CẤU TRÚC NANO KIM LOẠI TẠO HIỆU ỨNG PLASMONIC CÓ KHẢ NĂNG HẤP THỤ HAI DẢI BƯỚC SÓNG ỨNG DỤNG CHO CẢM BIẾN CHIẾT SUẤT

Hoàng Thu Trang[1], Nguyễn Xuân Bách[2], Ngô Quang Minh[2], Nguyễn Văn Ân[3], Phạm Thanh Sơn[1,*]

[1] Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

[2] Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

[3]Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

*Email: sonpt@ims.vast.ac.vn

Ngày nhận bài: 13/10/2022; ngày hoàn thành phản biện: 17/10/2022; ngày duyệt đăng: 4/4/2023

TÓM TẮT

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày các nghiên cứu về cấu trúc kim loại - điện môi - kim loại (metal-dielectric-metal - MDM) tạo hiệu ứng cộng hưởng plasmonic nhằm ứng dụng cho cảm biến chiết suất có độ nhạy cao và hấp thụ tuyệt đối ánh sáng ở vùng bước sóng hồng ngoại gần. Cấu trúc MDM được tạo thành với các đĩa kim loại (Ag) hình vuông được đặt trên lớp điện môi (SiO_2) mỏng và một màng kim loại (Ag) đủ dày để có thể phản xạ toàn bộ ánh sáng chiếu tới. Phương pháp đạo hàm hữu hạn trên miền thời gian (Finite-difference time-domain - FDTD) đã được sử dụng để phân tích các đặc trưng, tính chất của cấu trúc MDM, từ đó tìm ra thiết kế tối ưu. Phổ phản xạ của cấu trúc cho thấy hai đáy phản xạ tương ứng với hai bước sóng cộng hưởng. Các kết quả nghiên cứu về cấu trúc MDM này có thể được sử dụng để thiết kế các cảm biến chiết suất và linh kiện hấp thụ tuyết đối ánh sáng ở vùng bước sóng hồng ngoại gần.

Từ khóa: Kim loại – điện môi – kim loại, cộng hưởng plasmon bề mặt, cảm biến chiết suất, siêu bề mặt plasmonic, hấp thụ hồng ngoại gần.

1. MỞ ĐẦU

Hiệu ứng plasmon bề mặt (Surface plasmons - SPs) trong các cấu trúc nano là kết quả của sự định xứ điện từ trường mạnh đang được ứng dụng rất nhiều trong các tiến trình quang học [1]. Ngày nay, chúng đã thu hút được rất nhiều sự chú ý của các nhà nghiên cứu do những tiềm năng ứng dụng trong tán xạ Raman tăng cường bề mặt, phát xạ huỳnh quang, nguồn phát thứ cấp cho các bộ điều chế, chuyển mạch quang học, cảm biến và các thiết bị quang tử khác [2-5]. Hơn nữa, kích thước của cấu trúc tạo

hiệu ứng plasmon bề mặt nhỏ hơn rất nhiều so với bước sóng kích thích, do đó chúng có thể được sử dụng trong các thiết bị có thành phần quang học nhỏ hơn giới hạn nhiễu xạ [6]. Cộng hưởng plasmon bề mặt (Surface plasmon resonance - SPR) là một loại plasmon bề mặt mà khi đó các dao động cộng hưởng của các điện tử dẫn xảy ra tại biên của bề mặt tiếp xúc giữa kim loại và điện môi [7]. Cho đến nay, có hai loại mode cộng hưởng plasmon bề mặt đã được biết tới là plasmon bề mặt phân cực (Surface plasmon polariton - SPP) hình thành ở các màng kim loại và plasmon bề mặt định xứ (Localized surface plasmon - LSP) tồn tại ở các cấu trúc kim loại có kích thước nhỏ hơn bước sóng chiếu tới [8].

Trong nghiên cứu của Ebbesen và đồng nghiệp [9], sự lan truyền của ánh sáng qua một khẩu độ nhỏ hơn bước sóng với các màng kim loại quý đã được ghi nhận với sự đóng góp của các kích thích cộng hưởng của plasmon bề mặt. Các nghiên cứu tiếp theo [10] xác nhận rằng cộng hưởng plasmon bề mặt tạo thành trên giao diện của bề mặt kim loại – điện môi được tăng cường mạnh thông qua các khe hở tuần hoàn nhỏ hơn bước sóng ánh sáng. Ánh sáng ở bước sóng trong vùng hồng ngoại gần cho phép thâm nhập sâu và hấp thụ tối thiểu qua môi trường mô tán xạ cao. Các hiệu ứng plasmon bề mặt trong cấu trúc kim loại – điện môi – kim loại (metal-dielectric-metal - MDM) xảy ra ở vùng bước sóng hồng ngoại gần, do đó rất phù hợp trong các ứng dụng cảm biến sinh học. Các vị trí cộng hưởng của cấu trúc có sự dịch chuyển sau khi các phân tử xâm nhập vào các lỗ hổng tuần hoàn [11].

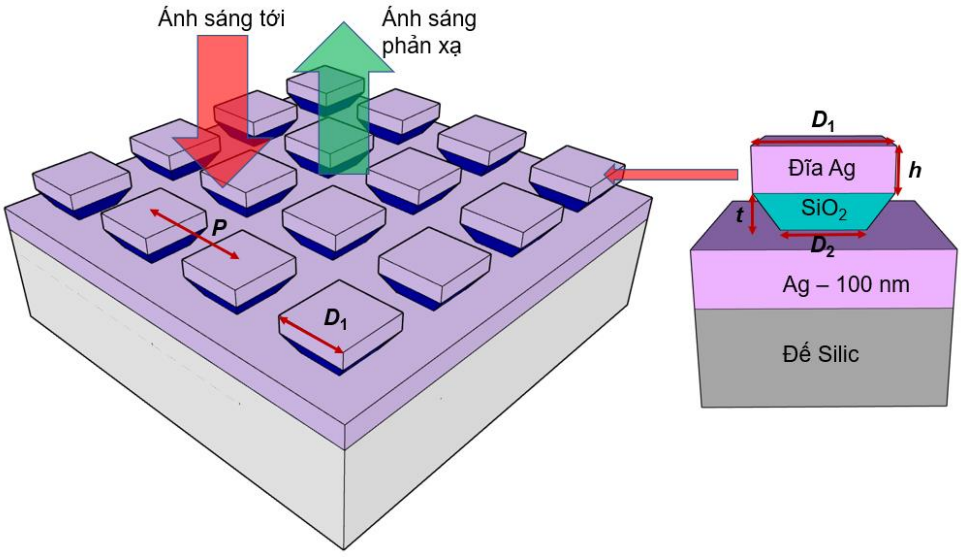
Cùng với sự tiến bộ của khoa học và công nghệ, ngày nay các cấu trúc nano kim loại có kích thước nhỏ hơn bước sóng ánh sáng đã được chế tạo thuận tiện và dễ dàng nhờ vào các kỹ thuật tiên tiến như quang khắc chùm tia điện tử, phún xạ, khắc laser trực tiếp... [12]. Các cấu trúc này có rất nhiều các tính chất đặc biệt mà các vật liệu dạng khối không có như hấp thụ ánh sáng ở dải bước sóng thiết kế, thay đổi màu sắc và nhiều tính chất quang học khác. Các cấu trúc nano kim loại tạo hiệu ứng cộng hưởng plasmon bề mặt cũng có thể dễ dàng được chế tạo và ứng dụng trong nhiều thiết bị tiên tiến [13–15].

Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất một cấu trúc MDM có khả năng tạo hiệu ứng cộng hưởng plasmon ở vùng bước sóng hồng ngoại gần. Độ dày lớp điện môi của cấu trúc nhỏ hơn rất nhiều bước sóng ánh sáng, do đó ánh sáng có thể định xứ trong cấu trúc và điện trường được tăng cường mạnh. Cấu trúc sẽ được nghiên cứu, mô phỏng kỹ lưỡng bằng phương pháp vi phân hữu hạn theo miền thời gian (Finite-difference time-domain - FDTD) [16]. Các kết quả cho thấy cấu trúc có hai đỉnh hấp thụ tại bước sóng cộng hưởng ở vùng bước sóng hồng ngoại gần. Các bước sóng cộng hưởng này cũng rất nhạy với sự thay đổi của chiết suất môi trường xung quanh. Từ đó cấu trúc có khả năng ứng dụng trong các ứng dụng cảm biến chiết suất.

2. THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG CẤU TRÚC

Cấu trúc MDM tạo hiệu ứng cộng hưởng plasmon trong nghiên cứu này được mô tả như trên hình 1. Cấu trúc bao gồm một mảng hai chiều các đĩa kim loại (Ag) hình vuông với chu kì (P) và độ dài cạnh (D_1), chiều cao (h). Đĩa kim loại được đặt trên một lớp SiO_2 mỏng dạng hình chóp cụt ngược có độ dày (t). Kích thước mặt trên lớp SiO_2 giống với đĩa kim loại, mặt dưới có tiết diện hình vuông với chiều dài cạnh (D_2). Bên dưới lớp SiO_2 là một lớp kim loại có độ dày 100 nm. Ở bước sóng hồng ngoại gần, độ dày này lớn hơn rất nhiều so với độ sâu của hiệu ứng bề mặt (skin effect) do đó lớp kim loại này có tác dụng như một gương phản xạ ngăn cách cấu trúc với đế Si bên dưới.

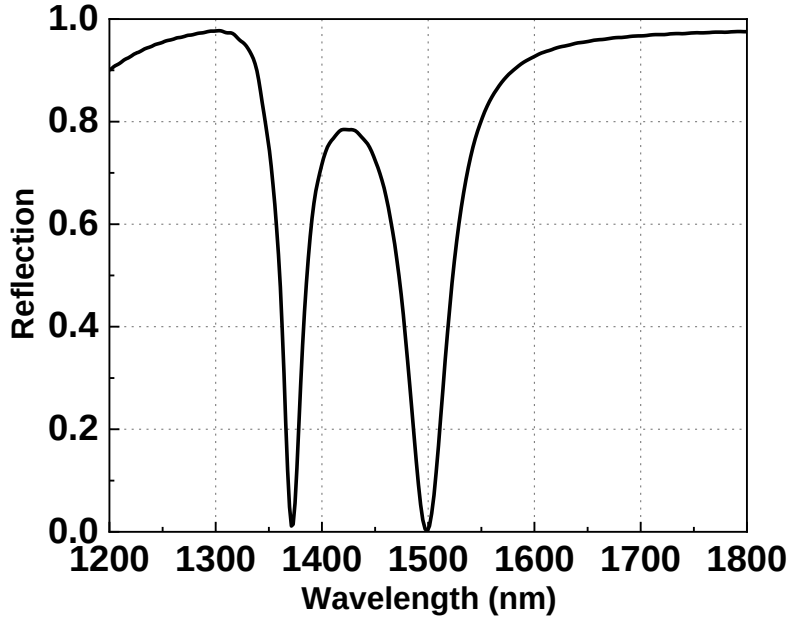
Cấu trúc trên sẽ được tiến hành mô phỏng sử dụng phần mềm thương mại tính toán toàn sóng (3D full-wave electromagnetic wave solver Lumerical FDTD). Các điều kiện biên hoàn hảo (Perfect match) được áp dụng cho mặt trên và mặt dưới của vùng mô phỏng trong khi điều kiện biên tuần hoàn được sử dụng cho các phương ngang của cấu trúc. Phần cấu trúc mô phỏng có kích thước là một ô cơ sở như trong hình phụ của hình 1.



Hình 1. Cấu trúc MDM tạo hiệu ứng cộng hưởng plasmon.

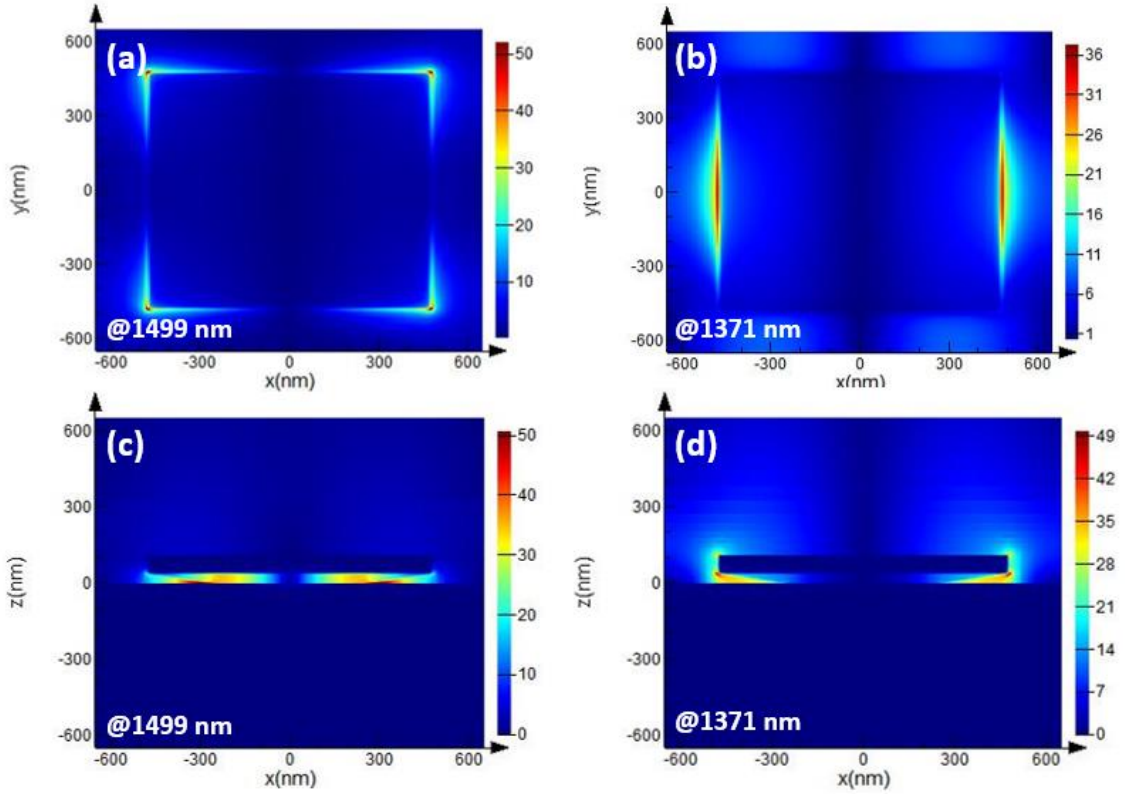
Phổ phản xạ của cấu trúc MDM với các thông số chu kỳ P = 1300 nm, chiều dài cạnh đĩa D_1 = 700 mn, chiều cao đĩa h = 70 nm, chiều dài cạnh dưới lớp SiO_2 D_2 = 500 nm, độ dày lớp SiO2 t = 40 nm với góc chiếu tới vuông góc được trình bày trong hình 2. Do lớp kim loại phía dưới có độ dày 100 nm nên ánh sáng không thể truyền qua xuống tới đế Silic phía dưới. Toàn bộ ánh sáng sẽ bị phản xạ lại hoặc hấp thụ bởi cấu trúc MDM. Phổ phản xạ cho thấy cấu trúc MDM có hai đáy phản xạ tại các bước sóng 1372 nm và 1499 nm. Đây chính là hai bước sóng cộng hưởng của cấu trúc. Tại các bước sóng cộng hưởng này, ánh sáng bị giam giữ trong lớp SiO_2 và bị hấp thụ hết bởi cấu

trúc MDM. Ở cả hai bước sóng cộng hưởng ánh sáng đều gần như bị hấp thụ hết, độ phản xạ gần như bằng không. Các đáy phản xạ này có độ tương phản lớn khi giá trị phản xạ đạt 0,01 so với vùng phổ nền có có giá trị lớn hơn 0,9. Cấu trúc có hệ số phẩm chất cao với các giá trị thu được là 72 và 60 tại các bước sóng 1372 nm và 1499 nm tương ứng. Do đó, cấu trúc MDM này rất phù hợp cho các ứng dụng cảm biến sinh học và hấp thụ tuyệt đối sóng ánh sáng với hai vùng hấp thụ.



Hình 2. Phổ phản xạ của cấu trúc MDM tạo hiệu ứng plasmon với kích thước: chu kỳ P = 1300 nm, D_1 = 700 nm, D_2 = 500 nm, h = 70 nm và độ dày lớp SiO_2 t = 40 nm.

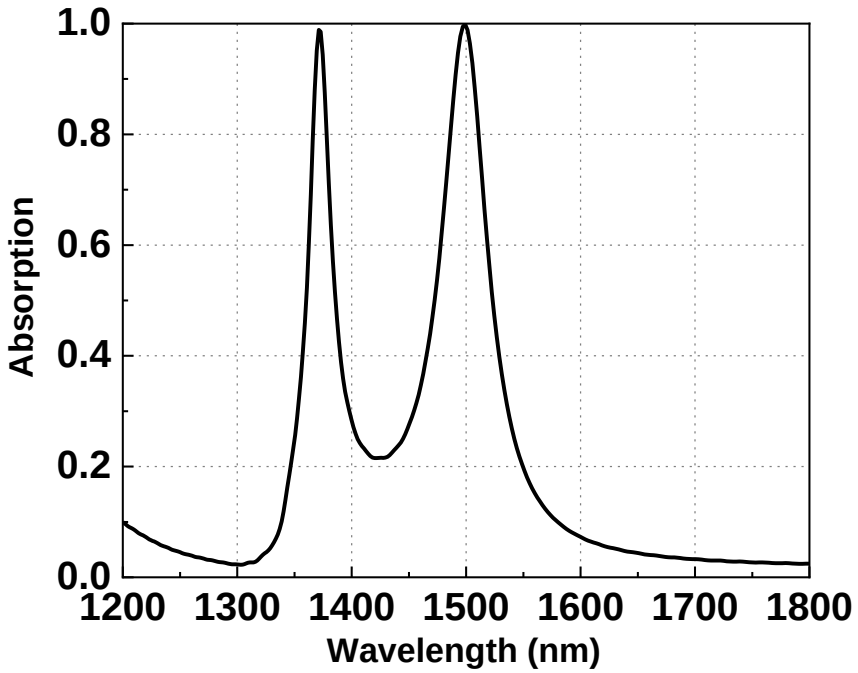
Hình 3 trình bày phân bố điện trường trong cấu trúc MDM tại các tần số cộng hưởng theo hai góc nhìn từ trên xuống và từ cạnh với ánh sáng chiếu tới được phân cực theo phương x. Hình 3a, b cho ta thấy phân bố điện trường trên bề mặt đĩa kim loại theo góc nhìn từ trên xuống. Tại bước sóng 1499 nm điện trường tập trung mạnh ở bốn đỉnh của đĩa kim loại. Trong khi đó, điện trường tập trung mạnh ở hai cạnh bên của đĩa kim loại với bước sóng cộng hưởng 1372 nm. Với góc nhìn từ cạnh cho ta thấy cái nhìn tổng quan hơn về phân bố điện trường trong toàn bộ cấu trúc như trong các hình 3c, d. Tại tần bước sóng hưởng 1499 nm điện trường tập trung chủ yếu trong giữa và phần đáy của lớp SiO_2 như trong hình 3c. Hình 3d cho thấy điện trường mạnh ở vùng rìa phía trên của lớp SiO_2 tại bước sóng cộng hưởng 1372 nm. Điện trường phân bố ở các vị trí khác nhau tại các bước sóng cộng hưởng sẽ ảnh hưởng đến tính chất hấp thụ và phản xạ của cấu trúc MDM khi chiết suất môi trường xung quanh thay đổi.



Hình 3. Phân bố điện trường trong cấu trúc MDM tại các bước sóng cộng hưởng (a), (b) nhìn từ từ trên xuống, (c), (d) nhìn từ cạnh.

3. ỨNG DỤNG CỦA CẤU TRÚC MDM

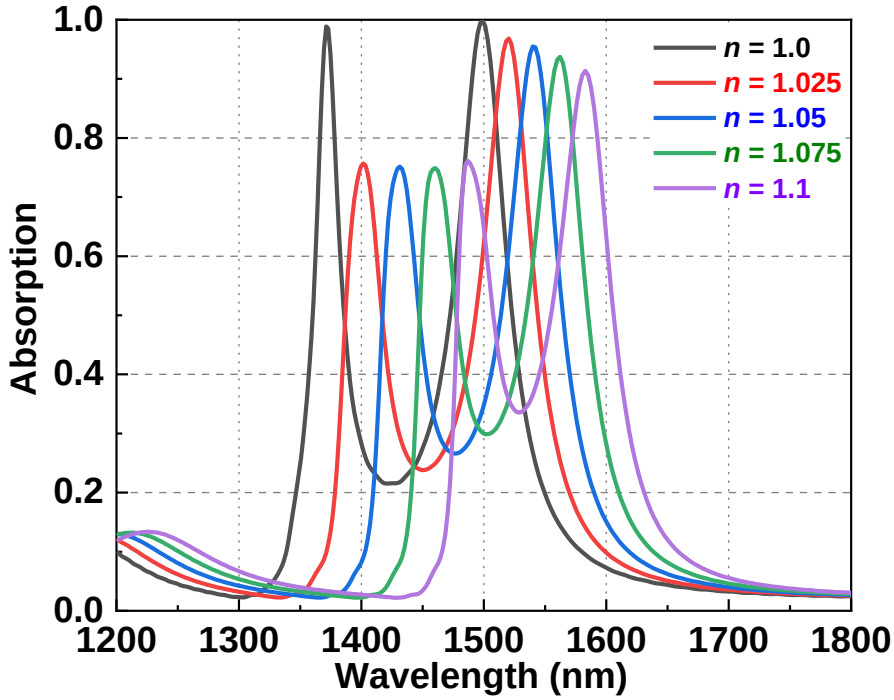
Cấu trúc MDM được thiết kế có lớp gương kim loại dày ngăn cách cấu trúc với đế Silic, đo đó ánh sáng không thể truyền qua cấu trúc. Tại các vùng bước sóng cộng hưởng, phổ phản xạ xuất hiện hai vùng đáy tại các bước sóng 1499 nm và 1372 nm do ánh sáng đã bị hấp thụ hết trong cấu trúc MDM. Độ hấp thụ của cấu trúc có thể được tính bằng công thức $A = 1 - T - R$, trong đó A là cường độ hấp thụ của cấu trúc, T là cường độ truyền qua, R là cường độ phản xạ. Dựa trên công thức trên, ta có thể tính được cường độ hấp thụ của cấu trúc MDM. Hình 4 trình bày phổ hấp thụ của cấu trúc MDM với hai vùng đỉnh hấp thụ cũng chính là các vùng đáy của phổ phản xạ. Cường độ hấp thụ tại hai vùng đỉnh này đạt tới giá trị trên 99%, độ hấp thụ này gần như tuyệt đối. Do vậy, cấu trúc MDM đã đề xuất có thể được sử dụng trong các linh kiện hấp thụ tuyệt đối sóng ánh sáng trong vùng hồng ngoại gần.



Hình 4. Phổ hấp thụ của cấu trúc MDM tạo hiệu ứng plasmon với các tham số: chu kỳ P = 1300 nm, D_1 = 700 nm, D_2 = 500 nm, h = 70 nm và độ dày lớp SiO_2 t = 40 nm.

Bởi vì cấu trúc MDM rất nhạy với sự thay đổi của môi trường xung quanh nên chúng có thể được ứng dụng trong các cảm biến chiết suất. Dải chiết suất từ 1,0 đến 1,1 đã được sử dụng trong một số ứng dụng cảm biến ở môi trường có chiết suất thấp [17, 18]. Hình 5 trình bày sự dịch chuyển đáy cộng hưởng của cấu trúc tương ứng với sự thay đổi của chiết suất môi trường xung quanh. Cả hai đáy cộng hưởng của cấu trúc đều có sự dịch chuyển vị trí khi chiết suất của môi trường thay đổi từ 1,0 đến 1,1. Trong khi đáy cộng hưởng tại bước sóng 1499 nm tiếp tục duy trì được tính hấp thụ cao và độ tương phản lớn thì phổ phản xạ tại bước sóng 1372 nm đã bị ảnh hưởng nhiều về mặt cường độ. Điều này có thể được giải thích do điện trường tại bước sóng cộng hưởng 1372 nm tập trung mạnh ở phía rìa của cấu trúc do đó khi chiết suất môi trường xung quanh thay đổi độ phản xạ bị suy giảm mạnh. Vì lý do đó, vùng đáy cộng hưởng ở bước sóng 1499 nm sẽ thích hợp hơn cho các ứng dụng cảm biến chiết suất. Độ dịch chuyển bước sóng cộng hưởng và độ nhạy của cảm biến với sự thay đổi của chiết suất được trình bày chi tiết trong bảng 1. Độ nhạy của cảm biến được tính bằng công thức $S = \Delta\lambda/\Delta n$, trong đó S là độ nhạy của cảm biến, $\Delta\lambda$ là độ dịch bước sóng, Δn là sự thay đổi của chiết suất. Khi chiết suất của môi trường thay đổi từ 1,0 đến 1,1, bước sóng cộng hưởng của cấu trúc dịch chuyển từ 1499 nm đến 1583 nm. Khi chiết suất của môi trường tăng lên từ 1,0 đến 1,1 cường độ hấp thụ tại bước sóng cộng hưởng cũng bị suy giảm từ 99% về 90%. Tuy nhiên điều đó không ảnh hưởng nhiều tới độ phân giải của cảm biến. Độ nhạy trong bình của cảm biến đạt được là 846 nm/RIU.

Khi so sánh với một số công trình nghiên cứu khác đã được công bố, độ nhạy của cảm biến chiết suất dao động trong khoảng từ 460 nm/RIU [19] cho tới 1015 nm/RIU [20]. Với độ nhạy này cấu trúc MDM có thể đáp ứng rất tốt cho các ứng dụng cảm biến chiết suất.



Hình 5. Phổ hấp thụ của cấu trúc MDM khi thay đổi chiết suất của môi trường từ n = 1,0 đến n = 1,1.

Bảng 1. Sự dịch chuyển bước sóng cộng hưởng và độ nhạy của cảm biến với sự thay đổi của chiết suất môi trường xung quanh.

Chiết suất	**n = 1,0**	**n = 1,025**	**n = 1,05**	**n = 1,075**	**n = 1,1**
Bước sóng cộng hưởng (nm)	1499	1520	1542	1562	1583
Độ nhạy (S) (nm/RIU)		859	847	841	837

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi đã trình bày các kết quả nghiên cứu về cấu trúc MDM tạo hiệu ứng cộng hưởng plasmon ứng dụng cho hấp thụ tuyệt đối sóng ánh sáng và cảm biến chiết suất. Cấu trúc được đề xuất có độ hấp thụ trên 99% tại hai bước sóng cộng hưởng và có độ tương phản tốt phù hợp cho các ứng dụng cảm biến chiết suất. Các phân tích chuyên sâu về phân bố trường trong cấu trúc MDM đã được thực hiện nhằm hiểu rõ hơn về cơ chế hấp thụ tại các bước sóng cộng hưởng. Các khảo sát về sự dịch chuyển bước sóng cộng hưởng của cấu trúc khi thay đổi chiết suất môi trường xung quanh đã được thực hiện. Kết quả cho thấy bước sóng cộng hưởng có sự dịch chuyển đỏ khi chiết suất môi trường tăng lên. Độ nhạy trung bình của cảm biến đạt được là 846 nm/RIU. Các nghiên cứu đã triển khai trong báo cáo này sẽ cung cấp một phương phương pháp tiếp cận có hệ thống để thiết kế các linh kiện ứng dụng cho hấp thụ tuyệt đối và cảm biến chiết suất hoạt động trong vùng hồng ngoại gần.

LỜI CẢM ƠN

Công trình này được thực hiện với sự hỗ trợ về kinh phí của đề tài cơ sở chọn lọc của Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Mã số đề tài: CS.01/21-22.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] V. Yesudasu, H. S. Pradhan, and R. J. Pandya (2021). Recent progress in surface plasmon resonance based sensors: A comprehensive review, *Heliyon*, Vol. 7, No. 3, p. e06321.

[2] D. Kotlarek, S. Fossati, P. Venugopalan, N. G. Quilis, J. Slabý, J. Homola, M. Lequeux, F. Amiard, M. L. de la Chapelle, U. Jonas, and J. Dostálek (2020). Actuated plasmonic nanohole arrays for sensing and optical spectroscopy applications, *Nanoscale*, Vol. 12, No. 17, pp. 9756–9768.

[3] Q. M. Ngo, T. T. Hoang, T. S. Pham, and K. Q. Le (2021). Refractive index biosensing using near-UV metal–dielectric–metal nanostructured arrays: fabrication and simulation, *J. Opt. Soc. Am. B*, Vol. 38, No. 7, pp. 2075–2081.

[4] L. Emeric, L. Emeric, C. Deeb, C. Deeb, F. Pardo, and J.-L. Pelouard (2019). Critical coupling and extreme confinement in nanogap antennas, *Opt. Lett.*, Vol. 44, No. 19, pp. 4761–4764.

[5] B. Vasić (2021). Semi-analytical approach for refractive index sensors based on reflective metasurfaces, *J. Opt. Soc. Am. B, J. Opt. Soc. Am. B*, Vol. 38, No. 5, pp. 1676–1683.

[6] O. Bitton, S. N. Gupta, L. Houben, M. Kvapil, V. Křápek, T. Šikola, and G. Haran (2020). Vacuum Rabi splitting of a dark plasmonic cavity mode revealed by fast electrons, *Nat. Commun.*, Vol. 11, No. 1, p. 487.

[7] J.-Y. Jing, Q. Wang, W.-M. Zhao, and B.-T. Wang (2019). Long-range surface plasmon resonance and its sensing applications: A review, *Opt. Lasers Engineer.*, Vol. 112, pp. 103–118.

[8] D. G. Baranov, M. Wersäll, J. Cuadra, T. J. Antosiewicz, and T. Shegai (2018). Novel nanostructures and materials for strong light–matter interactions, *ACS Photonics*, Vol. 5, No. 1, pp. 24–42.

[9] T. W. Ebbesen, H. J. Lezec, H. F. Ghaemi, T. Thio, and P. A. Wolff (1998). Extraordinary optical transmission through sub-wavelength hole arrays, *Nature*, Vol. 391, No. 6668, p. 6668.

[10] L. Martín-Moreno, F. J. García-Vidal, H. J. Lezec, K. M. Pellerin, T. Thio, J. B. Pendry, and T. W. Ebbesen (2001). Theory of extraordinary optical transmission through subwavelength hole arrays, *Phys. Rev. Lett.*, Vol. 86, No. 6, pp. 1114–1117.

[11] A. Lesuffleur, H. Im, N. C. Lindquist, K. S. Lim, and S.-H. Oh (2008). Laser-illuminated nanohole arrays for multiplex plasmonic microarray sensing, *Opt. Express*, Vol. 16, No. 1, pp. 219–224.

[12] S. Kasani, K. Curtin, and N. Wu (2019). A review of 2D and 3D plasmonic nanostructure array patterns: fabrication, light management and sensing applications, *Nanophotonics*, Vol. 8, No. 12, pp. 2065–2089.

[13] Z. Wang, J. Chen, F. Lv, Y. Huang, P. Xie, Y. Wan, D. Wu, S. He, Y. Zhang, Y. Wang, W. Wang, and W. Wang (2021). Strong coupling between in-plane photonic modes and out-of-plane plasmonic modes in 2D metal–dielectric–metal nanocylinder arrays, *Opt. Comm.*, Vol. 490, p. 126908.

[14] X. Fang, X. Fang, L. Xiong, L. Xiong, J. Shi, J. Shi, G. Li, G. Li, and G. Li (2021). High-Q quadrupolar plasmonic lattice resonances in horizontal metal–insulator–metal gratings, *Opt. Lett.,* Vol. 46, No. 7, pp. 1546–1549.

[15] T. T. Hoang, T. S. Pham, X. B. Nguyen, H. T. Nguyen, K. Q. Le, and Q. M. Ngo (2022). High contrast and sensitive near-infrared refractive index sensors based on metal-dielectric-metal plasmonic metasurfaces, *Phys. B: Condens. Matt.*, Vol. 631, p. 413469.

[16] "High-Performance Photonic Simulation Software," *Lumerical*. https://www.lumerical.com/ (accessed Oct. 09, 2022).

[17] Y. Cheng, Z. Li, and Z. Cheng (2021). Terahertz perfect absorber based on InSb metasurface for both temperature and refractive index sensing, *Opt. Mater.*, Vol. 117, p. 111129.

[18] K. Q. Le, Q. M. Ngo, and T. K. Nguyen (2017). Nanostructured metal-insulator-metal metamaterials for refractive index biosensing applications: Design, fabrication, and characterization, *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.*, Vol. 23, No. 2, p. 6900506.

[19] S. N. Khonina, M. A. Butt, and N. L. Kazanskiy (2021). Numerical investigation of metasurface narrowband perfect absorber and a plasmonic sensor for a near-infrared wavelength range, *J. Opt.* Vol. 23, p. 065102.

[20] S. Kasani, K. Curtin, and N. Wu (2019). A review of 2D and 3D plasmonic nanostructure array patterns: fabrication, light management and sensing applications, *Nanophotonics*, Vol. 8, No. 12, pp. 2065-2089.

METAL-DIELECTRIC-METAL NANOSTRUCTURE GENERATING PLASMONIC EFFECT OF DOUBLE ABSORPTION BAND FOR REFRACTIVE INDEX SENSING

Hoang Thu Trang[1], Nguyen Xuan Bach[2], Ngo Quang Minh[2], Nguyen Van An[3], Pham Thanh Son[1,*]

[1] Institute of Materials Science, Vietnam Academy of Science and Technology

[2] University of Science and Technology of Hanoi, Vietnam Academy of Science and Technology

[3]University of Sciences, Hue University

*Email: sonpt@ims.vast.ac.vn

ABSTRACT

In this paper, we present studies on a metal-dielectric-metal (MDM) structure generating plasmonic resonance effects for application to high-sensitive refractive index sensors and perfect absorption in the near-infrared wavelength region. The MDM structure is formed with square metal (Ag) discs placed on a thin (SiO_2) dielectric layer and a metal (Ag) film thick enough to be able to fully reflect the light incident on the structure. The Finite-difference time-domain (FDTD) method was used to analyze the characteristics and properties of the MDM structure, thereby finding the optimal design. The results of field distribution observations show that, at the resonance frequency, the electric field is strongly concentrated in the SiO_2 layer, leading to a very low reflection coefficient of almost 0%. The reflectance spectrum of the structure shows two reflection dips corresponding to two resonance wavelengths. The results of this MDM structure study can be used to design refractive index sensors in the near-infrared region and perfect absorption.

Keywords: Metal-dielectric-metal, surface plasmon resonance, reflective index sensor, periodic structure, near-infrared absorption.

Hoàng Thu Trang sinh ngày 27/01/1990 tại Hưng Yên. Bà tốt nghiệp Đại học ngành Vật lý năm 2012, Thạc sĩ ngành Vật lý Quang học năm 2014 tại trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc Gia Hà Nội. Năm 2021 bà tốt nghiệp tiến sĩ chuyên ngành Vật liệu Quang tử, tại Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Hiện nay bà là nghiên cứu viên tại viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Lĩnh vực nghiên cứu: Quang tử, cảm biến quang tử.

Nguyễn Xuân Bách sinh năm 1993 tại Hưng Yên. Ông tốt nghiệp Đại học ngành kỹ thuật Hàng không năm 2016 tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Năm 2020, ông tốt nghiệp tiến sĩ chuyên ngành năng lượng, nhiệt và cháy tại trường Cơ khí và Hàng không quốc gia, Cộng hòa Pháp. Hiện nay, ông là giảng viên tại trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội.

Lĩnh vực nghiên cứu: Tương tác đối lưu-bức xạ hồng ngoại, Quang tử và ứng dụng.

Ngô Quang Minh sinh ngày 06/09/1977 tại Hà Nam. Năm 2011, ông tốt nghiệp tiến sĩ chuyên ngành Vật lý Quang tử tại Đại học Ajou, Suwon, Hàn Quốc. Hiện nay, ông công tác tại Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Lĩnh vực nghiên cứu: Quang tử, cảm biến quang tử.

Nguyễn Văn Ân sinh ngày 08/12/1973 tại Quảng Nam. Năm 1996, ông tốt nghiệp cử nhân ngành Vật lý tại trường Đại học Khoa học - Đại học Huế. Năm 2000, ông tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Vật lý chất rắn tại trường Đại học Khoa học - Đại học Huế. Ông tốt nghiệp tiến sĩ chuyên ngành Vật liệu quang học, Quang điện tử và Quang tử thuộc Viện Khoa học vật liệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam năm 2021. Hiện nay, ông công tác tại trường Đại học Khoa học - Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: điện tử, quang tử, cảm biến quang tử.

Phạm Thanh Sơn sinh ngày 20/12/1989 tại Hà Nội. Năm 2011, ông tốt nghiệp cử nhân chuyên ngành Vật lý kỹ thuật và Công nghệ nano tại trường Đại học Công nghệ - ĐHQG Hà Nội. Năm 2013, ông tốt nghiệp Thạc sĩ chuyên ngành Vật liệu và linh kiện nano tại trường Đại học Công nghệ - ĐHQG Hà Nội. Năm 2019, ông tốt nghiệp Tiến sĩ chuyên ngành Vật lý - Công nghệ điện tử tại trường đại học Kyung Hee, Hàn Quốc. Hiện nay, ông là nghiên cứu viên tại Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Lĩnh vực nghiên cứu: vật lý – kỹ thuật điện tử