



Estudo de encapsulamento de fibra óptica com FBGs para aplicações em alta tensão

Study of fiber optic encapsulation with high voltage FBGs

Marcos Antonio Cheretti Junior¹, Leonardo Paula Siqueira², Jean Carlos Cardozo da Silva³

RESUMO

O encapsulamento de redes de Bragg em fibras ópticas (FBG) é de extrema importância para aplicações de ambientes que não permitem a entrada de materiais metálicos ou para pequenos espaços. Este trabalho tem como intuito apresentar como um método de encapsulamento de fibras ópticas com FBG é feito e uma breve apresentação de como se comporta uma FBG em temperaturas elevadas por meio de encapsulamentos de materiais não metálicos. Neste trabalho, foi utilizado banho térmico utilizando óleo de silicone para elevar a temperatura até 150 °C, e através de um programa de autoria do laboratório são convertidos os dados de comprimento de onda da FBG para temperatura. Os dados extraídos deste programa são usados para gerar gráficos e assim comparar com o multímetro até achar o melhor tipo de encapsulamento que forneça menos incertezas da média. Pelos resultados gerados, foi selecionado o melhor método que é descrito neste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de altas temperaturas; Fotônica; Fiber optic Bragg grating sensor.

ABSTRACT

The encapsulation of optical fibers with FBG (Bragg Fiber) is extremely important for analyzing environments that do not allow the entry of metallic material or for small spaces. This work aims to present how a method of encapsulating optical fibers with FBG is made and a brief presentation of how an FBG behaves at high temperatures through encapsulation of non-metallic materials. In this work, a thermal bath machine using silicone oil was used to raise the temperature to 150 °C and, through a program created by the laboratory, the FBG wavelength data was converted to temperature. The data extracted from this program is used to generate graphics and comparisons with the multimeter until finding the best type of encapsulation that generates fewer graphic distortions. Based on the results generated, the best method described in this work was selected.

KEYWORDS: High temperature analysis; Photonics; Bragg gratings in fiber optics.

INTRODUÇÃO

A evolução científica permite equipamentos menores e mais eficazes para comunicação. Um dispositivo que vem ganhando mais espaço no mercado são as fibras ópticas. Além de barata, permite um amplo cenário por causa da sua alta capacidade de transmitir informações precisas e rápidas. De acordo com o artigo de Simão Pedro Costa Machado, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, “FBG é um tipo de refletor de Bragg distribuído, construído num pequeno segmento de fibra óptica que reflete um determinado comprimento de onda de luz e transmite todos os outros.” (SIMÃO PEDRO, 208, p.32)

¹ Bolsista da Fundação Araucária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: marjun.2018@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 9267702366670939.

² Bolsista da Fundação Araucária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: leosiq@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 8411368392117989.

³ Docente no Curso de Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: jeanccs@utfpr.edu.br. ID Lattes: 9949032159595994.



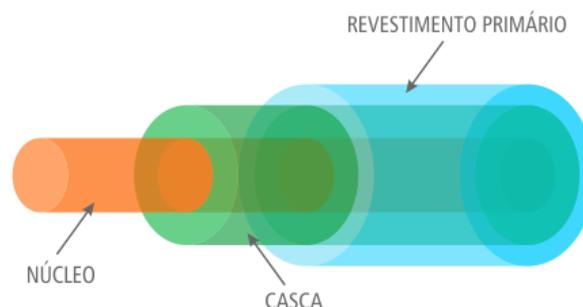
O emprego de Redes de Bragg vem aparecendo cada vez mais no cenário tecnológico, principalmente nas áreas das engenharias. Suas principais características lhe permitem imunidade a interferências eletromagnéticas, alta precisão de dados e baixo custo de instalação. Sua utilização é estabelecida em um pedaço de fibra óptica. Para isso, faz-se a retirada de parte do revestimento para caracterizar aquela determinada fração e assim ela captar certo comprimento de onda. Ao adicionar mais camadas de revestimentos, permite que a fibra fique mais segura, contudo, ao fazer isso, pode se interferir na captação dos espectros de onda das FBGs. Por isso é de extrema importância achar métodos de encapsulamentos que protejam a fibra como também permitam a sensibilidade necessária para médio pretendida. Um dos fatores mais importante dos sensores ópticos são suas resistências a altas temperaturas, capacidade de reagir com diversos materiais, leveza e tamanho compacto. Essas qualidades são desejadas por diversos setores na indústria para serem aplicadas e assim reduzir os custos em obtenção de dados sobre seus equipamentos.

Entretanto, suas atribuições também possuem desvantagens. Ao retirar a proteção de plástico, a fibra tem essa parte exposta, adquirindo uma fragilidade naquele local. (João Marcos, 2006, p.89). Sua fragilidade é um dos pontos mais importantes a serem levado em conta, o manuseio deve ser feito com cautela na hora da montagem e, mesmo que possua uma camada de acrilato protegendo a fibra nua, ele não é suficiente para preservar sua integridade. Em decorrência disso, as indústrias expandiram pesquisas para proporcionar melhores encapsulamentos com o intuito de melhorar sua preservação, possibilitando assim a redução de custos de suas avarias sem perder suas qualidades.

Materiais e Métodos

A fibra normalmente possui 3 camadas. O núcleo, composto por sílica (formada por silício puro ou dopado), a parte mais importante da fibra. A segunda camada, a casca, possui um índice de refração menor do que o núcleo com o intuito de garantir a refletividade total e assim manter o feixe de luz confinado no núcleo. A terceira é o revestimento primário, assim como o sugere o nome, pode haver mais de um. Ela garante segurança contra choques físicos, térmicos e intempéries. Segue um desenho esquemático:

Figura 1 – Revestimento de fibra óptica



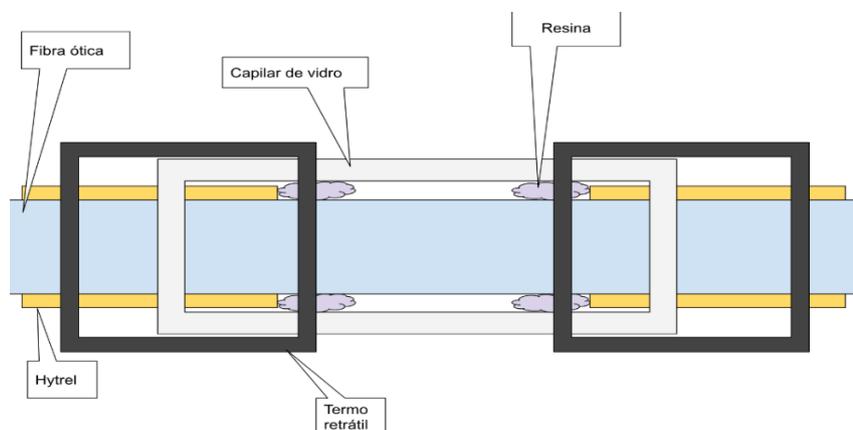
Fonte: ZTT, 2023

No estudo, foram utilizados diversos métodos de encapsulamentos e diversos testes feitos em banhos térmicos. Ao receber a fibra após a caracterização (procedimento utilizado para marcar a fibra óptica nua com alguma demarcação de FBG) é feita uma análise de onde estão os pontos de FBGs. Mesmo já sabendo quanto foi espaçado do começo ao fim, é necessário estender a fibra por inteiro em uma mesa. Ao apresentar-se exposta sob a mesa, é também posto ao lado o revestimento que será usado. No caso destes testes, foi utilizado o tubo da *Thorlabs* (modelo FT900Y).

Como dito anteriormente, a obstrução pode causar interferências na captação dos espectros, por isso foram usados tubos de hytrel feitos de vidro (tubo capilar da marca Perfecta) nas intersecções em que havia FBGs. Por último, para aderir o hytrel na área, foi utilizada uma resina com secagem ultravioleta (*Opallis Flow*, modelo T).

A montagem constituiu do corte calculado do tubo da Thorlabs, deixando expostas as áreas que possuem FBGs. Ao encapsular uma fibra óptica de 4 metros, foi necessário cuidados para impedir a quebra da mesma durante o processo. Para isso foi feita uma emenda de fibra em mais outra (sem FBGs) de 4 metros. Essa emenda foi utilizada para passar primeiro a fibra sem FBGs e assim puxar o restante. Este método é mais seguro pois impede que ela fique presa no meio da tubulação, caso o pesquisador imponha força de tal modo a causar seu rompimento. Para proteger estes pontos, foram aplicados os tubos de hytrel e colados com a resina. Seguem abaixo as imagens esquemáticas e o resultado.

Figura 2 – Esquemático



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Figura 3 – Encapsulamento da fibra

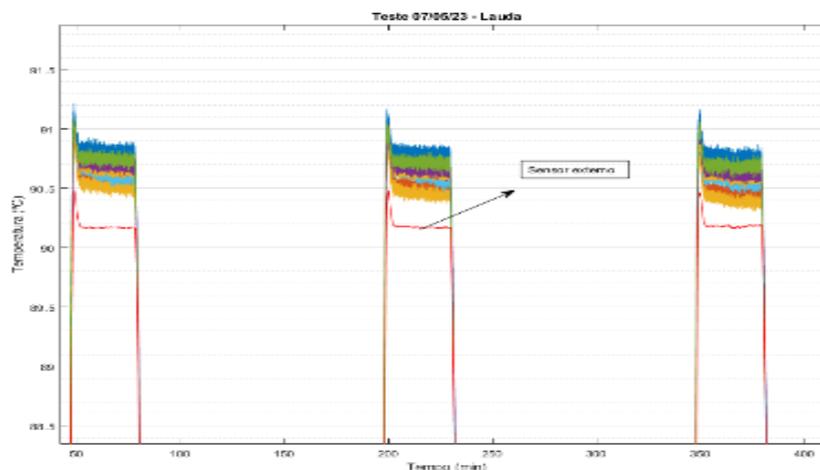


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Ao finalizar a parte de montagem das fibras, o próximo passo é a calibração. Esta fase consiste em deixar as partes das FBGs expostas a um banho térmico. No caso destes testes, foi utilizado o aparelho Lauda de Banho Termos estático (Lauda ECO GOLD e ECO RE 415).

O aparelho utilizou óleo de silicone para elevar a temperatura até 150° C. Em determinada parte da tubulação, há uma entrada para colocar outro tubo que apenas serve para colocar a fibra para não ficar em contato direto com o óleo quente. Nesta mesma parte, foi colocado um multímetro (Agilent 34420) para analisar a temperatura dentro do tubo com o intuito de avaliar a diferença de temperatura dentro dele para o óleo correndo dentro do Lauda. Após determinados degraus ocorridos, cerca de 6 por FBG, é retirada a fibra óptica e assim os dados são analisados. Como dito anteriormente, o programa utilizado nestes testes é de autoria do laboratório e ele calcula a variação da captação de comprimento de onda por meio da fórmula 1. Estes dados são posteriormente migrados para o software MATLAB (MathWorks), nele é utilizado um algoritmo para calcular e converter os comprimentos de onda em graus celsius de maneira mais precisa para melhor análise. Abaixo na figura 4 encontra-se uma conversão desses dados.

Figura 4 – Gráfico do banho termico



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Conclusão

Durante o processo de calibração, é possível ver os erros e incertezas dispostos no próprio software (Figura 5), havendo apenas uma leve discrepância nas medições feitas pelo durante a aquisição.

Figura 5 – Dados de incerteza

Aproximação Linear		Aproximação Polinomial			
	Ax	B	C	Bx	Ax ²
Sensor 1	0,014690	1526,067371	1525,986698	0,019419	-0,000047
Sensor 2	0,012368	1531,815615	1531,852364	0,010214	0,000022
Sensor 3	0,010979	1540,549148	1540,606745	0,007603	0,000034

Incertezas Lineares		Médias Desvios Lineares			
	Incerteza Padrão em 10,00°C(°C)	Incerteza Padrão em 30,00°C(°C)	Incerteza Padrão em 50,00°C(°C)	Incerteza Padrão	
Sensor 1	4,41	7,14	4,64	1,64	
Sensor 2	0,87	1,19	1,45	2,18	
Sensor 3	0,87	0,65	0,59	0,87	

Incertezas Polinomiais			
	Incerteza Interrogador (°C)	Incerteza Combinada(°C)	Incerteza Expandida (°C)
Sensor 1	0,051503	2,368010	5,960282
Sensor 2	0,097884	1,648248	4,148640
Sensor 3	0,131454	0,744959	1,875061

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Após finalizar o banho térmico, o software de aquisição gera em uma planilha os dados obtidos com o processo (Figura 6).

Figura 6 – Tabela de comprimento de onda por temperatura

	Temp(°C) E1	Lambda(nm) E1	Temp(°C) E2	Lambda(nm) E2	Temp(°C) E3	Lambda(nm) E3	Temp(°C) E4	Lambda(nm) E4	Temp(°C) E5
Sensor 1	10,09	1526,295	10,146	1526,177	10,124	1526,183	10,096	1526,144	10,112
Sensor 1	30,073	1526,678	30,082	1526,509	30,059	1526,611	30,085	1526,438	30,059
Sensor 1	50,097	1526,917	50,073	1526,869	50,058	1526,887	50,08	1526,806	50,079
Sensor 1	70,098	1527,138	70,106	1527,13	70,073	1527,121	70,127	1527,1	70,079
Sensor 1	90,033	1527,389	90,043	1527,39	90,052	1527,341	90,025	1527,34	90,075
Sensor 2	10,09	1531,934	10,146	1531,957	10,124	1531,958	10,096	1531,96	10,112
Sensor 2	30,073	1532,164	30,082	1532,174	30,059	1532,197	30,085	1532,179	30,059
Sensor 2	50,097	1532,4	50,073	1532,401	50,058	1532,425	50,08	1532,412	50,079
Sensor 2	70,098	1532,648	70,106	1532,638	70,073	1532,668	70,127	1532,656	70,079
Sensor 2	90,033	1532,91	90,043	1532,908	90,052	1532,949	90,025	1532,948	90,075
Sensor 3	10,09	1540,667	10,146	1540,687	10,124	1540,687	10,096	1540,691	10,112
Sensor 3	30,073	1540,859	30,082	1540,862	30,059	1540,874	30,085	1540,866	30,059
Sensor 3	50,097	1541,076	50,073	1541,064	50,058	1541,076	50,08	1541,068	50,079
Sensor 3	70,098	1541,308	70,106	1541,289	70,073	1541,309	70,127	1541,295	70,079
Sensor 3	90,033	1541,558	90,043	1541,558	90,052	1541,568	90,025	1541,567	90,075

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Ao comparar os dados obtidos, é possível visualizar que os sensores de fibra óptica utilizando FBG pelo método de encapsulamento demonstrado é leal as temperaturas obtidas através dos sensores térmicos. Mediante a esse estudo, foi possível comprovar que o encapsulamento utilizado foi eficaz para suportar as altas temperaturas como também proteção aos devidos riscos dos materiais não metálicos utilizados.



Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, à CAPES, à FINEP e a Fundação Araucária pela concessão da bolsa e apoio financeiro ao laboratório.

Disponibilidade de código

Em decorrência do código utilizado ser um programa utilizado no próprio laboratório, não é possível sua divulgação.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

MACHADO, Simão Pedro Costa. **Redes de Bragg para Compensação de Dispersão e Seleção de Comprimento de Onda em Sistemas WDM Fibra-Rádio**. Orientador: Prof. Dr. Henrique Manuel de Castro Faria Salgado. 2008. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2008. Acesso em: 17 de set. 2023

Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59696/2/Texto%20integral.pdf>

MATLAB M. The language of technical computing. The MathWorks, Inc, 2020. Disponível em: <http://www.mathworks.com>. Acesso em: 17 de set. 2023

OTHONOS, A., Kalli, K, “Fiber Bragg Grating: Fundamentals and Applications in Telecommunications and Sensing”, London, Artech House, 1999

SAKAMOTO, João Marcos Salvi. **Sensor em fibra óptica aplicado a caracterização de atuadores piezoelétricos flexionais**. Orientador: Cláudio Kitano. 2006. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica UNESP “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2006. Acesso em: 17 de set. 2023.

Disponível em:

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/87227/sakamoto_jms_me_ilha.pdf;jsessionid=5D2C0AFE0AFE9B151ED40A047222DDC1?sequence=1