

CHẾ TẠO VÀ NGHIÊN CỨU TÍNH CHẤT CỦA CÁC GIẢ VẬT LIỆU HẤP THỤ HOÀN TOÀN ĐỊNH HƯỚNG ỨNG DỤNG LÀM CẢM BIẾN PLASMON

TỔNG QUAN

Năm 1968, lần đầu tiên Veselago đề xuất mô hình lý thuyết cho vật liệu đồng thời tồn tại $\epsilon < 0$ và $\mu < 0$. Những tính chất đặc biệt của vật liệu này trái với quy luật tương tác của sóng điện từ với các vật liệu thông thường đã mở ra những khả năng to lớn về ứng dụng loại vật liệu này trong cuộc sống như chế tạo các siêu thấu kính, bộ nhớ bằng vật liệu nhân tạo trong công nghệ máy tính, cảm biến sinh học, hay hứa hẹn một hiệu suất cao hơn trong pin mặt trời bằng vật liệu nhân tạo... Gần đây, một ứng dụng độc đáo khác nữa là sử dụng vật liệu này như là vật liệu tàng hình, nó có thể che chắn sóng điện từ (electromagnetic cloaking), thông qua việc điều chỉnh các tham số hiệu dụng, m một cách hợp lý, đường đi của các tia sáng bị uốn cong khi truyền trong vật liệu đồng thời không bị phản xạ cũng như tán xạ. Bên cạnh đó, một loạt các ứng dụng quan trọng khác cũng đã được đề xuất và đi sâu nghiên cứu như bộ lọc thông dải, bộ cộng hưởng, dây ăng ten, sen sơ ... Tuy nhiên vật liệu LHM là một loại vật liệu có cấu trúc nhân tạo, nên việc đưa vật liệu LHM có cấu trúc nhân tạo vào ứng dụng rộng rãi trong thực tế đang gặp những khó khăn nhất định. Một trong những khó khăn đó là cấu trúc của các phần tử đó phải đối xứng và kích thước của ô mạng tỷ lệ thuận với bước sóng mà tại đó xảy ra hiệu ứng. Do vậy việc tìm kiếm các vật liệu có sẵn trong tự nhiên thể hiện các tính chất của vật liệu có chiết suất âm đang được các nhà khoa học quan tâm một cách đặc biệt. Gần đây, việc nghiên cứu các vật liệu tổ hợp đa pha điện từ có các đặc trưng tương tự như vật liệu LHM đang thu hút được rất nhiều nhà khoa học quan tâm trên cả hai lĩnh vực, nghiên cứu cơ bản và nghiên cứu tìm kiếm khả năng ứng dụng.

Cùng với xu hướng nghiên cứu này, trong một vài năm trở lại đây nhiều tập thể các nhà khoa học ở Viện Khoa học Vật liệu - Viện KH&CNVN, Trường ĐH Công nghệ – ĐHQG Hà Nội, Khoa Vật lý - ĐH Sư phạm Hà Nội... cũng đã tiến hành nhiều nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm nhằm tìm hiểu cơ chế vật lý cũng như tìm kiếm công nghệ chế tạo các vật liệu có các tính chất mong muốn và đã thu được nhiều kết quả đáng khích lệ. Từ năm 2010 trở lại đây, Cùng với xu hướng phát triển của khoa học công nghệ thế giới theo hướng vật liệu tiên tiến (advanced materials), nhóm nghiên cứu của chúng tôi cũng đã bắt đầu tập trung nghiên cứu chế tạo vật liệu nhân tạo hấp thụ hoàn toàn (hay còn gọi là siêu vật liệu) và bước đầu thu được một số kết quả nhất định, đã đóng góp được phần nào đó để giải thích các hiện tượng của vật liệu. Mục đích hiện tại của các nhà khoa học là sớm đưa vật liệu này vào ứng dụng trong thực tế. Tuy nhiên, trước khi triển khai đưa vật liệu này vào ứng dụng, vẫn còn tồn đọng khá nhiều vấn đề về công nghệ cũng như tính chất cần được giải quyết một cách chi tiết và triệt để. Một trong những vấn đề đó là việc tìm kiếm cấu trúc đơn giản, hợp lý để dễ dàng cho việc chế tạo vật liệu, đây đang là một trong những vấn đề then chốt trong lĩnh vực nghiên cứu này. Tiếp theo đó là việc liên kết và điều khiển lẫn nhau của các tính chất điện và từ của vật liệu này bằng việc thay đổi cấu trúc hoặc tham số cấu trúc, đặc biệt là bằng tác động của ngoại vi như từ trường, điện trường, nhiệt độ... Đây cũng là những vấn đề chính mà nhóm nghiên cứu của chúng tôi mong muốn được đi sâu nghiên cứu.

Chúng tôi hi vọng rằng với thiết bị sẵn có của Phòng thí nghiệm vật lý chất rắn tại Bộ môn Vật lý kết hợp với Phòng thí nghiệm Trọng điểm của Viện KH Vật liệu, với kinh nghiệm thu được trong thời gian qua của nhóm nghiên cứu cùng với sự hợp tác nghiên cứu trong và ngoài nước, đề tài sẽ được thực hiện và hoàn thành một cách xuất sắc. Kết quả nghiên cứu của đề tài hứa hẹn sẽ được

công bố trên các tạp chí khoa học trong nước và Quốc tế. Đây cũng là cơ hội tốt để mở rộng sự hợp tác nghiên cứu với các trung tâm lớn trong nước và Quốc tế, đặc biệt là với Hàn quốc, Đài Loan... những quốc gia có nền khoa học và công nghệ đang phát triển mạnh mẽ.

MỤC TIÊU

- Thiết kế chế tạo siêu vật liệu hấp thụ hoàn hảo bằng phương pháp in khắc quang học và khống chế các điều kiện công nghệ thích hợp để thu được vật liệu với nhiều cấu trúc khác nhau hoạt động trong nhiều dải tần khác nhau.
- Nghiên cứu bản chất vật lý của hiệu ứng cộng hưởng điện môi với đặc trưng hằng số điện môi âm trong vùng tần số lớn hơn tần số cộng hưởng ($\sim 10^5 - 10^6$ Hz) và ảnh hưởng của nhiệt độ và từ trường lên hiệu ứng này.
- Nghiên cứu tính chất của đỉnh hấp thụ như độ hẹp (Q-factor), tính biến tần, độ nhạy với môi trường, hiệu ứng plasmonic nội tại... nhằm định hướng ứng dụng cho các cảm biến plasmon.

NỘI DUNG

- Mô phỏng và thiết kế các cấu trúc vật liệu siêu hấp thụ dựa trên mô hình cộng hưởng cơ bản: CWP và SRR
- Nghiên cứu công nghệ chế tạo mẫu: Phương pháp in khắc quang học (Photonic lithography), vi cơ khí thiết bị truyền động (micromachined actuator).
- Nghiên cứu ảnh hưởng của môi trường tới đỉnh hấp thụ hoàn toàn, tính toán các vị trí cực trị plasmon trong cấu trúc vật liệu, và sự ảnh hưởng các tham số cấu trúc lên tính chất của vật liệu
 - Thiết kế cấu trúc, mô phỏng, và chế tạo cảm biến plasmon bằng siêu vật liệu.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

- Chế tạo vật liệu bằng phương pháp in khắc quang học (Photonic lithography) kết hợp với mô phỏng.
- Sau khi có các thông tin cần thiết về cấu trúc, hình thái học và những thông tin hỗ trợ chúng tôi thực hiện các phép đo đặc trưng từ độ M , điện trở R , điện dung C , độ tự cảm L , phổ tổng trở $Z...$ phụ thuộc nhiệt độ T , từ trường H , điện trường E và tần số f để nghiên cứu tính chất điện, từ, hiệu ứng cộng hưởng điện môi, tương tác điện - từ của vật liệu.
- Phân tích kết quả thực nghiệm, so sánh và làm khớp số liệu thực nghiệm với các mô hình lý thuyết, viết bài công bố và viết báo cáo .

HIỆU QUẢ KTXH

- Việc thực hiện đề tài sẽ góp phần nâng cao năng lực nghiên cứu của chủ nhiệm đề tài và nhóm nghiên cứu. Bên cạnh đó quá trình thực hiện và kết quả nghiên cứu của đề tài sẽ góp phần đào tạo đội ngũ cán bộ nghiên cứu trẻ, xây dựng và phát triển các nhóm nghiên cứu thuộc chuyên ngành vật lý chất rắn, công nghệ nano và quang học quang phổ của ĐH Thái Nguyên.
- Kết quả nghiên cứu của đề tài hứa hẹn sẽ được công bố trên các tạp chí khoa học trong nước và Quốc tế. Đây cũng là cơ hội tốt để mở rộng sự hợp tác với các trường và trung tâm nghiên cứu trong nước. Đặc biệt là sự mở rộng hợp tác Quốc tế trong nghiên cứu vì trong quá trình nghiên cứu đề tài này chúng tôi sẽ hợp tác với một số nhóm nghiên cứu tại Hàn quốc và Đài Loan, những quốc gia có nền khoa học và công nghệ đang phát triển mạnh mẽ.

ĐƠN VỊ SỬ DỤNG

Khoa Vật lý và Công nghệ – Trường ĐH Khoa học - ĐH Thái Nguyên