

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO BUỒNG VI CỘNG HƯỞNG FABRY - PEROT CẤU TRÚC TINH THỂ QUANG TỬ MỘT CHIỀU VÀ ỨNG DỤNG TRONG CẢM BIẾN QUANG

Hoàng Lê Hà*, Nguyễn Văn Ân

Khoa Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Khoa học Huế

*Email: hoangleha87@gmail.com

TÓM TẮT

Nội dung chính của bài báo đề cập đến tinh thể quang tử và ứng dụng của buồng vi cộng hưởng Fabry- Perot có cấu trúc tinh thể quang tử một chiều trong cảm biến quang phân biệt chất lỏng. Bài báo này trình bày tổng quan về tinh thể quang tử, phương pháp mô phỏng FDTD cũng như các kết quả thực nghiệm về chế tạo và đo đặc phổ đặc trưng của buồng vi cộng hưởng Fabry- Perot. Bằng cách quan sát sự dịch bước sóng cộng hưởng trong phổ phản xạ khi nhúng vào các chất lỏng có chiết suất khác nhau, chúng ta có thể phân biệt được các loại chất lỏng. Đây là các kết quả bước đầu cho việc xây dựng cảm biến quang phân biệt chất lỏng khác nhau sau này.

Từ khóa: Fabry- Perot, FDTD, tinh thể quang tử.

1. MỞ ĐẦU

Hiện nay cảm biến quang là một trong những ứng dụng khá quan trọng trong kiểm soát và bảo vệ môi trường[4], thí dụ như chúng được sử dụng để xác định được các loại hóa chất và nồng độ của chúng trong môi trường thông qua sự thay đổi nhỏ của chiết suất. Các cảm biến quang đang trên đà phát triển và thể hiện những ưu điểm vượt trội như kích thước nhỏ, khối lượng nhẹ, độ nhạy cao, ít bị ảnh hưởng bởi nhiễu xạ từ trường và có độ bền cao trong môi trường khắc nghiệt. Do đó nhiều cảm biến quang có khả năng thay thế các cảm biến truyền thống trong các ứng dụng đo các đại lượng vật lý, hóa học hay sinh học.

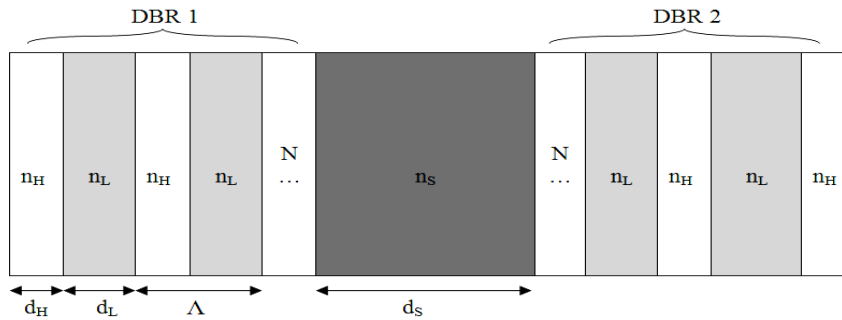
Tinh thể quang tử là một loại vật liệu mới có cấu trúc không gian là sự tuần hoàn của các vật liệu có hằng số điện môi khác nhau. Sự biến đổi tuần hoàn của hằng số điện môi làm xuất hiện vùng cấm quang (photonic band gap - PBG) trong cấu trúc vùng (được hiểu là mối liên hệ giữa tần số và số sóng) của tinh thể quang tử[6]. Trong đó, tinh thể quang tử một chiều là cấu trúc mà sự tuần hoàn của hằng số điện môi chỉ hướng theo một chiều xác định trong khi hai chiều còn lại là không đổi. Buồng vi cộng hưởng Fabry- Perot sử dụng cấu trúc tinh thể quang tử một chiều có bước sóng cộng hưởng rất nhạy với những thay đổi của độ dày và chiết suất của các lớp xếp trong màng. Do đó, thông qua sự dịch phổ của buồng vi cộng hưởng mà ta có thể xác định sự thay đổi của chiết suất nếu cho rằng chiều dày là cố định. Dựa vào đặc tính này

chúng ta có thể sử dụng buồng vi cộng hưởng làm cảm biến cho các chất sinh hóa trong môi trường lỏng hoặc khí..

2. TỔNG QUAN VỀ BUỒNG VI CỘNG HƯỞNG FABRY- PEROT CẤU TRÚC TINH THỂ QUANG TỬ MỘT CHIỀU VÀ QUY TRÌNH CHẾ TẠO

2.1 Đặc trưng buồng vi cộng hưởng Fabry- Perot.

Buồng vi cộng hưởng sử dụng cấu trúc tinh thể quang tử một chiều gồm 2 tấm gương phản xạ Bragg (DBR) nằm đối xứng với nhau qua lớp không gian. Cấu trúc của buồng vi cộng hưởng được trình bày trên hình vẽ bao gồm DBR₁, DBR₂ là các gương Bragg và lớp không gian. Cả hai thành phần gương Bragg và lớp không gian đều ảnh hưởng mạnh đến đặc tính của buồng cộng hưởng và dưới đây chúng ta sẽ lần lượt nghiên cứu chi tiết các thành phần này [1,6].

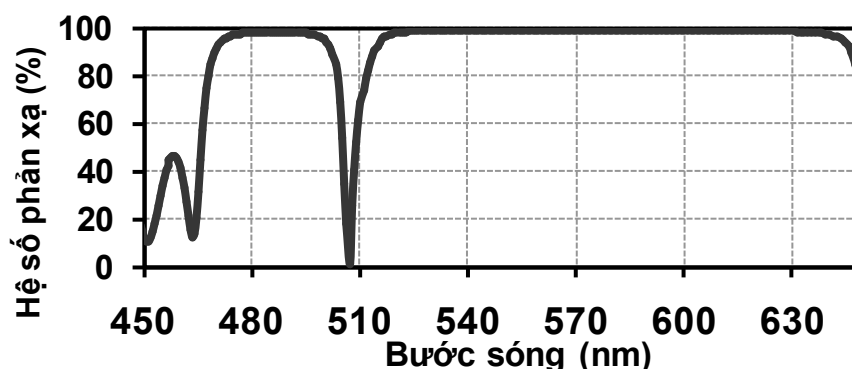


Hình 1. Minh họa cấu tạo của buồng vi cộng hưởng có cấu trúc tinh thể quang tử một chiều. Chiết suất của lớp không gian là n_s và bề dày của lớp này là d_s . Lớp không gian được đưa vào giữa hai DBR đối xứng với chiết suất của các lớp là n_H , n_L và bề dày d_H , d_L

Tương tự tính chất tuần hoàn của trường thế trong đơn tinh thể chất rắn làm nảy sinh ra vùng cấm năng lượng, tính chất tuần hoàn của hàm điện môi trong tinh thể quang tử làm xuất hiện vùng cấm quang mà thể hiện trên phổ phản xạ là một dải bước sóng với độ phản xạ rất cao như trên hình 2 [6]. Lớp không gian của buồng vi cộng hưởng được xem như là một sai hỏng của tính tuần hoàn của hàm điện môi trong tinh thể quang tử. Điều này tương ứng với trạng thái cho phép trong vùng cấm quang mà thể hiện trên phổ phản xạ là một khe hẹp với độ phản xạ đột ngột giảm xuống rất thấp thậm chí xấp xỉ bằng không. Bước sóng ứng với trạng thái cho phép này được gọi là bước sóng cộng hưởng λ_{CH} . Bước sóng này có quan hệ với bề dày quang học lớp không gian và bề dày quang học DBR như sau.

$$n_s d_s = \frac{\lambda_{CH}}{2} \text{ hoặc } n_s d_s = \lambda_{CH} \quad (1)$$

$$n_L d_L = n_H d_H = \frac{\lambda_{CH}}{4} \quad (2)$$

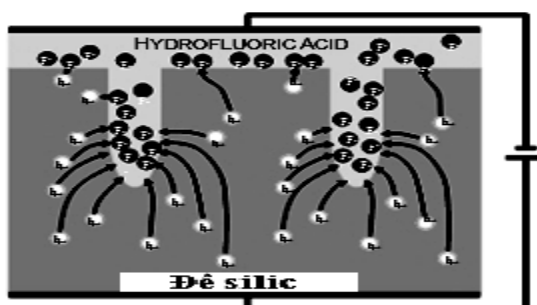


Hình 2. Minh họa phổ phản xạ buồng vi cộng hưởng có hệ số phản xạ xấp xỉ bằng không ứng bước sóng cộng hưởng $\lambda_{CH} = 508,31 \text{ nm}$.

Bước sóng cộng hưởng rất nhạy với những thay đổi của bề dày vật lý và chiết suất của lớp không gian. Nói cách khác, bề dày quang học lớp không gian sẽ quyết định đến bước sóng cộng hưởng của buồng vi cộng hưởng [4]. Cụ thể bước sóng cộng hưởng sẽ thay đổi khi buồng vi cộng hưởng được nhúng vào các chất lỏng có chiết suất khác nhau. Thông qua sự dịch phổ, chúng ta có thể xác định chiết suất chất lỏng đã nhúng vào.

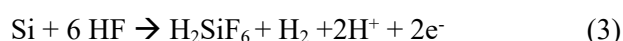
2.2 Quy trình chế tạo buồng vi cộng hưởng Fabry- Perot.

Hiện nay phương pháp chế tạo tinh thể quang tử một chiều dựa trên màng Silic xốp đa lớp theo quy trình ăn mòn điện hóa đang rất được quan tâm do có thể điều khiển tương đối chính xác chiết suất và độ dày các lớp. Từ đó tạo ra buồng vi cộng hưởng như ý muốn bằng cách tạo ra các khuyết tật (sai hỏng) trong tinh thể quang tử 1D, tạo tiền đề cho phát triển laser hay cảm biến hóa sinh... Silic xốp có thể được tạo ra bằng rất nhiều phương pháp chế tạo. Phương pháp ăn mòn điện hóa là một trong những phương pháp đơn giản để tạo ra Silic xốp. Cụ thể, việc điện hóa phiên Silic trong các dung dịch có chứa HF sẽ tạo ra Silic xốp với các đặc tính như mong muốn [3,4,5].



Hình 3. Minh họa quá trình ăn mòn Silic theo phương pháp điện hóa

Phương trình phản ứng hóa học tổng quát :



Buồng vi cộng hưởng được tạo ra bằng cách ăn mòn để tạo ra một gương phản xạ Bragg (DBR) ở phía trên với bề dày quang học của mỗi lớp là $\lambda/4$, các lớp có chiết suất cao và thấp xen kẽ nhau, sau đó ăn mòn một lớp không gian với bề dày quang học bằng $\lambda/2$ với chiết suất bằng chiết suất của lớp có độ xốp cao (tương ứng với chiết suất thấp) và cuối cùng ăn mòn để tạo ra một DBR ở phía dưới với các điều kiện giống như DBR đã chế tạo ở bên trên. Mỗi chu kỳ bao gồm một lớp có độ xốp thấp và một lớp có độ xốp cao, do đó một nửa chu kỳ có nghĩa là chế tạo một lớp có độ xốp thấp [5]. Để tạo ra các lớp có chiết suất thay đổi tuần hoàn nằm xen kẽ nhau thì mật độ dòng điện cũng được thay đổi như trong bảng sau đây, mỗi một mật độ dòng điện tương ứng với một độ xốp khác nhau. Ngoài ra, thời gian ăn mòn sẽ quyết định bề dày của mỗi lớp[1,2].

Bảng 1. Các điều kiện ăn mòn để chế tạo buồng vi cộng hưởng [5]

Mô tả	Mật độ dòng (mA/cm ²)	Thời gian (s)
Gương trên (Chu kỳ N+0,5)	15	6,35
	50	3,63
Lớp không gian	50	7,26
Gương dưới (Chu kỳ N+1)	15	6,35
	50	3,63

Lý thuyết chỉ ra rằng bước sóng cộng hưởng của buồng vi cộng hưởng Fabry- Perot phụ thuộc chủ yếu vào bề dày lớp vật liệu cũng như chiết suất lớp sai hỏng. Khi nhúng cảm biến vào trong các chất lỏng có chiết suất khác nhau thì các phân tử chất lỏng sẽ lấp đầy các lỗ xốp trong buồng vi cộng hưởng. Một cách gần đúng ta giả sử bề dày vật liệu các lớp không thay đổi do tác động này. Tuy nhiên chiết suất của các lớp cấu thành nên buồng vi cộng hưởng lại thay đổi so với ban đầu. Kết quả là bước sóng cộng hưởng sẽ thay đổi mà cụ thể bước sóng này dịch về phía bước sóng dài.

Bước sóng cộng hưởng khi nhúng vào các môi trường chiết suất này phụ thuộc vào chiết suất và bề dày lớp sai hỏng theo quan hệ $n_s d_s = \frac{\lambda_{CH}}{2}$ trong đó d_s được xem như không đổi. Sự thay đổi chiết suất n_s của các lớp xốp phụ thuộc vào chiết suất chất lỏng nhúng vào và độ xốp của các lớp. Giá trị chiết suất này được xác định từ phương trình hiệu dụng Bruggeman theo phương pháp như sau.

Ở đây Silic xốp được xem là một hỗn hợp của Silic và không khí, chiết suất của Silic xốp dự đoán sẽ thấp hơn so với chiết suất của khối Silic. Việc xác định chính xác chiết suất trung bình của Silic và không khí dựa vào trọng lượng riêng không phải lúc nào cũng chính xác. Do việc trộn lẫn hỗn hợp gồm 2 pha ở một thang chiều dài nhỏ hơn nhiều so với bước sóng trong vùng khả kiến và hồng ngoại nên mô hình môi trường hiệu dụng được sử dụng để xác định chiết suất của Silic xốp. Diễn hình là mô hình hiệu dụng được đưa ra bởi Bruggeman

Mô hình Bruggeman được đặc trưng bởi phương trình:

$$(1-P) \frac{n_{Si}^2 - n_{PSi}^2}{n_{Si}^2 + 2n_{PSi}^2} + P \frac{n_{void}^2 - n_{PSi}^2}{n_{void}^2 + 2n_{PSi}^2} = 0 \quad (4)$$

Trong đó: P là độ xốp- tỷ phần khối lượng Silic xốp bị hòa tan trong quá trình điện hóa so với khối lượng Silic ban đầu, $n_{Si} = 3,42$ là hằng số điện môi của Silic, n_{PSi} là hằng số điện môi hiệu dụng của Silic xốp, và $n_{void} = 1$ là hằng số điện môi của các chỗ trống.

Quá trình tính toán mô phỏng sự thay đổi phổ phản xạ tuân theo các bước như sau[4].

- Ta xác định được chiết suất của các lớp xốp dựa vào bước sóng cộng hưởng thực nghiệm ban đầu khi chưa nhúng vào chất lỏng và bề dày các lớp xốp từ ảnh SEM (Scanning Electron Microscopy) theo quan hệ $n_S d_S = \frac{\lambda_{CH}}{2}$ và $n_L d_L = n_H d_H = \frac{\lambda_{CH}}{4}$.

- Xác định độ xốp P_H và P_L lần lượt của các lớp độ xốp cao và thấp theo các giá trị hằng số điện môi của lớp xốp ban đầu khi cảm biến được đặt trong không khí dựa vào phương trình Bruggeman. Trong tính toán mô phỏng chúng tôi xác định trước khi nhúng vào các chất lỏng thì $P_H = 0,34$ và $P_L = 0,62$.

- Xác định giá trị hằng số điện môi của các lớp xốp khi các lỗ xốp (chỗ trống) được lấp đầy bởi các chất lỏng có chiết suất điện môi biết trước cũng dựa theo phương trình Bruggeman với các giá trị độ xốp đã được xác định ở trên.

- Xác định bước sóng cộng hưởng khi nhúng cảm biến vào chất lỏng theo phổ phản xạ mô phỏng.

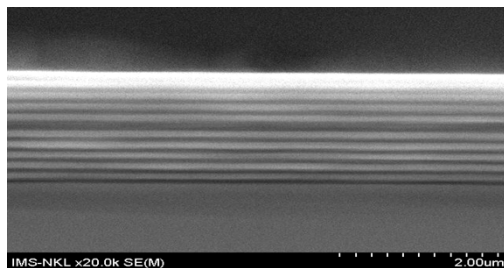
3. Kết quả chế tạo và đo đạc trong thực tế

Buồng vi cộng hưởng Fabry-Perot chúng tôi thiết kế có bước sóng cộng hưởng $\lambda_{CH} = 508,31$ ứng với các thông số đặc trưng như sau:

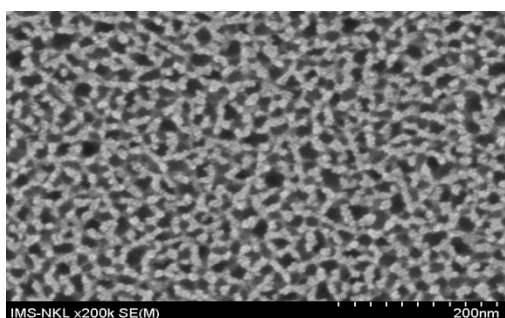
- Chu kỳ gương DBR phía trên: $N = 4,5$.
- Chu kỳ gương DBR phía dưới (lớp sát đế Silic): $N = 5$.
- Bề dày lớp chiết suất cao (độ xốp thấp): $d_H = 49,45$ nm
- Bề dày lớp chiết suất thấp (độ xốp cao): $d_L = 71,79$ nm
- Bề dày lớp không gian sai hỏng: $d_S = 143,59$ nm
- Chiết suất lớp có độ xốp thấp: $n_H = 2,57$
- Chiết suất lớp có độ xốp cao: $n_L = 1,77$
- Chiết suất lớp không gian sai hỏng: $n_S = n_L = 1,77$

Sau đây là các kết quả về cấu trúc buồng vi cộng hưởng được chụp bằng phương pháp cộng hưởng từ. Mặt cắt ngang của các gương Bragg có số chu kỳ N tương ứng là 4,5 và 5. Mỗi một chu kỳ bao gồm một lớp có chiết suất cao và một lớp có chiết suất thấp. Độ tương phản

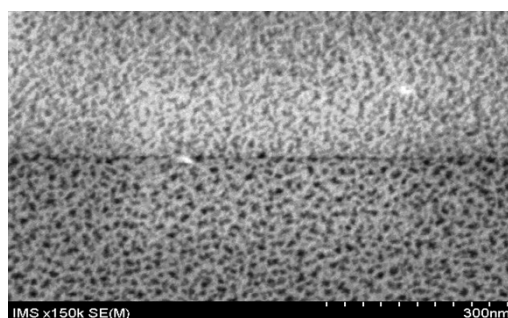
(sáng và tối hơn) của các lớp có chiết suất khác nhau thể hiện rõ trên ảnh đó có thể sử dụng ảnh để xác định số lớp và đánh giá chiều dày của một chu kỳ (gồm 2 lớp liền kề) cũng như chiều dày toàn bộ màng mỏng. Ảnh FE- SEM này cũng là một bằng chứng chứng tỏ chúng tôi đã chế tạo các gương Bragg gồm các lớp Silic xốp có chiết suất khác nhau được sắp xếp tuần hoàn theo một chiều.



Hình 4. Ảnh FE- SEM của một buồng vi cộng hưởng Fabry- Perot [6]



a)



b)

Hình 5. a) Ảnh chụp FE- SEM biểu diễn trật tự các lỗ xốp trong cấu trúc
b) Ảnh FE- SEM của hai lớp liền kề có mật độ dòng lần lượt 15 và 50 mA/cm²

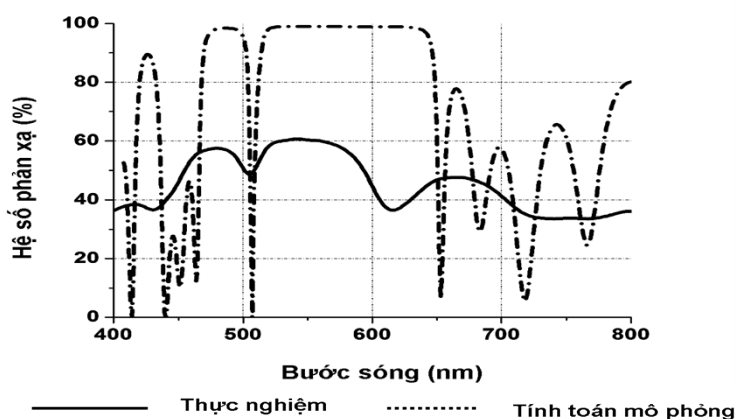
Tiến hành đo phổ phản xạ của buồng vi cộng hưởng khi nhúng vào các môi trường chất lỏng khác nhau bằng máy phân tích phổ Cary- 5000 chúng tôi có kết quả dịch bước sóng thể hiện như bảng 2. Chúng tôi có nhận xét rằng khi thay đổi môi trường xung quanh bằng các chất lỏng có chiết suất tăng dần thì bước sóng cộng hưởng cũng tăng theo. Trong trường hợp chất lỏng được nhúng vào là Ethanol và Axeton thì độ dịch bước sóng gần như là trùng nhau. Nguyên nhân là chiết suất của hai chất lỏng này có giá trị gần bằng nhau nên độ dịch phổ sẽ gần như tương đương nhau. Nếu sử dụng cảm biến này để phân biệt giữa Ethanol và Axeton thì sẽ không phù hợp. Do đó đối với các chất lỏng có chiết suất gần như nhau thì cách phân biệt bằng cách nhúng trực tiếp cảm biến vào chất lỏng là không hiệu quả.

Bảng 2. Bảng đối chiếu bước sóng cộng hưởng theo chiết suất môi trường

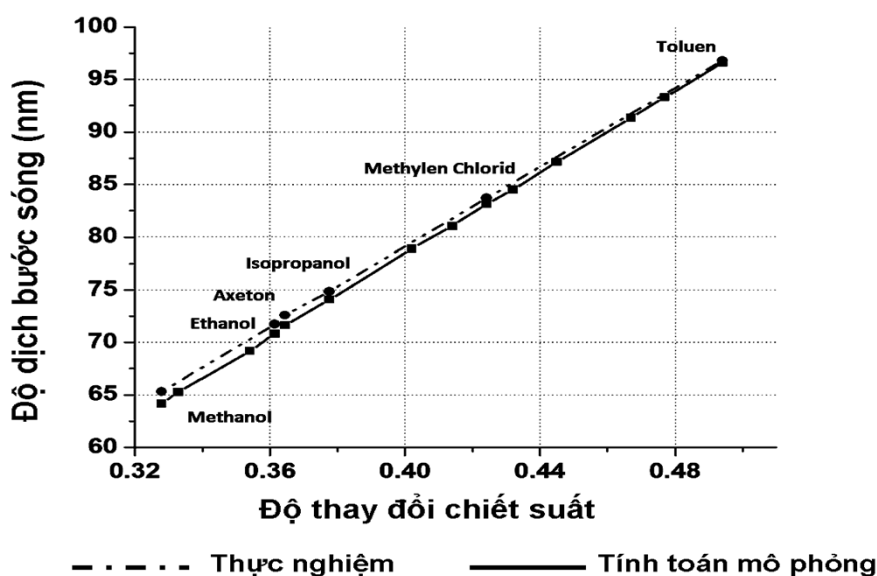
Dung dịch hữu cơ	Chiết suất	Bước sóng cộng hưởng (nm)
Không khí	1	508.31
Methanol (99.5%)	1.328	573.62
Ethanol (99.7%)	1.3614	580.06
Axeton (99.5%)	1.3644	580.91

Isopropanol (99.7%)	1.3776	583.17
Methylene Chloride(CH ₂ Cl ₂)	1.4242	592.01
Toluen (99.5%)	1.494	605.11

So với kết quả tính toán mô phỏng theo phương pháp sai phân hữu hạn trên miền thời gian (FDTD) thì chúng tôi có nhận xét rằng bước sóng cộng hưởng trong cả hai kết quả này là tương đối trùng hợp.



Hình 6. So sánh giữa kết quả thực nghiệm và tính toán mô phỏng phổ phản xạ cảm biến trong không khí



Hình 7. So sánh giữa kết quả thực nghiệm và tính toán mô phỏng quan hệ giữa độ dịch bước sóng và độ thay đổi chiết suất môi trường

Từ kết quả thu được về đo bước sóng cộng hưởng, chúng tôi tiến hành vẽ đồ thị biểu diễn quan hệ giữa độ dịch bước sóng và độ thay đổi chiết suất môi trường trong thực tế trên cơ sở đối chiếu kết quả lý thuyết. Hình 7 là quan hệ giữa độ dịch bước sóng cộng hưởng và độ thay đổi chiết suất môi trường trong so sánh giữa đo đạc thực nghiệm và tính toán mô phỏng. Ta có

nhận xét giữa kết quả thực nghiệm và tính toán mô phỏng có một độ sai lệch nhất định. Tuy nhiên cả hai kết quả đều thể hiện mối quan hệ tuyến tính giữa độ dịch bước sóng và độ thay đổi chiết suất.

Qua đồ thị hình vẽ ta có thể quan sát mức thay đổi của bước sóng cộng hưởng phụ thuộc vào sự thay đổi chiết suất khi ta cho cảm biến nhúng trong các chất lỏng khác nhau như Methanol, Ethanol, Axeton, Isopropanol, Methylen Chloride và Toluene. Từ đó ta rút ra kết luận đối với chất lỏng có chiết suất khác nhau khi sử dụng cảm biến quang trên cơ sở buồng vi cộng hưởng bằng Silic đa lớp xếp thì cho ta những độ dịch bước sóng cộng hưởng khác nhau, từ đó ta có thể xác định được phẩm chất của chúng.

Ngoài ra chúng tôi xác định độ nhạy của cảm biến trong các trường hợp chất lỏng khác nhau và qua đó xác định được độ nhạy của cảm biến ($\Delta\lambda/\Delta n$) trung bình là 198.06 nm/RIU. Độ nhạy này có nghĩa là khi máy Cary-5000 phát hiện sự thay đổi bước sóng 0.1nm thì sự thay đổi chiết suất tối thiểu trong lớp Silic xếp là $5,04.10^{-4}$.

Các kết quả thực nghiệm đo đạc cũng chỉ ra rằng tại bước sóng cộng hưởng 508.31 nm thì chỉ số phẩm chất của cảm biến là 62,75. Ta có nhận xét là cảm biến sử dụng có số chu kỳ gương DBR là 4,5/5 nên chỉ số phẩm chất chỉ ở mức trung bình. Trong quá trình chế tạo chúng ta có thể tăng giá trị chỉ số phẩm chất khi tăng số chu kỳ gương DBR hoặc độ tương phản chiết suất. Tuy nhiên nếu gương DBR quá dày thì nó sẽ ngăn cản sự thâm thấu của các phân tử chất lỏng vào buồng vi cộng hưởng gây khó khăn cho việc xác định thành phần chất lỏng.

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này chúng tôi đã trình bày quy trình chế tạo buồng vi cộng hưởng có cấu trúc màng đa lớp bằng silic xếp bằng phương pháp ăn mòn điện hóa có chiết suất và bề dày vật lý tùy ý với độ đồng đều cao có cấu trúc vi mô với chỉ số phẩm chất tại bước sóng cộng hưởng $\lambda_{CH} = 508.31$ nm là 62,75.

Ngoài ra chúng tôi đã thử nghiệm thành công cảm biến sử dụng buồng vi cộng hưởng có cấu trúc màng đa lớp bằng Silic xếp với các dung dịch hữu cơ khác nhau như Metanol, Ethanol, Isopropanol... Kết quả này là khá phù hợp với các tính toán mô phỏng bằng phương pháp FDTD.

Từ những kết quả thu được có thể kết luận rằng: đối với buồng vi cộng hưởng dựa trên màng Silic xếp đa lớp khi được ngâm trong môi trường có chiết suất cao hơn không khí thì chiết suất của các lớp điện môi cũng tăng lên. Kết quả là phổ phản xạ cảm biến dịch chuyển về phía bước sóng dài.

5. LỜI CẢM ƠN

Các kết quả chế tạo và đo đạc được thực hiện tại phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia và linh kiện và vật liệu điện tử thuộc viện Khoa học vật liệu- Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Các kết quả này hoàn thành được sự hỗ trợ về kinh phí của đề tài cấp Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VAST) mã số VAST03.06/13-14.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Do Thuy Chi, Bui Huy, Nguyen Thuy Van and Pham Van Hoi, (2011), "Investigation of 1D Photonic Crystal Based on Nano-porous Silicon Multilayer for Optical Filtering", Communications in Physics 21, pp. 89-96.
- [2]. Do Thuy Chi, Bui Huy, Nguyen Thuy Van, Nguyen The Anh and Pham Van Hoi, (2011), "A microcavity based on a porous Silicon multilayer", Adv. Nat. Sci.: Nanosci. Nanotechnol. 2, 035001.
- [3]. Pham Van Hoi, Do Thuy Chi, Bui Huy and Nguyen The Anh, (2011), Silicon-Rich Silicon Oxide Thin Films Fabricated by Electro- Chemical Method, Ch.2, Book "Optoelectronics - Materials and Techniques" ISBN 978-953-307-276-0 Edited by Padmanabhan Predeep, Publisher InTech 24.
- [4]. Pham Van Hoi, Bui Huy, Hoang Le Ha, Nguyen Thuy Van, Nguyen The Anh, Pham Thanh Son and Ngo Quang Minh, "Nano- porous silicon microcavity sensors for determination of organic fuel mixtures", Journal of the Optical Society of Korea 17, pp. 423-427.
- [5]. Bui Huy, Pham Van Hoi, Phan Hong Khoi, Nguyen Thuy Van and Do Thuy Chi, (2011), "Porous Silicon as a promising material for photonics", Int. J. Nanotechnol 8, pp. 360-370.
- [6]. John D. Joannopoulos, Steven G. Johnson, Joshua N. Winn and Robert D. Meade, (2008), "Photonic crystals: molding the flow of light (second edition)", Princeton University Press, New Jersey.

INVESTIGATION AND FABRICATION OF FABRY- PEROT MICROCAVITY BASED ON PHOTONIC CRYSTAL STRUCTURE FOR OPTICAL SENSOR APPLICATION

Hoang Le Ha*, Nguyen Van An

Faculty of Electronics and Telecommunications, Hue University of Sciences

Email: hoangleha87@gmail.com

ABSTRACT

The main content of this paper is to focus on representing the preliminary results of fabrication and characteristics of Fabry- Perot microcavity based on nano- porous silicon structure. The microcavity fabrication is an electro- chemical etching method on the silicon substrates, which could exactly control the porosity and thickness of the porous silicon layers. The microcavity characteristics can be predicted by simulation calculations using the Finite Difference Time Domain (FDTD) and then obtained by experimental measurements of the different liquids with known refractive index. In this article, we evaluated the microcavity characteristics with liquids such as Methano, Ethanol....to determine the relation between resonant wavelength shift and refractive index change. The simulation and experimental results indicate that resonant wavelength is shifted by refractive index change of the nano- porous layers due to the interaction with liquid ambient. This relation is fundamental result for bio- chemical sensor fabrication in the future.

Key words: *Fabry- Perot, FDTD, photonic crystal.*