

MÔ HÌNH CẢM BIẾN QUANG FBG CHO IoT

Cao Hồng Sơn

Học Viện Công Nghệ Bưu Chính Viễn Thông

Tóm tắt—Trong bài báo đã đề xuất một mô hình cảm biến quang dựa trên cách tử Bragg sợi quang (FBG-Fiber Bragg Grating) để giám sát đồng thời nhiệt độ và áp suất cho các ứng dụng trong IoT. Giải pháp này được triển khai bằng cách sử dụng một cấu trúc cảm biến quang gồm hai FBG có bước sóng Bragg khác nhau. Trong đó hai FBG được kết nối song song với nhau hoặc kết nối liên tiếp nhau. FBG thứ nhất có chức năng để giám sát nhiệt độ và FBG thứ hai sử dụng để giám sát áp suất. Ưu điểm của cấu trúc cảm biến quang gồm hai FBG là cấu trúc phân cứng đơn giản do chỉ sử dụng một nguồn quang băng rộng. Các kết quả mô phỏng cho thấy độ nhạy của cảm biến quang FBG đề xuất là rất nhạy cảm với sự thay đổi nhỏ của nhiệt độ (độ nhạy khoảng 13,632 pm/°C) và áp suất (độ nhạy khoảng 15,75 pm/mmHg) nên rất phù hợp cho các yêu cầu đo giám sát nhiệt độ và áp suất, đặc biệt với hệ thống cảm biến sử dụng hai FBG nối liên tiếp nhau có công suất quang phản xạ cải thiện khoảng 3 dBm so với mô hình cảm biến quang FBG mắc song song nên rất phù hợp cho các ứng dụng đo giám sát tại chỗ và từ xa.

Từ khóa— IoT, hệ thống cảm biến sợi quang, cảm biến sợi quang, cảm biến quang FBG, FBG.

I. GIỚI THIỆU

Sự phát triển của công nghệ sợi quang đánh dấu một bước tiến quan trọng trong công nghệ truyền thông toàn cầu. Sự phát triển của công nghệ sợi quang cũng cho phép phát triển các thiết bị xử lý toàn quang bằng sợi quang, làm giảm suy hao xen và cải thiện chất lượng xử lý. Một yếu tố góp phần vào sự chuyển đổi hoàn toàn của công nghệ sợi quang là việc xác định các sợi quang nhạy sáng. Phát hiện này được thực hiện vào năm 1978 bởi Hill và các cộng sự và dẫn tới sự phát triển của cách tử Bragg sợi quang (FBG). Song song với sự quan tâm và sử dụng trong truyền thông quang học, cách tử Bragg đã đạt được vị trí nổi bật trong các cảm biến sợi quang do có tất cả các ưu điểm như khả năng miễn nhiệm nhiễu điện từ, kích thước rất nhỏ và trọng lượng rất nhẹ và đặc biệt là tính linh hoạt của chúng trong các ứng dụng cảm biến khác nhau. Một số lĩnh vực, như hàng không, hàng không vũ trụ, kỹ thuật dân dụng và sinh học hoặc giám sát môi trường, đã tiếp thu được những lợi thế của công nghệ này [1]. Cảm biến quang FBG trong các ứng dụng IoT là một lĩnh vực rất có tiềm năng phát triển. Trong các trường hợp triển khai cảm biến quang FBG để

đảm bảo an toàn vận hành của kết cấu quan sát (ví dụ: tòa nhà, mái nhà, cầu). Trong trường hợp có những con đường được đặt cảm biến quang FBG, có thể cung cấp các phép đo biến dạng. Ngoài ra, cảm biến quang FBG có thể sử dụng trong các giếng dầu khoan, hầm lò và trong y tế để giám sát nhiệt độ và áp suất...

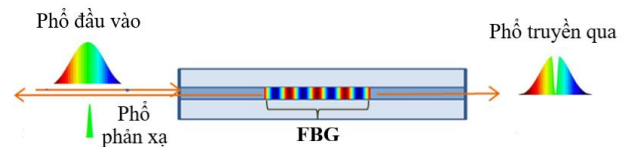
Trong bài báo này, đã đề xuất một mô hình cảm biến quang dựa trên FBG để giám sát đồng thời nhiệt độ và áp suất cho các ứng dụng trong IoT. Thông qua mô hình mô phỏng đã tiến hành phân tích, khảo sát và đưa ra các kết quả liên quan tới tham số giám sát nhiệt độ và áp suất.

Bài báo được cấu trúc như sau. Phần một là phần giới thiệu. Tiếp theo, phần hai là phần trình bày mô hình cảm biến quang FBG đề xuất. Trong phần ba, sẽ tiến hành thiết lập mô phỏng mô hình cảm biến quang FBG. Phần thứ tư là các kết quả khảo sát liên quan tới tham số giám sát nhiệt độ và áp suất. Cuối cùng, phần thứ năm là phần kết luận của bài báo.

II. MÔ HÌNH CẢM BIẾN QUANG FBG ĐỀ XUẤT

A. Cách tử Bragg sợi quang

Như được biểu diễn trong Hình 1, cách tử Bragg đơn giản nhất là sự điều chế tuần hoàn chiết suất dọc theo lõi trong một sợi quang đơn mode. Những cách tử này được gọi là cách tử đều do các mặt phẳng tuần hoàn không đổi của chúng vuông góc với hướng truyền ánh sáng [2]. Cách tử Bragg loại này thường được sử dụng làm các cảm biến quang do cấu trúc đơn giản và độ nhạy cao.



Hình 1. Cấu trúc của cách tử Bragg sợi cùng với phổ truyền qua và phổ phản xạ.

Tại mỗi mặt phẳng cách tử, một phần ánh sáng lan truyền sẽ tán xạ và kết quả là ánh sáng tán xạ có thể truyền qua hoặc phản xạ ở các mặt phẳng cách tử. Nếu các tia phản xạ lệch pha nhau, chúng sẽ triệt tiêu lẫn nhau do giao thoa triệt tiêu. Khi các tia sáng phản xạ từ mỗi mặt phẳng cách tử cùng pha, sóng phản xạ giao thoa tăng cường và phản xạ ngược thỏa mãn điều kiện Bragg. Để thỏa mãn điều kiện Bragg, cần bảo toàn cả năng lượng và động lượng [2]. Điều kiện Bragg khi áp dụng cho cách tử Bragg sợi thì bước sóng phản xạ của ánh sáng từ cách tử là [3]:

$$\lambda_B = 2n_{eff}\Lambda \quad (1)$$

Tác giả liên hệ: Cao Hồng Sơn,

Email: sonch@ptit.edu.vn

Đến tòa soạn: 10/2023, chỉnh sửa: 11/2023, chấp nhận đăng: 12/2023.

trong đó: n_{eff} là chiết suất hiệu dụng sợi và Λ là chu kỳ của cách tử.

Sự dịch chuyển bước sóng phản xạ Bragg (λ_B) là nguyên tắc giám sát hoạt động của FBG, như là một hàm của tham số được giám sát theo mối quan hệ như trên phương trình (1). Do đó, các yếu tố ảnh hưởng đến sự thay đổi bước sóng phản xạ Bragg là chiết suất hiệu dụng của lõi sợi quang hoặc chu kỳ cách tử. Sự thay đổi của chiết suất hiệu dụng của lõi sợi quang và chu kỳ cách tử chủ yếu phụ thuộc vào sự thay đổi của nhiệt độ và độ biến dạng của FBG.

Độ dịch bước sóng Bragg phụ thuộc độ biến dạng của cách tử Bragg sợi như sau [4][5][6]:

$$\frac{\Delta\lambda_B}{\lambda_B} = (1 - \rho_e) \Delta\varepsilon \tag{2}$$

trong đó, $\Delta\lambda_B$ đại diện cho sự dịch chuyển của bước sóng Bragg, $\Delta\varepsilon$ là sự thay đổi áp suất, ρ_e là hệ số quang đàn hồi hiệu dụng của lõi sợi và được tính bằng [5]:

$$\rho_e = \frac{n_{eff}^2 [(1 - \mu) p_{12} - \mu p_{11}]}{2}$$

với μ là tỉ số Poisson, p_{11} và p_{12} là hệ số Pockel của tensor quang biến dạng.

Độ dịch bước sóng Bragg phụ thuộc nhiệt độ của cách tử Bragg sợi như sau [4]:

$$\frac{\Delta\lambda_B}{\lambda_B} = (\alpha + \xi) \Delta T \tag{3}$$

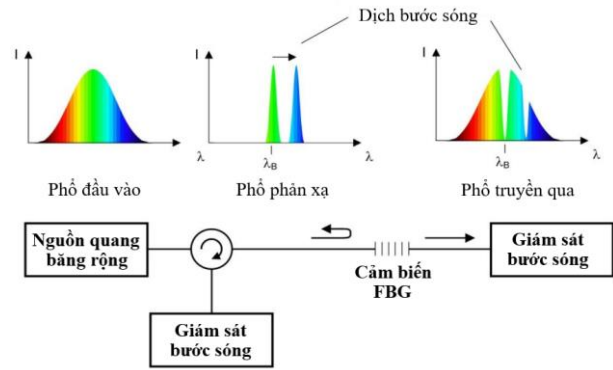
trong đó, α là hệ số quang nhiệt, ξ là hệ số giãn nở nhiệt và ΔT là sự thay đổi nhiệt độ.

2.2. Mô hình cảm biến quang FBG đề xuất

Trong những năm gần đây, cảm biến quang FBG sử dụng sợi quang đơn mode đã được xem xét và hiện đang nhận được ngày càng nhiều sự quan tâm nghiên cứu do cấu trúc đơn giản và tính nhạy cảm cao với các tham số vật lý cần giám sát. Bước sóng phản xạ từ FBG phụ thuộc vào các tham số vật lý như nhiệt độ và độ biến dạng. Bằng cách sử dụng một nguồn sáng băng rộng (được tạo ra bởi diode siêu phát quang, nguồn LED phát cạnh, nguồn siêu huỳnh quang EDF sợi pha tạp Erbium) phát tín hiệu ánh sáng truyền qua FBG, sự thay đổi bước sóng phản xạ cực đại có thể được sử dụng làm thước đo cho đặc tính vật lý. Trong môi trường phòng thí nghiệm, điều này có thể được thực hiện bằng cách sử dụng máy phân tích quang phổ có độ chính xác cao. FBG thu hút sự chú ý rộng rãi nhờ các thuật toán dựa trên bước sóng, giúp cảm biến tự tham chiếu với tổn thất năng lượng rất nhỏ [7].

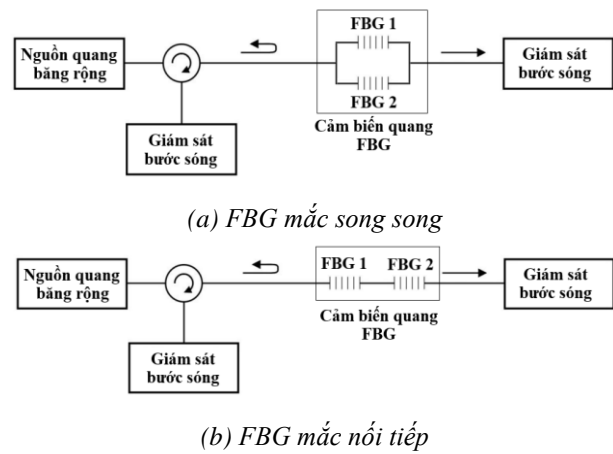
Trong một số nghiên cứu gần đây đã đưa ra các mô hình cảm biến quang FBG để đo giám sát các tham số trong lĩnh vực IoT như hàng không, hàng không vũ trụ, kỹ thuật dân dụng và sinh học hoặc giám sát môi trường. Tuy nhiên trong các mô hình cảm biến quang FBG này hoặc chỉ sử dụng một FBG (mô hình cảm biến quang FBG đơn) hoặc sử dụng nhiều FBG đặt phân tán để đo giám sát một tham số yêu cầu [7] [8]. Mô hình cảm biến quang FBG đơn như mô tả trên Hình 2 [3]. Ngoài ra, để đo đồng thời nhiều tham số mô hình cảm biến sử dụng một FBG kết hợp với một phần tử cảm biến loại khác nên suy hao ghép nối khá lớn [9] hoặc sử dụng hai FBG nhưng do có bước sóng Bragg không nằm ở vùng 1550nm nên có độ nhạy chưa được cao

[10].



Hình 2. Mô hình cảm biến quang FBG đơn [3].

Để khắc phục những hạn chế này, bài báo đề xuất một mô hình cảm biến quang FBG gồm hai FBG có bước sóng Bragg khác nhau lớn hơn 4nm để tránh nhầm lẫn trong các phép đo được thực hiện bởi mỗi tham số ảnh hưởng và giá trị bước sóng của hai FBG được chọn ở vùng bước sóng 1550nm để được công suất phản xạ của các bước sóng Bragg lớn nhất (nhằm tối ưu hóa suy hao truyền dẫn đặc biệt với các phép đo giám sát từ xa khi kết hợp với các mạng truyền thông quang thực tế đang sử dụng các loại sợi quang đơn mode), trong đó hai cảm biến FBG được kết nối song song với nhau hoặc kết nối liên tiếp nhau. FBG thứ nhất có chức năng để giám sát nhiệt độ và FBG thứ hai sử dụng để giám sát áp suất. Hình 3 mô tả mô hình cảm biến quang đề xuất.



Hình 3. Mô hình cảm biến quang FBG đề xuất.

Nguyên lý làm việc cơ bản của mô hình cảm biến FBG đề xuất như sau.

Khi ánh sáng băng rộng truyền qua FBG 1, tại FBG 1 giả sử có sự thay đổi nhiệt độ, thông qua hiệu ứng nhiệt độ lên chiết suất sẽ làm cho chiết suất hiệu dụng thay đổi gây ra dịch bước sóng Bragg. Đáng chú ý là độ nhạy của FBG thứ nhất với nhiệt độ có thể tăng lên hoặc nhân lên bằng cách liên kết thích hợp với các vật liệu cảm nhiệt khác. Như vậy khi xác định được độ dịch bước sóng Bragg sẽ giám sát được tham số nhiệt độ.

Khi ánh sáng băng rộng truyền qua FBG 2, tại FBG 2 giả sử có sự biến dạng do sợi bị kéo căng và nén gây bởi áp suất, thông qua sự biến dạng cơ học của sợi sẽ làm cho chu kỳ cách tử Bragg của sợi sẽ thay đổi gây ra dịch bước sóng Bragg. Như vậy khi xác định được độ dịch bước sóng

Bragg sẽ giám sát được tham số áp suất.

Thông tin về độ dịch bước sóng Bragg sẽ được bộ giám sát bước sóng phân tích khi nhận được các bước sóng Bragg phản xạ.

Ưu điểm của mô cảm biến quang FBG đề xuất là khả năng giám sát đồng thời nhiệt độ và áp suất. Ngoài ra, trong hệ thống cảm biến chỉ sử dụng một nguồn quang băng rộng do đó làm giảm giá thành sản phẩm.

Mô hình cảm biến quang FBG đề xuất có thể được sử dụng trong ngành y để đo nhiệt độ và huyết áp của con người (đo tại chỗ) hoặc được sử dụng để giám sát từ xa nhiệt độ và áp suất của các giếng dầu và các hầm lò...

Phần khảo sát dịch bước sóng do ảnh hưởng của nhiệt độ và áp suất sẽ tập trung vào mô hình cảm biến ứng dụng trong ngành y thông qua phần mềm mô phỏng OptiGrating (V.4.2.3). Cảm biến nhiệt độ ứng với FBG 1 có bước sóng Bragg là 1548 nm với nhiệt độ ban đầu 30°C, được thực hiện mô phỏng ở các giá trị nhiệt độ khác nhau trong khoảng từ 35°C (hạ thân nhiệt) đến 40°C (tăng thân nhiệt) để mô phỏng các giá trị nhiệt độ bình thường của con người. Cảm biến áp suất ứng với FBG 2 có bước sóng Bragg là 1552 nm, được thực hiện mô phỏng các giá trị từ 40 mmHg (huyết áp tâm trương) đến 190 mmHg (huyết áp tâm thu) đại diện cho giới hạn của giá trị huyết áp ở người.

Phần tiếp theo sẽ tiến hành thiết lập mô phỏng mô hình cảm biến quang FBG đề xuất cho các ứng dụng đo giám sát tại chỗ và từ xa trong IoT.

III. THIẾT LẬP MÔ PHỎNG MÔ HÌNH CẢM BIẾN QUANG FBG

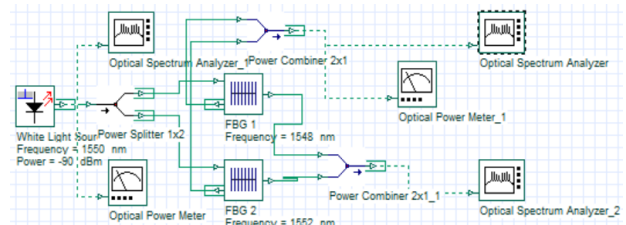
Mô hình cảm biến quang FBG đề xuất đo giám sát nhiệt độ và áp suất ứng dụng trong IoT được thiết kế và mô phỏng bằng phần mềm OptiSystem chuyên dụng. Phần mềm Optisystem của hãng Optiwave là một phần mềm thiết kế toàn diện cho phép người sử dụng lập kế hoạch và kiểm tra các liên kết quang trong một lớp truyền dẫn mạng mới. Công cụ này cung cấp nhiều loại thành phần quang học để lập kế hoạch và triển khai một mạng quang hoàn chỉnh, đây là phương pháp tiếp cận hiệu quả, tiết kiệm thời gian và chi phí thấp cho người nghiên cứu.

Để thiết kế cảm biến quang FBG đề xuất, phần mềm mô phỏng OptiSystem (V.21) đã được sử dụng. Mô hình mô phỏng được hiển thị trong Hình 4 là cho ứng dụng đo giám sát tại chỗ nhiệt độ và áp suất, Hình 5 là cho các ứng dụng đo giám sát từ xa nhiệt độ và áp suất trong trường hợp kết hợp với mạng truy nhập quang NG-PON WDM 8 kênh, Hình 6 là cho các ứng dụng đo giám sát từ xa nhiệt độ và áp suất trong trường hợp kết hợp với mạng cự li dài WDM 8 kênh.

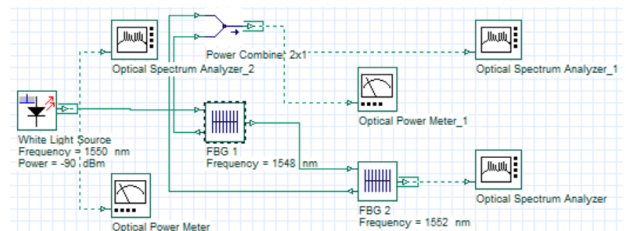
Bảng 1 mô tả các thông số của các thành phần trong mô hình cảm biến quang FBG mô phỏng cho các ứng dụng đo giám sát tại chỗ và từ xa khi kết hợp với các hệ thống mạng truyền thông quang.

Bảng 1. Các thông số của các thành phần được thiết kế.

Các thành phần	Các thông số
Nguồn băng rộng	Công suất = -90dBm, bước sóng định = 1550nm
FBG 1	Bước sóng Bragg = 1548 nm, Độ phản xạ = 0.99, Băng tần = 125 GHz
FBG 2	Bước sóng Bragg = 1552 nm, Độ phản xạ = 0.99, Băng tần = 125 GHz
Máy phát WDM	8 kênh, Tần số = 192.1 THz, Khoảng cách tần số = 100 GHz, Công suất = 10 dBm, Tốc độ bit = 10Gbps/kênh
Tuyến quang	L = 20Km (Mô hình kết hợp với mạng truy nhập quang NG-PON WDM) L = 100Km (Mô hình kết hợp với mạng cự li dài WDM)



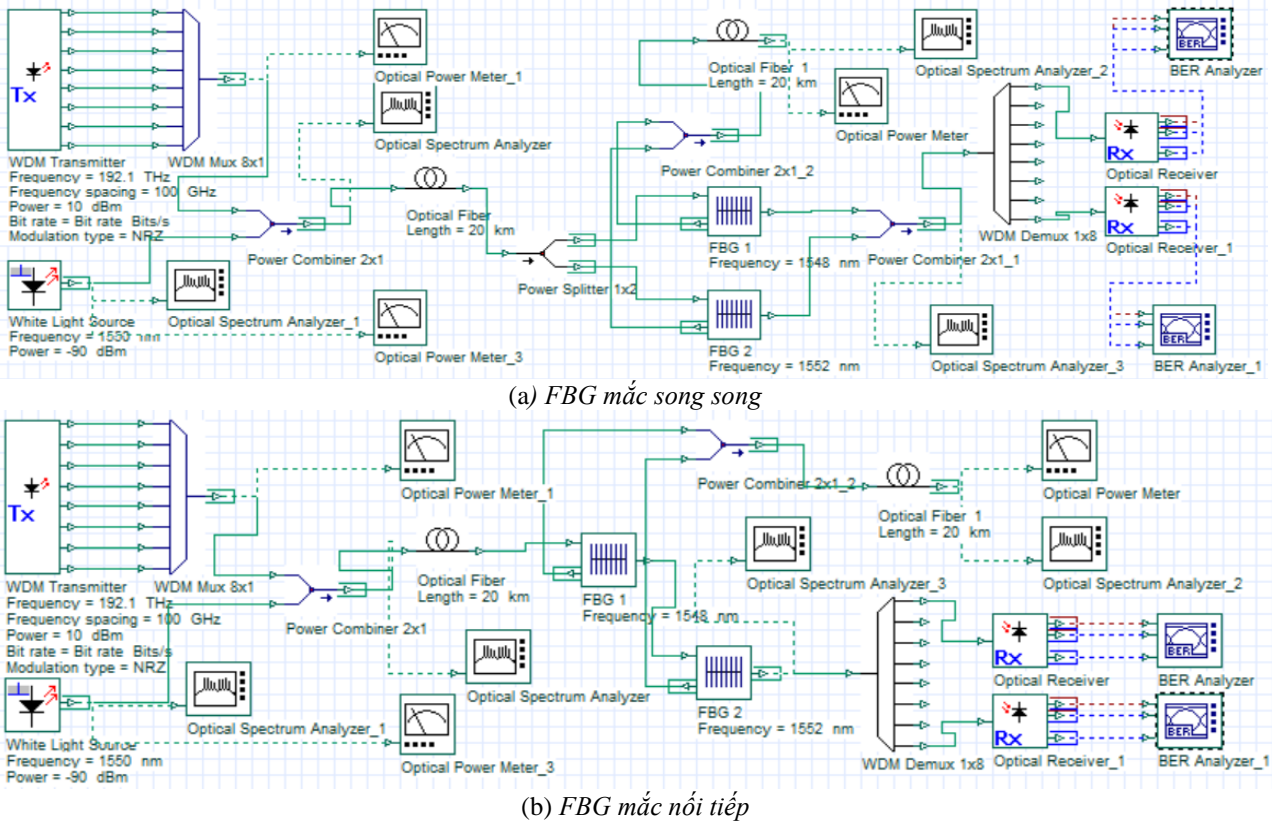
(a) FBG mắc song song



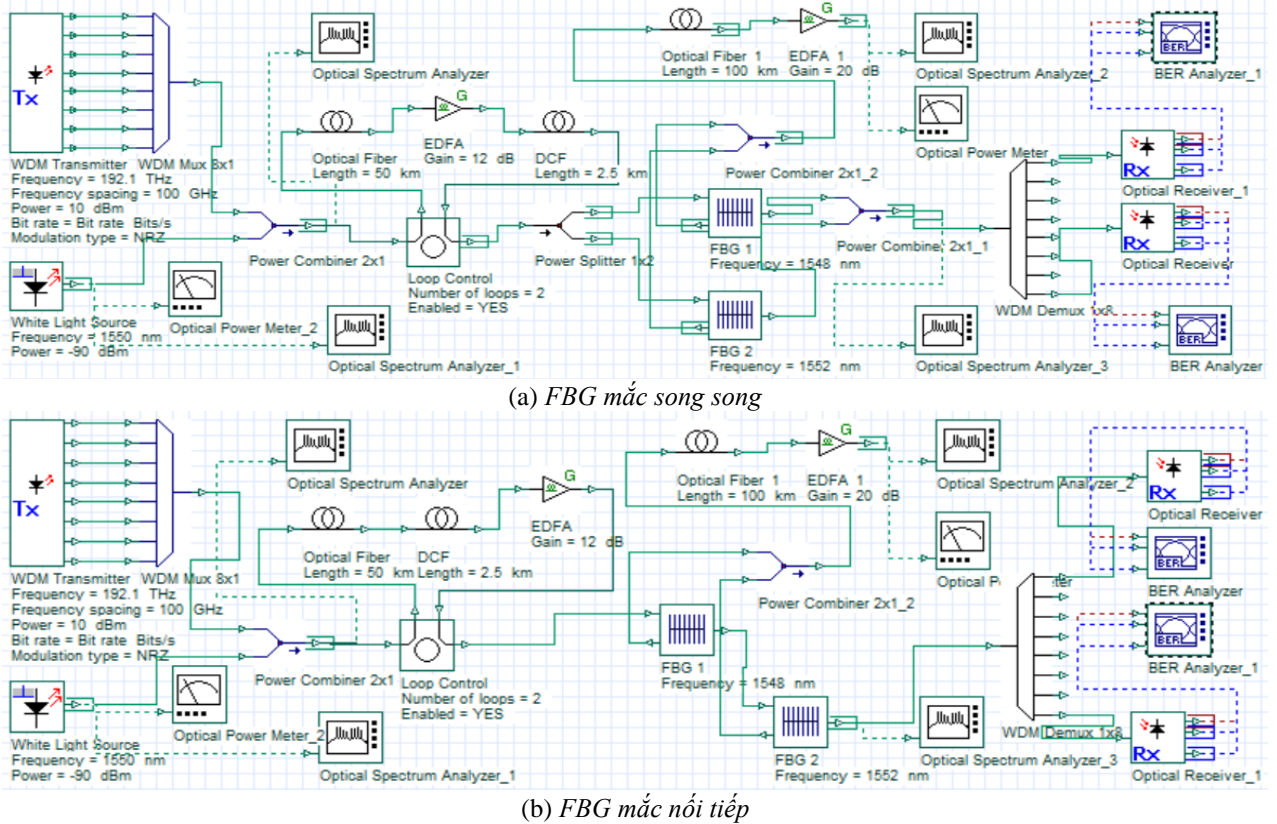
(b) FBG mắc nối tiếp

Hình 4. Mô phỏng mô hình cảm biến quang FBG đo giám sát tại chỗ.

Có thể thấy rằng trong các mô hình cảm biến quang FBG mô phỏng, để đo giám sát nhiệt độ và áp suất có các thành phần chính như sau: Nguồn phát băng rộng, cảm biến quang FBG và bộ phân tích phổ quang (OSA-Optical Spectrum Analyzer). Nguồn là nguồn băng rộng ánh sáng trắng phát ra bước sóng 1550 nm và công suất -90dBm. Kết nối nguồn này với cảm biến quang FBG, trong đó FBG 1 có bước sóng 1548 nm và FBG 2 có bước sóng 1552 nm, độ phản xạ của FBG 1 và FBG 2 là 0,99 cho tín hiệu truyền qua. Một phần tín hiệu truyền đi được phản xạ lại (bước sóng Bragg), phần này được kết nối với bộ giám sát bước sóng OSA để theo dõi tín hiệu sau mỗi lần thay đổi nhiệt độ hoặc áp suất khi tiếp xúc với vùng cảm biến trong mỗi FBG.



Hình 5. Mô phỏng mô hình cảm biến quang FBG đo giám sát từ xa kết hợp với mạng truy nhập quang NG-PON WDM 8 kênh.



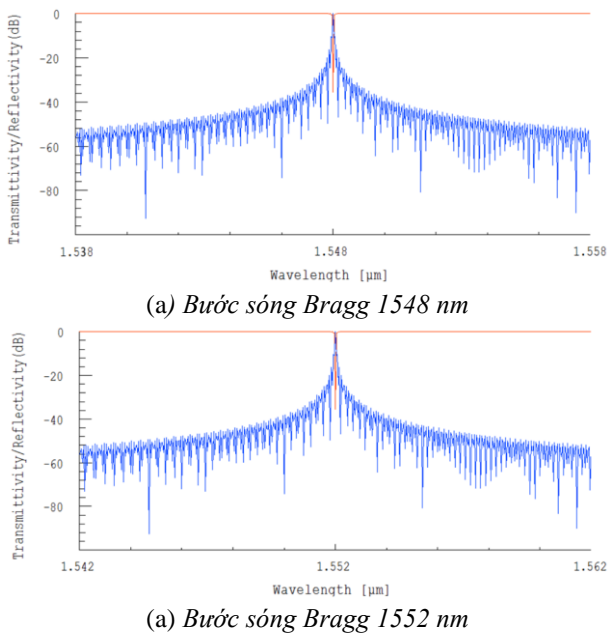
Hình 6. Mô phỏng mô hình cảm biến quang FBG đo giám sát từ xa kết hợp với mạng cự li dài WDM 8 kênh.

IV. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Trong phần này sẽ đưa ra các kết quả khảo sát các đặc tính của FBG đã được nghiên cứu thông qua phần mềm OptiGrating và các kết quả mô phỏng mô hình cảm biến quang FBG thông qua phần mềm OptiSystem.

Các kết quả khảo sát liên quan đến đặc tính FBG có các tham số được chọn như sau: Chiều dài cách tử 50000 μm và chu kỳ cách tử 0,53381599 μm ; Hệ số Pockel của tensor quang biến dạng $p_{11} = 0,121$; $p_{12} = 0,27$; Tỉ số Poission $\mu = 0,17$; Hệ số quang nhiệt $\alpha=8,3.10^{-6}$ (1/C); Hệ số giãn nở nhiệt $\xi=5,5.10^{-7}$ [2][11].

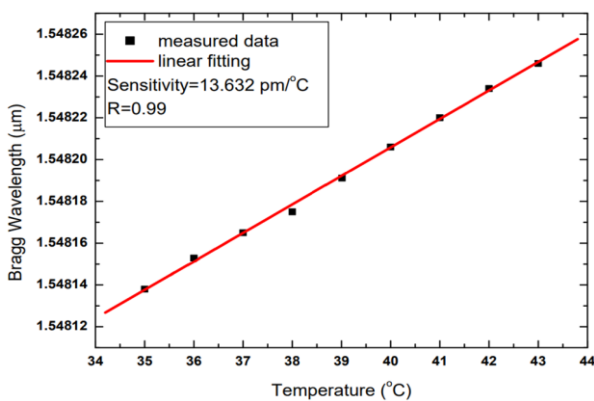
Hình 7 là các đặc tính phổ phản xạ và phổ truyền qua của FBG ở bước sóng Bragg 1548 nm và 1552 nm.



Hình 7. Phổ phản xạ (màu xanh) và phổ truyền qua (màu đỏ) của FBG.

Mối quan hệ tuyến tính giữa nhiệt độ áp dụng và bước sóng Bragg dịch chuyển được minh họa trong Hình 8.

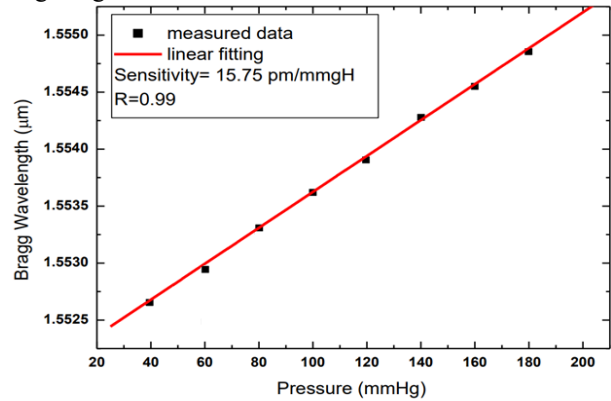
Từ Hình 8 có thể thấy rõ độ nhạy được tính toán là 13,632 pm/ $^{\circ}\text{C}$. Như vậy FBG 1 được sử dụng trong nghiên cứu là rất nhạy cảm với sự thay đổi của nhiệt độ, khi nhiệt độ càng tăng thì độ dịch bước sóng càng lớn.



Hình 8. Sự thay đổi bước sóng Bragg theo nhiệt độ.

Hình 9 mô tả mối quan hệ tuyến tính giữa áp suất khác

n nhau và bước sóng Bragg dịch chuyển. Từ Hình 9 cho thấy độ nhạy được tính toán là 15,75 pm/mmHg. Như vậy FBG 2 được sử dụng trong nghiên cứu là rất nhạy cảm với sự thay đổi của áp suất, khi áp suất càng tăng thì độ dịch bước sóng càng lớn.

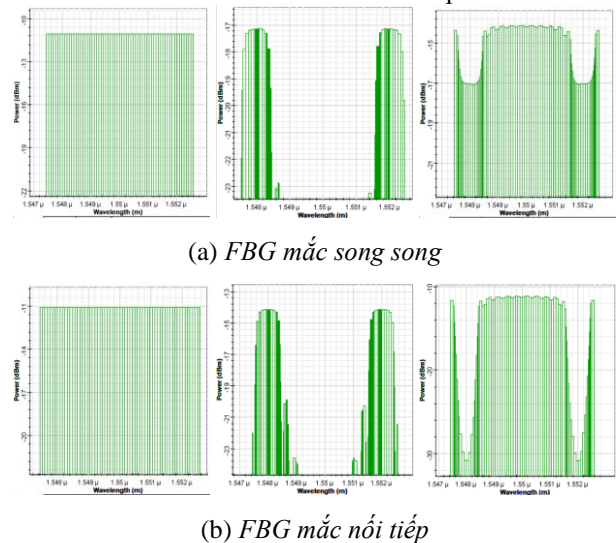


Hình 9. Sự thay đổi bước sóng Bragg theo áp suất.

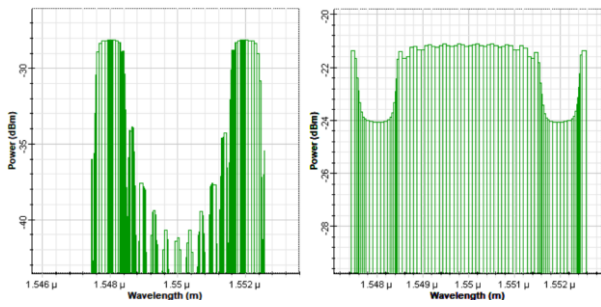
Hình 10 là phổ của nguồn băng rộng, phổ phản xạ và phổ truyền qua của mô hình cảm biến quang FBG đo giám sát tại chỗ. Phổ của nguồn băng rộng đo được có công suất đỉnh -11dBm, phổ phản xạ đo được có công suất đỉnh khoảng -17dBm cho mô hình FBG mắc song song và -14dBm cho mô hình FBG mắc nối tiếp.

Hình 11 là phổ phản xạ và phổ truyền qua của mô hình cảm biến quang FBG đo giám sát từ xa kết hợp với mạng truy nhập quang NG-PON WDM 8 kênh. Phổ của nguồn băng rộng đo được có công suất đỉnh -1 dBm, phổ phản xạ đo được có công suất đỉnh khoảng -28dBm cho mô hình FBG mắc song song và -25dBm cho mô hình FBG mắc nối tiếp.

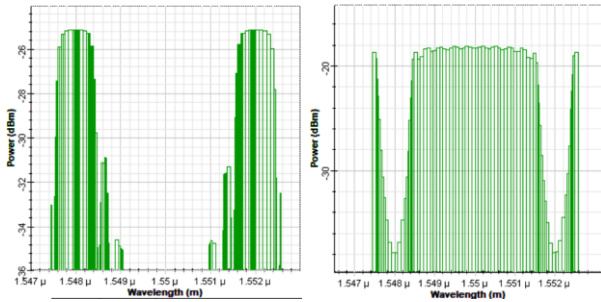
Hình 12 là phổ phản xạ và phổ truyền qua của mô hình cảm biến quang FBG đo giám sát từ xa kết hợp với mạng cự li dài WDM 8 kênh. Phổ của nguồn băng rộng đo được có công suất đỉnh -11dBm, phổ phản xạ đo được có công suất đỉnh khoảng -19dBm cho mô hình FBG mắc song song và -16dBm cho mô hình FBG mắc nối tiếp.



Hình 10. Phổ nguồn băng rộng, phổ phản xạ và phổ truyền qua của mô hình cảm biến quang FBG đo giám sát tại chỗ.

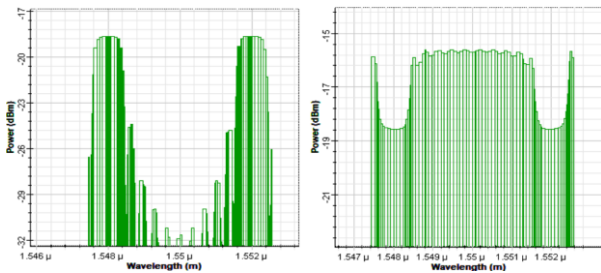


(a) FBG mắc song song

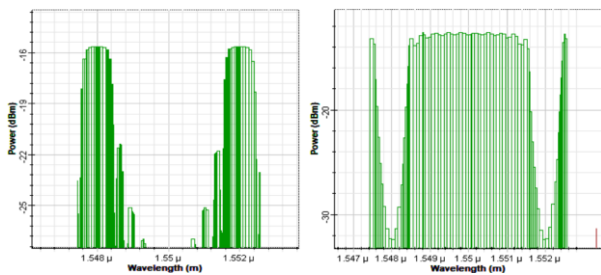


(b) FBG mắc nối tiếp

Hình 11. Phổ phản xạ và phổ truyền qua của mô hình cảm biến quang FBG đo giám sát từ xa kết hợp với mạng truy nhập quang NG-PON WDM 8 kênh.



(a) FBG mắc song song



(b) FBG mắc nối tiếp

Hình 12. Phổ phản xạ và phổ truyền qua của mô hình cảm biến quang FBG đo giám sát từ xa kết hợp với mạng truy nhập quang NG-PON WDM 8 kênh.

Từ kết quả đo phổ phản xạ của mô hình cảm biến quang FBG trên các Hình 10, Hình 11, Hình 12 có thể thấy rõ với mô hình cảm biến quang FBG mắc nối tiếp có công suất quang phản xạ cải thiện khoảng 3 dBm so với mô hình cảm biến quang FBG mắc song song. Vì vậy mô hình cảm biến quang FBG mắc nối tiếp là rất phù hợp cho việc đo giám sát tại chỗ và đo giám sát từ xa khi kết hợp với hệ thống mạng truyền thông quang.

V. KẾT LUẬN

Bài báo đã đề xuất một mô hình cảm biến quang FBG để giám sát đồng thời nhiệt độ và áp suất cho các ứng dụng trong IoT. Mô phỏng mô hình cấu trúc FBG đã được xây dựng và các kết quả khảo sát cho thấy mối quan hệ giữa dịch bước sóng do ảnh hưởng của nhiệt độ hoặc của áp suất là tuyến tính. Độ nhạy của FBG là rất nhạy cảm với sự thay đổi nhỏ của nhiệt độ và áp suất được áp dụng. Vì vậy, cảm biến quang FBG một ứng viên rất tốt cho các ứng dụng trong IoT đặc biệt là cho ứng dụng trong y tế. Bên cạnh đó, mô phỏng mô hình cảm biến quang FBG cũng đã được xây dựng. Các kết quả mô phỏng cho thấy mô hình cảm biến quang FBG đề xuất rất phù hợp với các ứng dụng đo tại chỗ và đo từ xa khi kết hợp với mạng truyền thông quang NG-PON hoặc mạng quang WDM cự li dài. Đặc biệt khi sử dụng mô hình cảm biến quang FBG mắc nối tiếp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Pendão C, Silva I, "Optical Fiber Sensors and Sensing Networks: Overview of the Main Principles and Applications", Sensors 22, no. 19: 7554, 2022.
- [2] Nithila Dedyagala, "Optical Fiber Bragg Grating Analysis through FEA and Its Application to Pressure Sensing", Victoria University, 2019.
- [3] Stephen J. Mihailov, "Fiber Bragg Grating Sensors for Harsh Environments," Sensors 12, no. 2: 1898-1918, 2012.
- [4] Rohan, R., Venkadeshwaran, K. & Ranjan, P, "Recent advancements of fiber Bragg grating sensors in biomedical application: a review", Journal of Optics, 2023.
- [5] Laura Alberio Blanquer, "Operando optical sensing for battery diagnosis", Sorbonne Université, 2022.
- [6] Pospori, Andreas, Andreas Ioannou, and Kyriacos Kalli, "Temperature and Humidity Sensitivity of Polymer Optical Fibre Sensors Tuned by Pre-Strain", Sensors 22, no. 19: 7233, 2022.
- [7] Mohamed J. Ali, Alaa Hussein Ali, Aseel I. Mahmood, Mohammed A. hussien, "The Design and Simulation of FBG Sensors for Medical Application", IJCCCE, vol 20, no.4, pp. 1-8, 2020.
- [8] Ertunga B. Kocal, Marc Wuilpart, Kivilcim Yüksel, "Analysis of crosstalk effects in phase-OTDR system using fiber Bragg grating array", Optical Fiber Technology, Vol 75, 2023.
- [9] Hao Sun, Shen Yang, Xiaolei Zhang, Liutong Yuan, Zaihang Yang, Manli Hu, "Simultaneous measurement of temperature and strain or temperature and curvature based on an optical fiber Mach-Zehnder interferometer", Optics Communications, Vol. 340, P. 39-43, 2015.
- [10] Kivilcim, Y., Per-Johan, J., De Miguel Soto, V., Lopez-Amo, M., Mégret, P. and Wuilpart, M. , "Performance evaluation of phase-OTDR sensing system based on weak fiber Bragg grating array" in IEEE Photonics Society Benelux Chapter 2018, 20-23, Bruxelles, Belgique, 2018.
- [11] Optiwave, "OptiGrating User's Reference and Tutorials", 2008.

FBG OPTICAL SENSOR MODEL FOR IoT

Abstract – In the article, an optical sensor model based on fiber Bragg grating (FBG-Fiber Bragg Grating) has been proposed to simultaneously monitor temperature and pressure for applications in IoT. This solution is implemented using an optical sensor structure consisting of

two FBGs with different Bragg wavelengths. In which two FBGs are connected in parallel or consecutively. The first FBG functions to monitor temperature and the second FBG is used to monitor pressure. The advantage of the optical sensor structure consisting of two FBGs is the simple hardware structure because only one broadband optical source is used. The simulation results show that the sensitivity of the proposed FBG optical sensor is very sensitive to small changes in temperature (sensitivity about 13.632 pm/°C) and pressure (sensitivity about 15.75 pm/mmHg) so it is very suitable for temperature and pressure monitoring requirements, especially with sensor systems using two FBGs connected in series with reflected optical power improved by about 3 dBm compared to sensor models. FBG optical transducers connected in parallel are very suitable for local and remote monitoring and measurement applications.

Key words - IoT, Fiber optic sensor system, Fiber optic sensor, FBG optical sensor, FBG.



Cao Hồng Sơn

Nhận học vị Tiến sĩ năm 2017

Hiện công tác tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Lĩnh vực nghiên cứu: Cảm biến quang, Chuyên mạch quang, Mạng truyền thông quang, Mạng cảm biến quang, Mạng chuyên mạch gói quang.