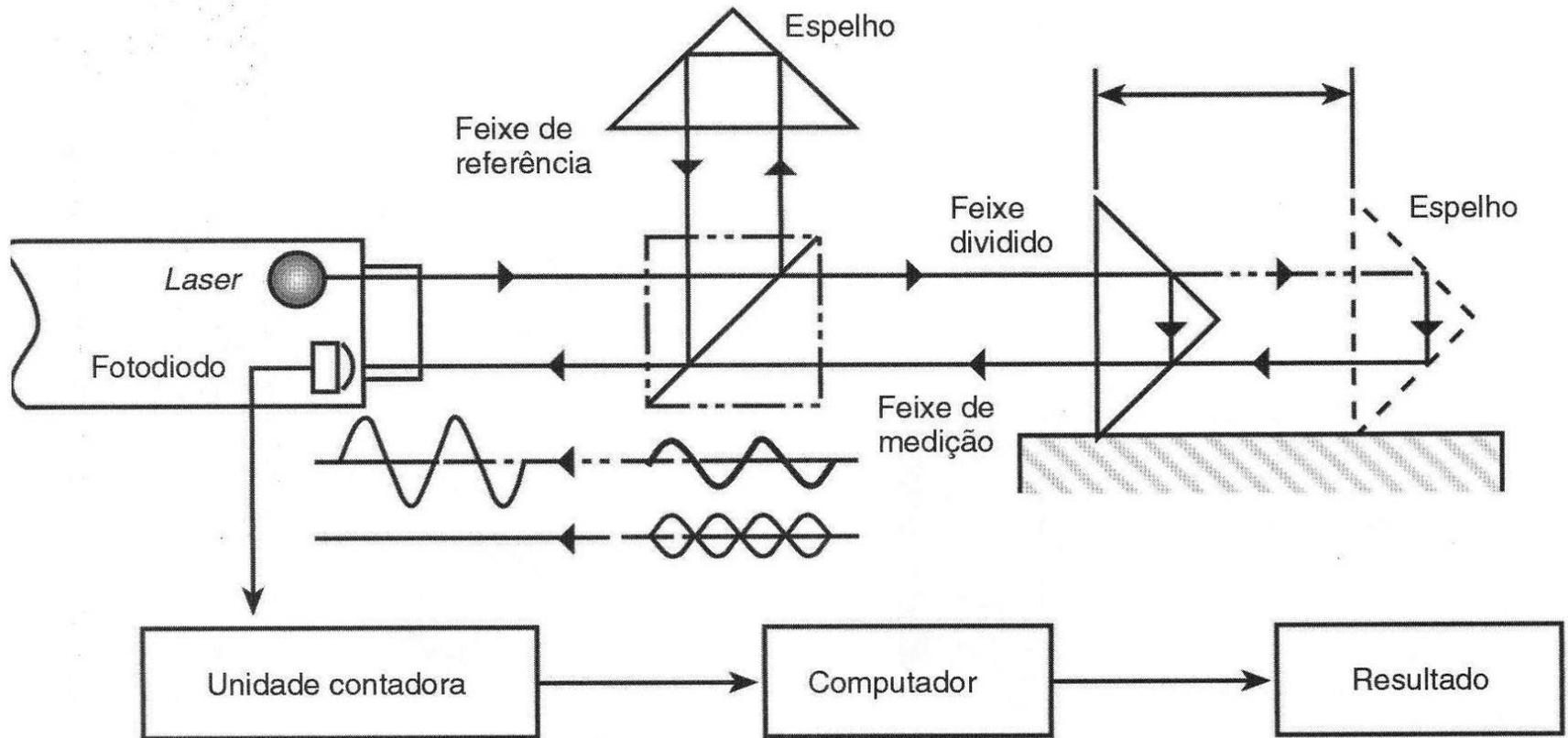
Medição baseada na **fase**

- Variação do caminho óptico, e portanto da fase do feixe de luz de comprimento de onda limitado;
- Os fotodetectores não respondem diretamente à variação de fase, sendo necessário convertê-la para uma variação de intensidade através de um interferômetro:

Interferômetro
de Michelson:

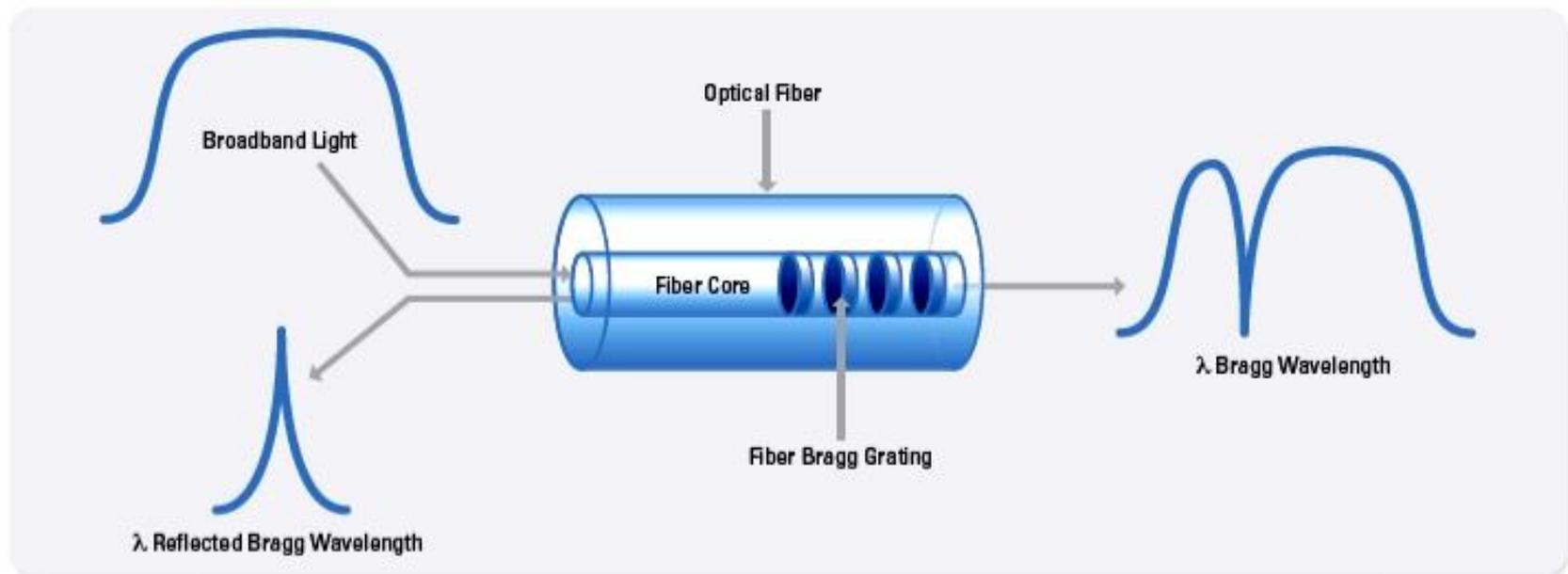


Medição baseada na fase



Medição baseada na frequência ou comprimento de onda

- a partir da frequência refletida obtém-se medidas de engenharia;
- exemplo: Fiber Bragg gratings (FBGs), ou fibra óptica com redes de Bragg;

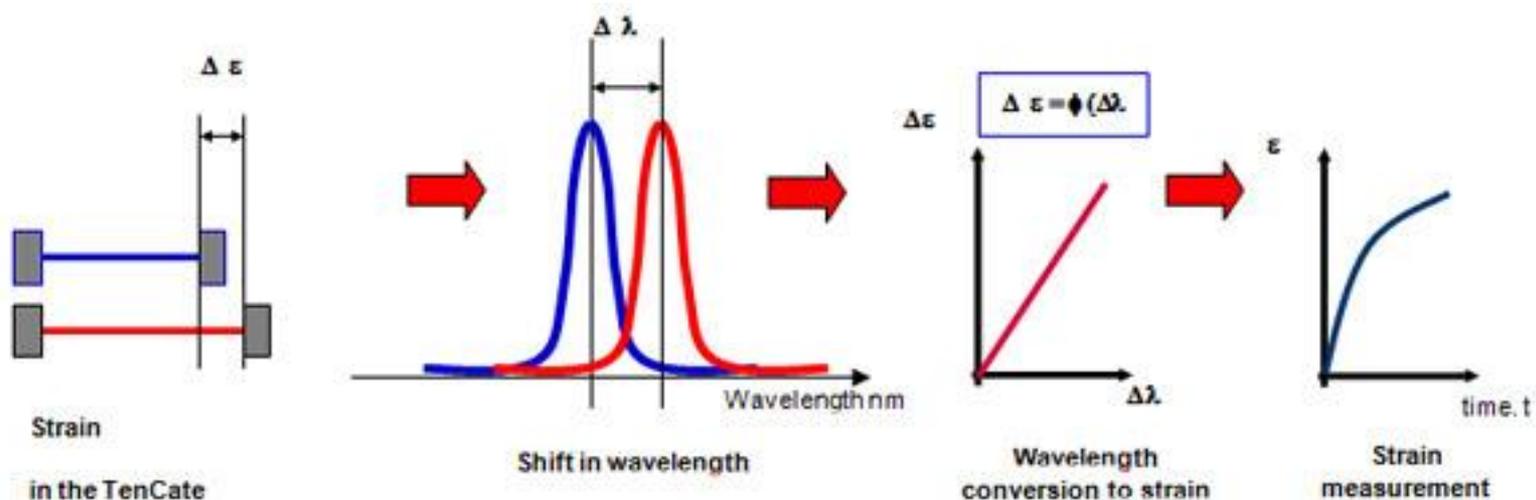


Quando um determinado espectro de feixes luminosos é enviado para uma FBG, ocorre o reflexo de uma frequência específica da luz enquanto todas as outras são transmitidas.

Medição baseada na frequência ou comprimento de onda

Sensores Ópticos Extrínsecos (híbridos) usam a fibra apenas como um meio para transmitir luz ao sensor, enquanto Sensores Ópticos Intrínsecos fazem o uso da fibra óptica como o elemento sensor.

Os sensores intrínsecos de *Fiber Bragg Grating* (FBG) refletem um comprimento de onda da luz que pode sofrer variações em resposta a variações de temperatura e/ou deformação:



Medição baseada na frequência ou comprimento de onda

A mudança de comprimento de onda de um FBG devido à deformação elástica ou aumento de temperatura pode ser descrita pela equação:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = (1 - p_e) * \varepsilon + (\alpha_A + \alpha_n) * \Delta T$$

Onde:

$\Delta\lambda$ é a mudança de comprimento de onda;

λ_0 é o comprimento inicial da onda;

p_e é o coeficiente de deformação óptica;

ε é a deformação elástica sofrida pela grade;

α_A é o coeficiente da expansão térmica, que descreve a expansão da grade devido à temperatura

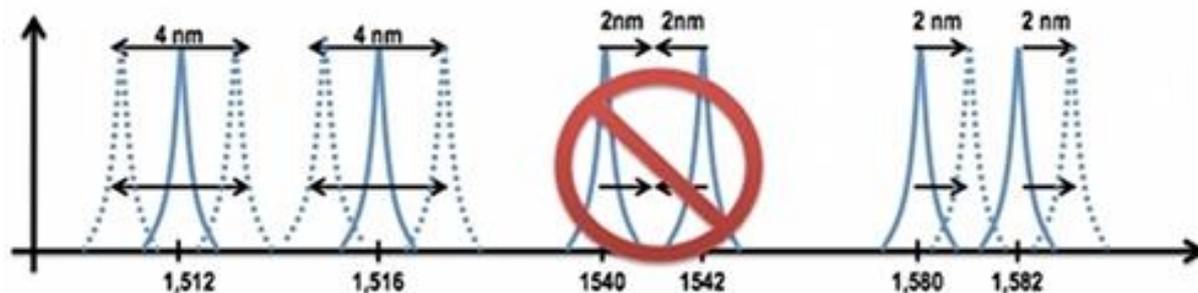
α_n é o coeficiente termo-óptico, que descreve a mudança no índice de refração da fibra devido à temperatura;

Medição baseada na frequência ou comprimento de onda

Para escrever em FBGs com comprimentos de onda Bragg únicos, usa-se a técnica WDM (*Wavelength Division Multiplexing*).

O WDM fornece para cada sensor FBG uma faixa de comprimento de onda dentro do espectro da luz.

Devido à natureza do comprimento de onda Bragg, as medições do sensor permanecem precisas, mesmo com as perdas de intensidade da luz ou por atenuações devido à transmissão da luz.



O número de sensores que podem ser incorporados em uma única fibra depende da faixa de operação e do comprimento de onda de cada sensor e do comprimento de onda total disponível do interrogador.