

Caracterização e aplicação de chip interrogador de FBG

Bolsista Claudécir Ricardo Biazoli (CTI) cbiazoli@cti.gov.br

Resumo

Desenvolvemos um sistema completo de detecção de sinal óptico, capaz de se integrar com sensores baseados em fibra óptica, e tecnologias de microfabricação e de produção de sistemas fotônicos, possibilitando um avanço no uso destes tipos de sensores. Existem hoje no mercado poucos interrogadores ópticos e os que existem possuem um valor extremamente elevado. Nosso chip interrogador é capaz de analisar espectralmente a resposta de sensores a fibra e com baixo custo de produção.

Palavras-chave: Fotônica, Sensores, Fibra Ótica e Microfabricação.

1. Introdução

Quase quarenta anos se passaram desde que o estudo dos sensores de fibra óptica começou. Várias ideias foram propostas e várias técnicas foram desenvolvidas. Até o momento, alguns tipos de sensores de fibra óptica foram comercializados, mas também é verdade que, entre as várias técnicas estudadas, apenas um número limitado de técnicas e aplicações tiveram sucesso comercial.

Sensores de fibra ótica têm vantagens como imunidade a interferência eletromagnética (EMI), peso leve, tamanho pequeno, alta sensibilidade, grande largura de banda e facilidade na transmissão do sinal de luz. No entanto, em muitos campos de aplicação, os sensores de fibra óptica devem competir com outras tecnologias bastante maduras, como medições eletrônicas. Para atrair usuários já acostumado a tais tecnologias maduras, a superioridade dos sensores de fibra óptica sobre outras técnicas precisa ser claramente demonstrado. Usuários típicos não estão interessados em técnicas específicas envolvidas na medição. Eles simplesmente desejam que os sistemas de sensores tenham bons desempenhos com preço razoável, exceto para usos mais específicos. Conseqüentemente, os sistemas de sensores com fibras ópticas devem estar disponíveis na forma de sistemas completos, incluindo a detecção e eletrônica de processamento de sinal. Mesmo com essas dificuldades, consideráveis esforços têm sido feitos para estudar sensores de fibra óptica, e alguns deles estão agora se aproximando da maturidade.

A principal alteração que torna a fibra óptica um sensor de Strain e Temperatura é a rede Bragg (FBG), que consiste em alterar o índice de refração do núcleo periodicamente com laser UV, desta forma um determinado comprimento de onda sofrerá reflexão, como podemos ver na figura 1.

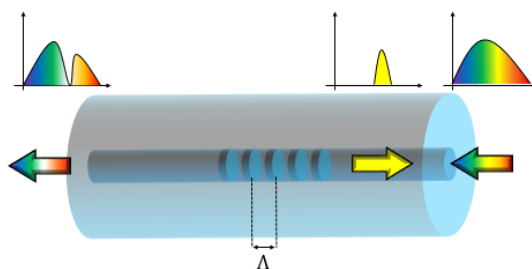


Figura 1 - Rede de Bragg

O comprimento de onda que sofrerá reflexão é dado pela equação abaixo, onde Λ é o período da sensibilização e n_{ef} é o índice de refração efetivo.

$$\lambda_B = 2n_{ef}\Lambda$$

Equação 1 - Comprimento de onda de Bragg

A posição espectral do comprimento de onda de Bragg é alterado por grandezas física como Strain e temperatura, desta forma sabendo sua posição espectral somos capazes e correlacionar com essas grandezas físicas, como podemos ver na figura 2 e 3.

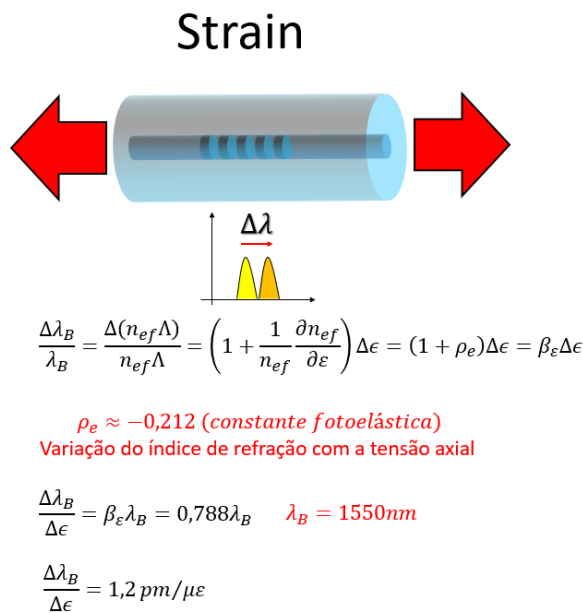


Figura 2 - Dependência do Strain

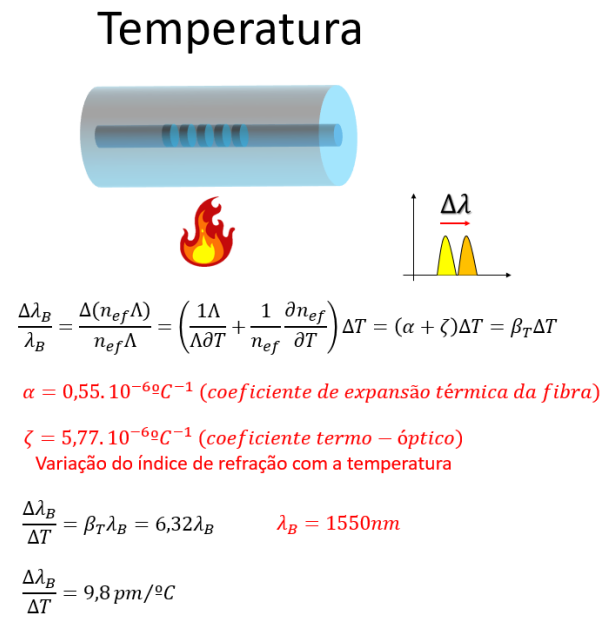


Figura 3 - Dependência da Temperatura

2. Resultados

2.1. Layout do chip e PCB

Este chip tem dimensões de 2,5 mm por 2,5 mm, como podemos ver na figura 4, este possui entrada óptica lateral, passa por um anel ressonador que será utilizado como filtro e criador de pulso óptico através da junção PN, depois temos um divisor que 50% irá para o fotodetector A e os outros 50% sairá do chip, após sofrer reflexão passará novamente pelo divisor e irá para o fotodetector C.

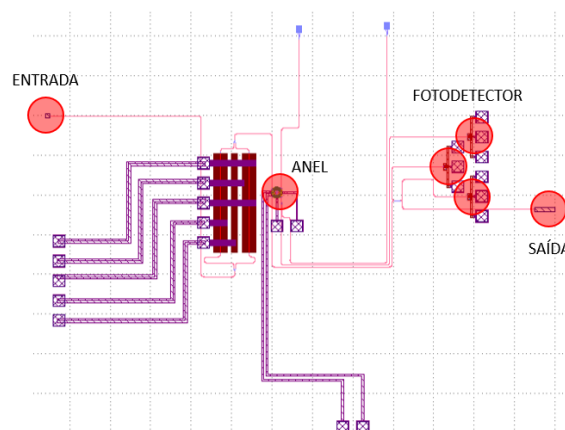


Figura 4 - Layout do chip

Para o funcionamento correto do chip desenvolvemos uma PCB para realizar soldas em wirebound como podemos ver na figura 5.

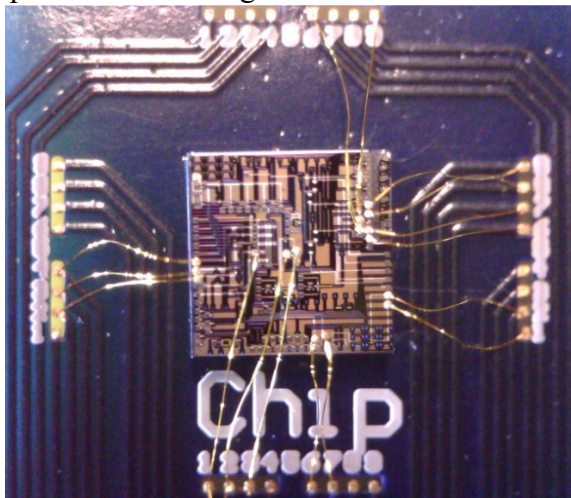


Figura 5 – Wirebound

2.2. Caracterização dos componentes

Inicialmente precisamos caracterizar a curva I versus V de todos os componentes para comprovar se a conexão está correta e estudar o seu comportamento, como podemos ver nas figuras abaixo.

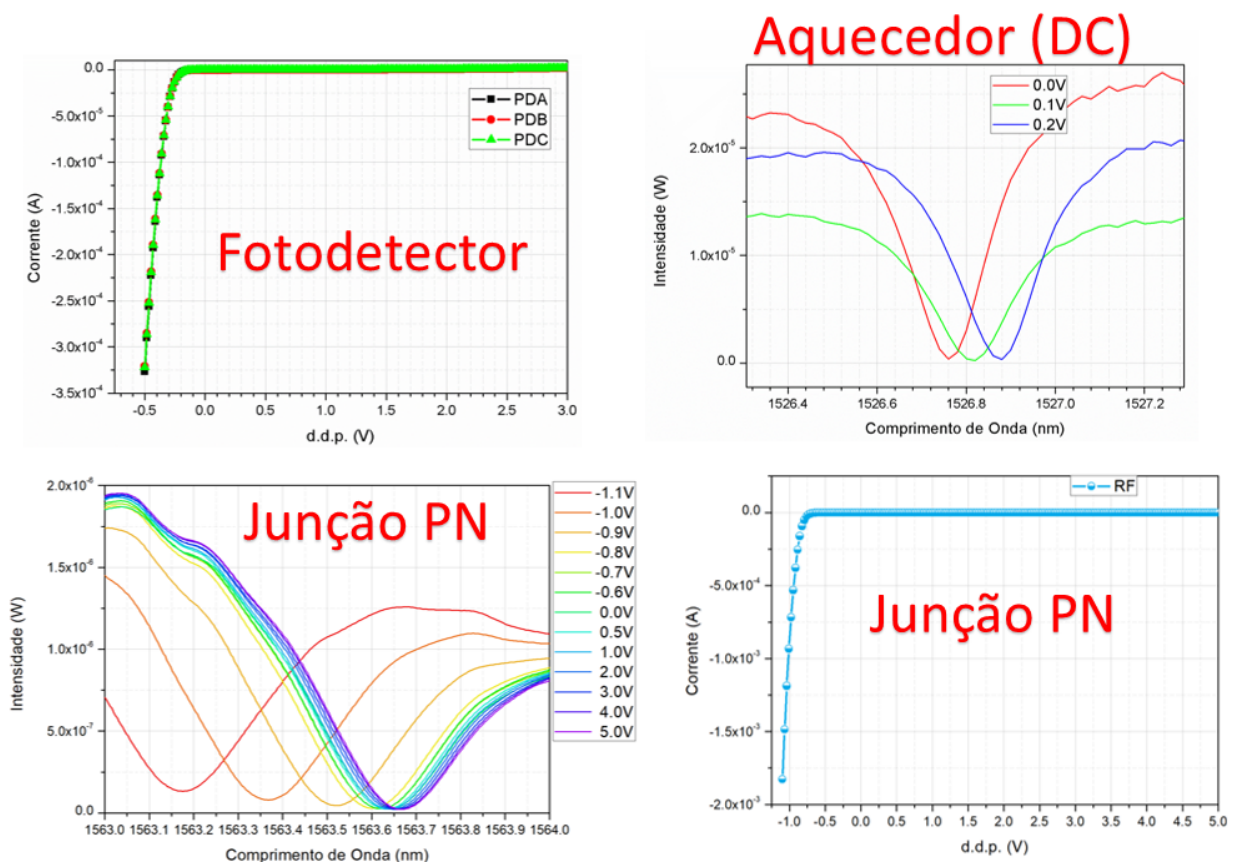


Figura 6 - Caracterização os componentes

2.3. Amplificador transimpedância

Montamos um circuito para armazenar em buffer e regular a saída do fotodiodo. Para aplicações que exigem alta velocidade e alta faixa dinâmica, normalmente é usado um circuito TIP (Transimpedance Amplifier), como mostrado na Figura 8. O capacitor de realimentação é mostrado como um capacitor parasita. Para muitas aplicações, este é um capacitor colocado intencionalmente para garantir a estabilidade.

Este circuito coloca o fotodiodo no "modo fotocondutor" e aplica uma tensão de polarização através do negativo. A conexão virtual entre as duas entradas do amplificador operacional mantém o pólo positivo no potencial de terra, aplicando assim uma tensão de polarização reversa constante através do fotodiodo. O fotodiodo pode ser pensado como uma fonte de corrente (proporcional à intensidade da luz), um capacitor, um grande resistor e uma conexão totalmente paralela chamada corrente escura. Quanto maior a tensão de polarização através do diodo, menor a capacidade do fotodiodo tende a se tornar. Embora isso seja benéfico para a velocidade, na prática é limitado pela capacidade do fotodiodo de suportar grandes tensões reversas.

A corrente gerada pelo fotodiodo (IPD) é amplificada pelo circuito TIA e convertida em tensão por um resistor de ganho de transimpedância (também aqui referido como resistor de realimentação, RF). Idealmente, essa corrente flui através do RF (ie: $IFB = IPD$), mas, na realidade, o amplificador "rouba" parte da corrente na forma de uma corrente de polarização da entrada do amplificador operacional. Essa corrente de polarização produz uma tensão de erro na saída e limita a faixa dinâmica. Quanto maior o resistor de ganho, mais poderoso é esse efeito. É importante escolher um amplificador com corrente de polarização baixa o suficiente (e tensão de compensação de entrada e desvio de tensão de compensação de entrada) para atingir a faixa dinâmica desejada e a precisão geral.

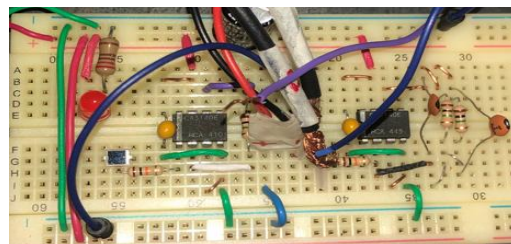
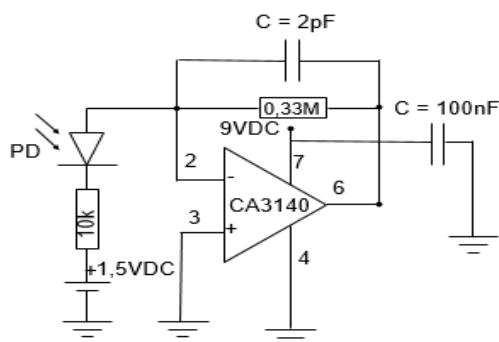


Figura 7 - Amplificador

2.4. Validação do modo OTDR

O modo OTDR é um grande diferencial do nosso sistema, pois somos capazes de associar vários FBGs em série com o mesmo comprimento de onda, como elas estarão deslocadas espacialmente e conseqüentemente deslocadas temporalmente, como podemos ver na

figura 8, o segundo pico no gráfico verde está defasado $41,8\mu\text{s}$ que representa $8,6\text{km}$ de fibra.

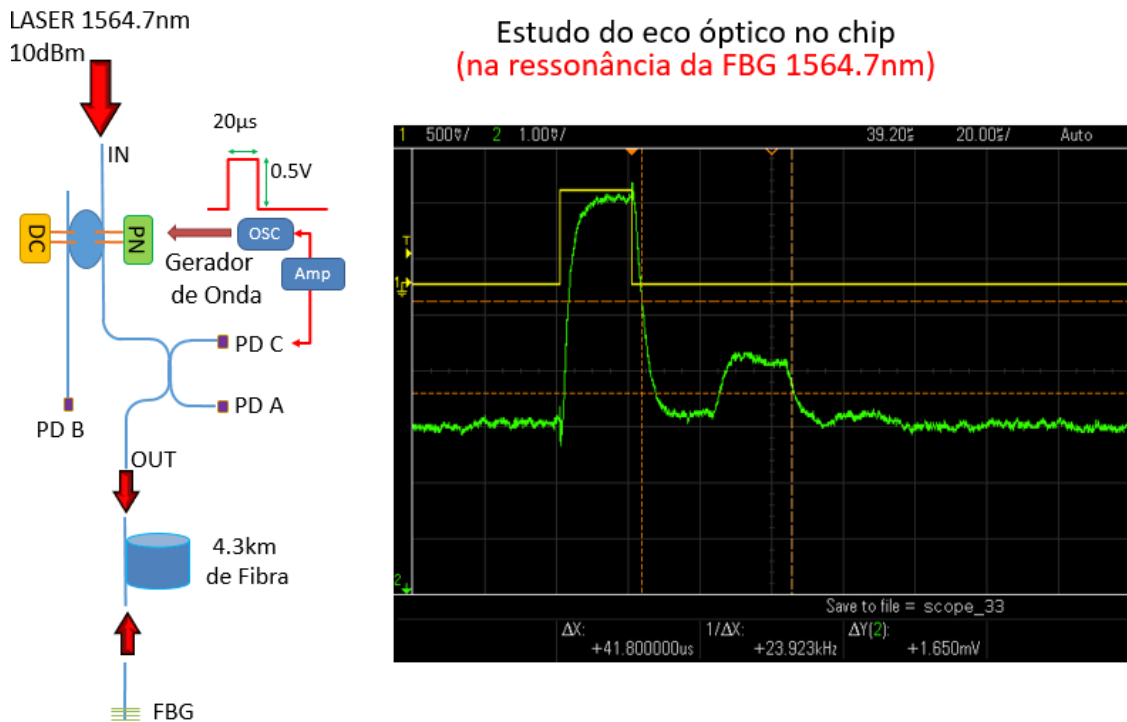


Figura 8 - OTDR

2.5. Teste de Strain e Temperatura

Como teste final fomos capazes de medir e diferenciar a variação de temperatura e Strain aplicada na FBG, como podemos ver na figura 9. Isso demonstra que o nosso sistema está pronto para obter os dados de interrogação da FBG,

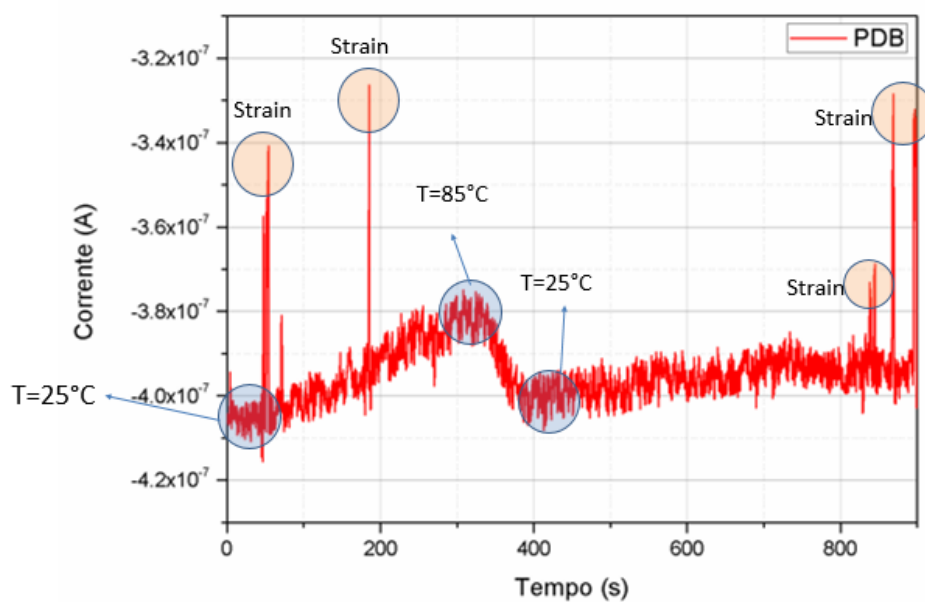


Figura 9 - Gráfico de Strain e Temperatura

3. Conclusão

O interrogador óptico de FBG se demonstrou com grande potencial mercadológico, com a validação do OTDR somos capazes de associar vários FBGs em série algo que os interrogadores que estão no mercado não possuem. Algo necessário a ser realizado é desenvolver um amplificador transimpedância em uma PCB que seja integrado ao chip interrogador.

Referências

KOUROUSSIS, Georges; CAUCHETEUR, Christophe; KINET, Damien; ALEXANDROU, Georgios; VERLINDEN, Olivier; MOEYAERT, Véronique. Review of Trackside Monitoring Solutions: from strain gages to optical fibre sensors. **Sensors**, [S.L.], v. 15, n. 8, p. 20115-20139, 14 ago. 2015. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/s150820115>.

LEE, Byoungho. Review of the present status of optical fiber sensors. **Optical Fiber Technology**, [S.L.], v. 9, n. 2, p. 57-79, abr. 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1068-5200\(02\)00527-8](http://dx.doi.org/10.1016/s1068-5200(02)00527-8).

ANDRE, Ricardo M.; BIAZOLI, Claudécir R.; SILVA, Susana O.; MARQUES, Manuel B.; CORDEIRO, Cristiano M. B.; FRAZAO, Orlando. Strain-Temperature Discrimination Using Multimode Interference in Tapered Fiber. **Ieee Photonics Technology Letters**, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 155-158, jan. 2013. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/lpt.2012.2230617>.

PEVEC, Simon; DONLAGIĆ, Denis. Multiparameter fiber-optic sensors: a review. **Optical Engineering**, [S.L.], v. 58, n. 07, p. 1-26, 6 mar. 2019. SPIE-Intl Soc Optical Eng. <http://dx.doi.org/10.1117/1.oe.58.7.072009>.