

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM**

PHÙNG THỊ HÀ

**NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO CẢM BIẾN QUANG
TRÊN CƠ SỞ CẤU TRÚC QUANG TỬ 1D**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC VẬT CHẤT

Thái Nguyên - 2017

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM

PHÙNG THỊ HÀ

**NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO CẢM BIẾN QUANG
TRÊN CƠ SỞ CẤU TRÚC QUANG TỬ 1D**

Chuyên ngành : Vật lý chất rắn

Mã số : 60 44 01 04

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC VẬT CHẤT

Người hướng dẫn khoa học: **TS. Đỗ Thùy Chi**

Thái Nguyên - 2017

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan nội dung trong luận văn tốt nghiệp này là kết quả trong công trình nghiên cứu của tôi dưới sự hướng dẫn của TS. Đỗ Thùy Chi, PGS. TS Bùi Huy và Ths. Phạm Thanh Bình. Tất cả các số liệu được công bố là hoàn toàn trung thực và do chính tôi thực hiện. Các tài liệu tham khảo khác đều có chỉ dẫn rõ ràng về nguồn gốc xuất xứ và được nêu trong phần phụ lục cuối luận văn.

Thái Nguyên, ngày 17 tháng 4 năm 2017.

Học viên

Phùng Thị Hà

**Xác nhận
của trưởng khoa chuyên môn**

**Xác nhận
của giảng viên hướng dẫn khoa học**

TS. Vũ Thị Hồng Hạnh

TS. Đỗ Thùy Chi

LỜI CẢM ƠN

Tiếp tục phát triển từ các kết quả nghiên cứu đã được công bố về cảm biến Sinh - Hóa, đồng thời cũng nhằm nâng cao trình độ chuyên môn và bước đầu làm quen với thực tiễn, được sự đồng ý của Trường Đại học Sư Phạm - Đại học Thái Nguyên, Khoa Vật lý, em đã tiến hành thực hiện luận văn thạc sĩ: “*Nghiên cứu chế tạo cảm biến quang trên cơ sở cấu trúc quang tử 1D*”.

Trong quá trình thực hiện luận văn, em đã nhận được sự quan tâm giúp đỡ quý báu của các thầy cô, anh chị, đặc biệt là sự hướng dẫn tận tình của TS. Đỗ Thùy Chi, PGS.TS Bùi Huy và Ths Phạm Thanh Bình tại Phòng Vật liệu và Ứng dụng Quang sợi, Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Nhân dịp hoàn thành luận văn, em xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến TS. Đỗ Thùy Chi cùng toàn thể các thầy cô giáo trong Khoa Vật lý, các thầy cô và anh chị đang công tác tại Phòng Vật liệu và Ứng dụng Quang sợi, Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã tạo điều kiện tốt nhất giúp em thực hiện các thực nghiệm, chỉ bảo và giúp đỡ em trong quá trình thực hiện và hoàn thành.

Mặc dù bản thân đã rất cố gắng, song do thời gian và năng lực còn hạn chế nên luận văn không tránh khỏi những thiếu sót nhất định. Qua đây em rất mong nhận được sự đóng góp quý báu của các thầy, cô giáo và các anh chị cùng các bạn để luận văn được hoàn thiện hơn.

Em xin chân thành cảm ơn!

Thái Nguyên, ngày 17 tháng 4 năm 2017.

Học viên

Phùng Thị Hà

MỤC LỤC

Trang

TRANG BÌA PHỤ

LỜI CAM ĐOAN.....	i
LỜI CẢM ƠN.....	ii
MỤC LỤC.....	iii
DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT.....	iv
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	v
DANH MỤC CÁC HÌNH.....	vi
MỞ ĐẦU.....	1
1. Lý do chọn đề tài.....	1
2. Mục tiêu của luận văn.....	2
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	2
5. Phương pháp nghiên cứu.....	3
6. Ý nghĩa của luận văn.....	4
7. Cấu trúc của luận văn.....	4
Chương 1 TỔNG QUAN VỀ CẤU TRÚC TINH THỂ QUANG TỬ MỘT CHIỀU (1D) ỨNG DỤNG TRONG LĨNH VỰC SINH - HÓA.....	5
1.1. Giới thiệu chung về cấu trúc tinh thể quang tử (PC) một chiều (1D).....	5
1.2. Cấu trúc tinh thể quang tử 1D trên cơ sở Silic xốp ứng dụng trong cảm biến sinh - hóa.....	6
1.2.1. Gương phản xạ Bragg (DBR - Distributed Bragg Reflector).....	7
1.2.2. Buồng vi cộng hưởng 1D (Microcavity).....	10
1.2.3. Phương pháp chế tạo tinh thể quang tử 1D trên nền Silic xốp.....	12
1.2.4. Ứng dụng của cấu trúc quang tử 1D trên cơ sở Silic xốp.....	12
1.3. Cấu trúc tinh thể quang tử 1D trên cơ sở cách tử Bragg trong sợi quang (FBG) ứng dụng trong cảm biến sinh hóa.....	17
1.3.1. Cách tử Bragg trong sợi quang.....	17
1.3.2. Các phương pháp chế tạo FBG.....	20
1.3.3. Ứng dụng của cấu trúc tinh thể quang tử 1D trên cơ sở cách tử Bragg trong sợi quang (FBG).....	21

1.4. Tính cấp thiết của việc xác định nồng độ Nitrate trong môi trường nước.....	27
Chương 2 MỘT SỐ PHÉP ĐO THỰC NGHIỆM SỬ DỤNG CHO CẢM BIẾN SINH - HÓA DỰA TRÊN CẤU TRÚC QUANG TỬ 1D.....	29
2.1. Các phép đo thực nghiệm sử dụng trong thực nghiệm chế tạo tinh thể quang tử 1D trên cơ sở Silic xốp ứng dụng trong cảm biến hóa- sinh.....	29
2.1.1. Các phép đo phổ phản xạ bằng máy CARRY 5000 (UV-VIS-NIR Spectrophotometer Cary 5000).....	29
2.1.2. Phương pháp nghiên cứu vi hình thái	32
2.1.3. Hệ thiết bị cảm biến quang tử nano	35
2.2. Các phép đo thực nghiệm sử dụng trong thực nghiệm chế tạo tinh thể quang tử 1D trên cơ sở cách tử Bragg trong sợi quang ứng dụng trong cảm biến hóa - sinh.	38
2.2.1. Đo hệ phản xạ của FBG thông qua phổ phản xạ.....	38
2.2.2. Đo hệ số phản xạ của cách tử thông qua phổ truyền qua.....	41
Chương 3 THỰC NGHIỆM CHẾ TẠO CẢM BIẾN SINH HÓA TRÊN.....	42
TINH THỂ QUANG TỬ MỘT CHIỀU (1D) TRÊN CƠ SỞ SILIC XỐP VÀ CÁCH TỬ BRAGG TRONG SỢI QUANG	42
3.1. Thực nghiệm chế tạo cảm biến sinh hóa trên tinh thể quang tử một chiều (1D) trên cơ sở Silic xốp.....	42
3.1.1. Nguyên lý, quy trình chế tạo linh kiện cảm biến quang tử nano	42
3.1.2. Thiết kế chế tạo linh kiện cảm biến quang tử nano dựa trên cấu trúc buồng vi cộng hưởng 1D	45
3.1.3. Các kết quả chế tạo cảm biến quang tử nano dựa trên cấu trúc buồng vi cộng hưởng một chiều	49
3.2. Thực nghiệm chế tạo cảm biến sinh hóa tinh thể quang tử một chiều (1D) trên cơ sở cách tử Bragg trong sợi quang	53
3.2.1. Quy trình chế tạo cách tử Bragg trong sợi quang	53
3.2.2. Quy trình chế tạo Etched-Fiber Bragg Grating (e-FBG)	60
Chương 4 KẾT QUẢ ỨNG DỤNG CẢM BIẾN SINH HÓA TRÊN CẤU TRÚC TINH THỂ QUANG TỬ MỘT CHIỀU (1D) VÀO XÁC ĐỊNH NỒNG ĐỘ NITRATE TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC.....	67

4.1. Kết quả ứng dụng cảm biến sinh-hóa trên cấu trúc tinh thể quang tử 1D trên cơ sở Silic xốp vào xác định nồng độ Nitrate trong môi trường nước.	67
4.1.1. Nguyên lý hoạt động của cảm biến quang tử nano dựa trên cấu trúc buồng vi cộng hưởng 1D làm bằng Silic xốp	67
4.1.2. Kết quả đo cảm biến quang dựa trên cấu trúc buồng vi cộng hưởng 1D làm bằng Silic xốp sử dụng phương pháp cảm biến pha lỏng.....	68
4.2. Kết quả ứng dụng cảm biến sinh-hóa trên cấu trúc tinh thể quang tử một chiều 1D trên cách tử Bragg trong sợi quang vào xác định nồng độ Nitrate trong môi trường nước	72
4.2.1. Thiết kế, xây dựng cấu hình đo của cảm biến e-FBG.....	72
4.2.2. Khảo sát các cấu hình đo của cảm biến tích hợp phần tử cảm biến e-FBG trong cấu hình laser vòng và laser sợi quang pha tạp Erbium.....	77
4.2.3. Thực nghiệm xác định nồng độ Nitrate trong môi trường nước	81
KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN.....	84
TÀI LIỆU THAM KHẢO	86
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH CÓ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN VĂN	88

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

Chữ viết tắt	Diễn giải
PC	Photonic crystal
PCs	Photonic crystals
1D	One-dimension
SEM	Scanning Electron Microscope
FE-SEM	Field Emission Scanning Electron Microscope
DBR	Distributed Bragg Reflector
TEM	Transmission Electron Microscope
FBG	Fiber Bragg Grating
e- FBG	Etched-Fiber Bragg Grating
OSA	Optical Sepectrum Analyzer
EDFA	Erbium Drop Fiber Amplifier
EDF	Erbium - Doper Fiber
WDM	Wavelength Division Multiplexing
PPM	Parts Per Million

DANH MỤC CÁC BẢNG

Trang

Bảng 2.1 Các thông số hoạt động module laser SDLO 2564-165-GC.....	40
Bảng 3.1 Một số điều kiện ăn mòn để chế tạo cảm biến quang dựa trên cấu trúc buồng vi cộng hưởng một chiều	48
Bảng 4.1 Sự thay đổi bước sóng cộng hưởng trong phổ phản xạ với các nồng độ Nitrate khác nhau.....	71

DANH MỤC CÁC HÌNH

Trang

Hình 1.1 Mô tả cấu trúc hình học các PC một chiều	5
Hình 1.2 Tia phản xạ và tia truyền qua trong trường hợp màng đơn lớp (a) và trong trường hợp màng đa lớp (b)	8
Hình 1.3 Sơ đồ cấu trúc của một DBR tuần hoàn, n_i và d_i là chiết suất và bề dày tương ứng của lớp i , N là số chu kỳ.....	8
Hình 1.4 Hình minh họa của các hiệu ứng phản xạ của một gương phản xạ Bragg.....	9
Hình 1.5 Sơ đồ cắt ngang cấu trúc của một buồng vi cộng hưởng với chiết suất của lớp không gian là n_s và chiều dày lớp không gian là d_s	10
Hình 1.6 Phổ phản xạ của buồng vi cộng hưởng 1D tại bước sóng trung tâm $\lambda_0=650\text{nm}$.	11
Hình 1.7 Giảm đồ minh họa khái niệm chiết suất hiệu dụng của Silic xốp	13
Hình 1.8 Mối quan hệ giữa độ xốp và chiết suất của Silic xốp.....	13
Hình 1.9 Hình ảnh mô phỏng sự hoạt động của cảm biến Fabry-Perot làm bằng Silic xốp.....	14
Hình 1.10 Mô phỏng sự hoạt động của gương phản xạ Bragg trong cảm biến làm bằng Silic xốp.	15
Hình 1.11 Cấu tạo cách tử Bragg và phân bố chiết suất của nó với n_1 là chiết suất vỏ, n_2 là chiết suất lõi cách tử.....	18
Hình 1.12 Nguyên lý hoạt động của cách tử Bragg.	19
Hình 1.13 Dạng phổ của tín hiệu vào (a), sau khi đi qua (b) và phản xạ (c) của sợi cách tử Bragg.....	19
Hình 1.14 Cấu trúc GeO_2 trong lõi sợi quang.	21
Hình 1.15 Sự giao thoa của hai chùm tia UV để tạo FBG.....	21
Hình 1.16 Các thành phần cơ bản của một hệ thống cảm biến sợi quang.	23
Hình 1.17 Trường evanescent trong mặt tiếp xúc giữa lõi-vỏ sợi quang.....	25
Hình 2.1 Sơ đồ nguyên lý hệ quang học máy quang phổ UV/VIS/NIA Carry 5000.....	29
Hình 2.2 UV-VIS-NIR Spectrophotometer (Carry 5000).....	31
Hình 2.3 Sơ đồ khối của kính hiển vi điện tử quét: (1) Súng điện tử, (2) Thấu kính điện tử, (3) Mẫu đo, (4) Bộ phát quét, (5) Đầu thu, (6) Bộ khuếch đại, (7) Đèn hình.....	33