

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO SIÊU VẬT LIỆU METAMATERIALS CÓ DẢI TẦN SỐ LÀM VIỆC RỘNG

TỔNG QUAN

Một trong những thách thức thú vị của khoa học vật liệu hiện đại là thiết kế và chế tạo vật liệu có những tính chất mà có thể điều khiển được theo yêu cầu. Trong lĩnh vực photonics điều này đã trở thành hiện thực với sự ra đời của tinh thể photonics, đặc biệt là siêu vật liệu metamaterials. Siêu vật liệu metamaterials là những vật liệu nhân tạo, được hình thành từ các cấu trúc cơ bản, đóng vai trò như những “nguyên tử” trong vật liệu. Những “nguyên tử” này được sắp xếp với nhau một cách tuần hoàn hoặc không tuần hoàn, gồm hai thành phần chính đó là thành phần điện và thành phần từ. Các cấu trúc này được thiết kế để tạo ra những tương tác theo mong muốn với trường ngoài. Dựa trên ý tưởng ban đầu, siêu vật liệu metamaterials là sự kết hợp hoàn hảo của hai thành phần điện và từ tạo nên vật liệu đồng thời có độ từ thẩm và độ điện thẩm âm ($\mu < 0$, $\epsilon < 0$) trên cùng một dải tần số. Từ đó dẫn đến những tính chất điện từ và quang học bất thường, trong đó có sự nghịch đảo của định luật Snell, sự nghịch đảo trong dịch chuyển Doppler, và sự nghịch đảo của phát xạ Cherenkov, đặc biệt 3 véc tơ của sóng điện từ: k , H , và E tuân theo qui tắc tam diện nghịch (left-handed metamaterials).

Một trong những điều thú vị và quan trọng nhất của siêu vật liệu metamaterials là cấu trúc của nó có thể được thiết kế và chế tạo để hoạt động trên các dải tần số khác nhau, từ microwave [1] cho tới THz [2-4], hay hồng ngoại gần [5,6] và thậm chí tới vùng ánh sáng nhìn thấy [7-9]. Khả năng hoạt động linh hoạt trong các vùng tần số khác nhau, đặc biệt là vùng THz (the so-called terahertz gap), giúp cho siêu vật liệu có thể thay thế vật liệu tự nhiên trong những ứng dụng mà tại đó vật liệu tự nhiên chưa đáp ứng được.

Có thể kể ra rất nhiều những ứng dụng kì diệu của siêu vật liệu này đã được các nhà khoa học nghiên cứu bằng lý thuyết và chứng minh bằng thực nghiệm. Một ví dụ thú vị nhất chắc chắn phải kể đến đó là siêu thấu kính (perfect lens) [10]. Siêu thấu kính được đề xuất bởi Pendry liên quan tới khả năng của một loại thấu kính có khả năng vượt qua giới hạn quang học cổ điển. Một ứng dụng đặc biệt khác không thể không nhắc tới đó là “áo khoác tàng hình” được đề xuất và kiểm chứng bởi Schurig và đồng nghiệp năm 2006 [11, 12] tại tần số sóng Rada và rất gần đây (năm 2011) đã được Shuang Zhang [13,14], Baile Zhang [15] và cộng sự tìm thấy ở vùng ánh sáng nhìn thấy. Bằng cách điều khiển khéo léo tính chất điện từ của lớp vỏ siêu vật liệu, đường đi của sóng điện từ trong lớp vỏ này có thể bị bẻ cong một cách hoàn hảo. Theo nguyên lý đó, một lớp vỏ siêu vật liệu có thể dẫn sóng điện từ đi vòng quanh một vật thể, biến nó trở thành “tàng hình” một cách thực sự. Ngoài những ứng dụng kì diệu rõ ràng kể trên, siêu vật liệu còn tỏ ra rất tiềm năng trong các lĩnh vực khác như bộ lọc tần số [16], cộng hưởng [17], antennas [18], siêu hấp thụ [19,20], và cảm biến sinh học [21] v.v.

Vì những tính chất độc đáo và khả năng ứng dụng to lớn của siêu vật liệu, gần đây, tạp chí Materials Today đã xếp siêu vật liệu 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 siêu vật liệu và số lượng các công trình nghiên cứu khoa học được công bố liên quan đến siêu vật liệu đã tăng đột biến.

Cho đến thời điểm này những hiểu biết cơ bản về siêu vật liệu 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 siêu vật liệu hoạt động ở những dải

tần số khác nhau từ GHz [1] tới THz, thậm chí hoạt động ở vùng tần số cao hơn [7-9]. Những nghiên cứu về siêu vật liệu 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. Vì tính chất của siêu vật liệu rất phụ thuộc vào hình dạng cấu trúc, do vậy bên cạnh những ứng dụng độc đáo như siêu thấu kính, tàng hình, sen sơ sinh học..., gần đây một tính chất thú vị khác nữa của siêu vật liệu đã được phát hiện đó là khả năng siêu hấp thụ và không phản xạ của loại vật liệu này [22,23]. Với tính chất đặc biệt này, siêu vật liệu hứa hẹn sẽ có thêm nhiều ứng dụng khác nữa trong thực tế như: thiết bị khoa học, y tế, pin năng lượng và đặc biệt trong lĩnh vực quân sự (thay đổi hướng đi của sóng điện từ, tàng hình ảnh nhiệt, tác chiến đêm). 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 TIÊU

- Xây dựng chương trình tính toán các tham số hiệu dụng của siêu vật liệu (độ từ thẩm μ , độ điện thẩm ϵ , chiết suất n , trở kháng z).
- Thiết kế và chế tạo siêu vật liệu - metamaterials có dải tần số làm việc rộng.

NỘI DUNG

Nội dung 1: Xây dựng chương trình tính toán các tham số hiệu dụng

- Tìm hiểu thuật toán đề xuất bởi Chen.
- Dựa trên thuật toán của Chen xây dựng chương trình tính toán các tham số hiệu dụng (độ từ thẩm μ , độ điện thẩm ϵ , chiết suất n , trở kháng z).
- Kiểm tra độ chính xác của chương trình sau khi xây dựng được.

Nội dung 2: Nghiên cứu ảnh hưởng của cấu trúc và các tham số cấu trúc lên tính chất điện từ của vật liệu

- Nghiên cứu ảnh hưởng của các dạng cấu trúc khác nhau lên tính chất điện từ của vật liệu.
- Tìm kiếm vật liệu MMs có cấu trúc đơn giản, đối xứng cao.
- Nghiên cứu ảnh hưởng của tham số cấu trúc lên tính chất của vật liệu.

Nội dung 3: Tối ưu hóa cấu trúc nhằm mở rộng dải tần số hoạt động của siêu vật liệu

- Tìm kiếm cấu trúc có vùng tần số làm việc rộng (broadband).
- Nghiên cứu ảnh hưởng của các tham số cấu trúc đến việc mở rộng vùng tần số hoạt động của MMs.
- Tối ưu hóa các tham số cấu trúc để thu được dải tần hoạt động là rộng nhất.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Đề tài sẽ được tiến hành dựa trên sự kết hợp giữa lý thuyết, mô hình hóa và thực nghiệm.

HIỆU QUẢ KTXH

Có thể dùng ngay trong quân sự..

ĐƠN VỊ SỬ DỤNG