

ẢNH HƯỞNG CỦA THAM SỐ CẤU TRÚC LÊN ĐỘ TỔN HAO ĐIỆN TỪ CỦA VẬT LIỆU CÓ CHIẾT SUẤT ÂM

TỔNG QUAN

Vì những tính chất độc đáo và khả năng ứng dụng to lớn của vật liệu MMs, gần đây, tạp chí Materials Today đã xếp vật liệu MMs vào 1 trong 10 lĩnh vực có tác động mạnh mẽ làm thay đổi nền khoa học thế giới trong 50 năm trở lại đây. Thực tế, số lượng các nhà khoa học nghiên cứu về vật liệu MMs và số lượng các công trình nghiên cứu khoa học được công bố liên quan đến vật liệu này đã tăng đột biến. 10 năm sau khi thí nghiệm kiểm chứng đầu tiên về sự tồn tại vật liệu có chiết suất âm của Smith và cộng sự, tính đến thời điểm hiện tại số lượng nghiên cứu về metamaterial đã lên đến khoảng gần 10.000 công trình trong đó số bài đăng trên tạp chí Science và Nature khoảng 100, với sự tài trợ từ Quỹ khoa học công nghệ quốc gia của các nước và đặc biệt nhiều dự án, đề tài được tài trợ từ các công ty thiết bị điện tử: Lockheed Martin, Alta Devices, Aonex Corporation..., mà đặc biệt từ NASA, Naval Air Systems, Seventh Framework Programme v.v.

Cho đến thời điểm này những hiểu biết cơ bản về vật liệu MMs đã được chứng minh không những bằng lý thuyết mà còn bằng thực nghiệm một cách độc lập bởi nhiều nhóm khoa học trên thế giới. Một số phòng thí nghiệm trên thế giới đã chế tạo thành công vật liệu MMs hoạt động ở những dải tần số khác nhau từ GHz tới vùng ánh sáng nhìn thấy. Những nghiên cứu về vật liệu MMs vẫn ngày một nhiều và những ảnh hưởng to lớn của nó đối với khoa học thế giới có thể sẽ rất khó tưởng tượng. Để khai thác khả năng ứng dụng tính chất đặc biệt của vật liệu này, các nhà khoa học trên thế giới ngày càng tập trung nghiên cứu một cách mạnh mẽ.

Mục đích hiện tại của các nhà khoa học là sớm đưa vật liệu MMs vào ứng dụng trong thực tế đối với các thiết bị hoạt động ở vùng tần số sóng điện từ đồng thời thúc đẩy việc chế tạo vật liệu này hoạt động ở tần số cao hơn phục vụ cho các ứng dụng mới trong quang học. Tuy nhiên, trước khi đưa vật liệu này vào ứng dụng rộng rãi, vẫn còn tồn đọng khá nhiều vấn đề cần được giải quyết một cách thỏa đáng. Một trong những vấn đề đó là việc tìm kiếm cấu trúc đơn giản, đối xứng và hợp lý để thu được vật liệu có độ tổn hao thấp và dễ dàng cho việc chế tạo vật liệu, đặc biệt là vật liệu MMs hoạt động ở vùng tần số cao. Đây đang là một trong những vấn đề then chốt trong lĩnh vực nghiên cứu này và cũng là một trong nội dung chính mà đề tài sẽ tập trung nghiên cứu. Ngoài việc tìm kiếm vật liệu MMs có độ tổn hao thấp, hay việc điều khiển tính chất của vật liệu bằng các tác động ngoại vi (quang, nhiệt, điện, từ...) cũng đang được các nhà khoa học quan tâm một cách sâu sắc.

MỤC TIÊU

1. Xây dựng phần mềm tính toán ma trận truyền qua để nghiên cứu sự tương tác của vật liệu có chiết suất âm với sóng điện từ.
2. Làm rõ bản chất tổn hao điện từ của vật liệu metamaterials và đưa ra giải pháp làm giảm sự tổn hao điện từ của vật liệu trong quá trình hoạt động.

3. Thiết kế và chế tạo vật liệu metamaterials hoạt động ở tần số GHz có độ tổn hao thấp

NỘI DUNG

Nội dung nghiên cứu:

- Nghiên cứu và phát triển phần mềm tính toán ma trận truyền qua để mô phỏng đặc tính lan truyền của sóng điện từ trong vật liệu;
 - Nghiên cứu ảnh hưởng của hình dạng và tham số cấu trúc lên tính chất của vật liệu;
- Thiết kế và mô phỏng sự tương tác của sóng điện từ với vật liệu metamaterials;
- Nghiên cứu bản chất tổn hao điện từ của vật liệu metamaterials và tìm giải pháp để giảm sự tổn hao điện từ của vật liệu trong quá trình hoạt động;
- Chế tạo vật liệu metamaterials hoạt động ở vùng tần số GHz có độ tổn hao thấp làm việc ở vùng tần số Radar;

Nghiên cứu các tính chất vật lý thông qua các phép đo:

- Đo đạc các tính chất của vật liệu qua: phổ truyền qua, phổ phản xạ hay hấp thụ được sử dụng hệ thiết bị Vector Network Analyzer tại Viện Khoa học và kỹ thuật Quân sự.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để chế tạo vật liệu MMs sử dụng phương pháp quang khắc, hệ thiết bị đã được xây dựng và lắp đặt tại phòng Vật lý Vật liệu Từ và Siêu dẫn, viện Khoa học Vật liệu.

- Để đo đạc các tính chất của vật liệu như phổ truyền qua, phổ phản xạ hay hấp thụ được sử dụng hệ thiết bị Vector Network Analyzer tại Viện Khoa học và kỹ thuật Quân sự.
- Để mô hình hóa tính chất của vật liệu, đề tài sử dụng công cụ mô phỏng mạnh như phần mềm thương mại CST Microwave Studio và phần mềm tự xây dựng ma trận truyền qua. Phổ truyền qua và phổ phản xạ được tính toán, kết hợp với kết quả thực nghiệm, sẽ được sử dụng để tính toán các thông số độ từ thẩm và độ điện thẩm dựa trên phương pháp của Chen và SVKS. Từ đó, có thể tìm được chỉ số hệ số phẩm chất (figure of merit- FOM) được định nghĩa là tỉ số của phần thực và phần ảo của chiết suất là một thông số quan trọng để xác định tổn hao của vật liệu MMs.

Việc giải thích sự tương tác của vật liệu MMs với sóng điện từ có thể tổng quát hóa và giải thích một cách thỏa đáng dựa trên mô hình mạch điện LC đưa ra bởi Zhou và cộng sự. Chúng tôi cũng đã chứng minh và áp dụng thành công mô hình này bằng cả thực nghiệm và mô phỏng.

HIỆU QUẢ KTXH

A. Các bài báo đã đăng trên tạp chí quốc tế:

1. D. T. Viet, N. T. Tung, N. T. Hien, Y. P. Lee, B. S. Tung and V. D. Lam, Multi-plasmon resonances supporting the negative refractive index in "single – atom" metamaterials, J. Non. Opt. Phys. &

Mat. (JNOPM) Vol. 21, No. 2 (2012).

2. D. T. Viet, B. S. Tung, L. V. Quynh, N. T. Hien, V. D. Lam, N. T. Tung and Y. P. Lee, Design, fabrication and characterization of a perfect absorber using simple cut-wire metamaterials, Adv. Nat. Sci.: Nanosci. Nanotechnol. 3 (2013)

B. Các bài báo đã đăng trên tạp chí trong nước:

1. Nguyen Thi Hien, Bui Son Tung, Bui Xuan Khuyen, Nguyen Van Dung, Do Thanh Viet, Lee YoungPak, Nguyen Thanh Tung and Vu Dinh Lam, Horizontally plasmon hybridization on symmetric-breaking metamaterials, Tạp chí Khoa học công nghệ, Tập 51 số 3, trang 371-377 (tháng 9 – 2013).

2. Vũ Đình Lãm, Bùi Sơn Tùng, Nguyễn Thị Hiền, Lê Văn Hồng, Nguyễn Thanh Tùng, Thiết kế và chế tạo siêu vật liệu hoạt động ở tần số GHz, Tạp chí Khoa học công nghệ, Tập 51 số 2a, trang 148-164 (tháng 5 – 2013).

3. Đỗ Thành Việt, Nguyễn Thị Hiền, Nguyễn Thanh Tùng, Nguyễn Văn Hiếu và Vũ Đình Lãm, Nghiên cứu vật liệu hấp thụ hoàn hảo sóng viba trên cơ sở Metamaterials, Tạp chí Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ Quân sự, Số đặc san VLKT trang 7-16 (tháng 9-2013)

C. Các báo cáo tại các hội nghị trong nước và quốc tế

1. Nguyễn Thị Hiền, Nguyễn Thanh Tùng, Bùi Sơn Tùng, Nguyễn Văn Dũng, Bùi Xuân Khuyển, Lý Nguyên Lê và Vũ Đình Lãm, Nghiên cứu sự mở rộng vùng tần số có chiết suất âm dựa trên cơ sở mô hình lai hóa Plasmon bậc hai, hội nghị Vật lý Chất rắn và Khoa học Vật liệu toàn quốc lần thứ 8 (SPMS 2013 – Thái Nguyên 4-6/11/2013)

2. Bùi Xuân Khuyển, Nguyễn Thị Hiền, Bùi Sơn Tùng, Đỗ Thành Việt, Phạm Văn Tường, Lý Nguyên Lê, Nguyễn Thanh Tùng và Vũ Đình Lãm, Siêu vật liệu có độ từ thẩm âm làm việc trên dải tần số rộng, hội nghị Vật lý Chất rắn và Khoa học Vật liệu toàn quốc lần thứ 8 (SPMS 2013 – Thái Nguyên 4-6/11/2013)

3. Thi Hien Nguyen, Trong Tuan Nguyen, Thanh Viet Do, Thanh Tung Nguyen, Young Pak Lee and Dinh Lam Vu, A broadband and nearly polarization -insensitive metamaterial absorber using multi-ring structure, The 6th International Workshop on Advanced Materials Science and Nanotechnology (IWAMSN2012) - October 30-November 02, 2012 Ha Long City, Vietnam.

Việc thực hiện đề tài sẽ tạo điều kiện để các cán bộ giảng dạy được cập nhật với các vấn đề khoa học thời sự hiện nay trên thế giới, cũng như tự đào tạo để nâng cao năng lực nghiên cứu, và đặc biệt sẽ giúp cho chủ nhiệm đề tài có điều kiện để thực hiện tốt hơn luận án tiến sĩ của mình.

ĐƠN VỊ SỬ DỤNG

Trường ĐH Khoa học - Đại học Thái Nguyên