

# NGHIÊN CỨU SỰ TƯƠNG TÁC CỦA SÓNG ĐIỆN TỪ VỚI GIẢ VẬT LIỆU (METAMATERIALS)

## TỔNG QUAN

### 1. Giới thiệu chung về metamaterials

Ý tưởng về sự tồn tại của vật liệu có chiết suất âm được đề xuất vào năm 1968 bởi Veselago, dựa trên sự kết hợp đồng thời của vật liệu có độ từ thẩm âm ( $\mu < 0$ ) và độ điện thẩm âm ( $\epsilon < 0$ ). Tuy nhiên, sau hơn 30 năm kể từ đề xuất của Veselago, năm 1999 J. B. Pendry đã đưa ra mô hình vật liệu có chiết suất âm đầu tiên dựa trên cấu trúc vòng cộng hưởng có rãnh (split-ring resonator). Sau đó năm 2000, D. R. Smith và cộng sự lần đầu tiên chứng minh bằng thực nghiệm sự tồn tại của vật liệu chiết suất âm ( $n < 0$ ).

Vật liệu chiết suất âm thường là vật liệu có cấu trúc 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. Thành phần điện (electric metamaterial), có vai trò tạo ra độ điện thẩm âm ( $\epsilon < 0$ ). Thành phần từ (magnetic metamaterial), có vai trò tạo ra độ từ thẩm âm ( $\mu < 0$ ). Các cấu trúc này có thể được thiết kế để tạo ra những tương tác mong muốn với trường ngoài. Dựa trên ý tưởng ban đầu, vật liệu chiết suất âm là sự kết hợp hoàn hảo của hai thành phần điện và từ tạo nên vật liệu, đồng thời có độ từ thẩm âm 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, hay sự nghịch đảo của phát xạ Cherenkov. Một trong những tính chất thú vị nữa của vật liệu có chiết suất âm là 3 vectơ của sóng điện từ tuân theo quy tắc bàn tay trái (left-handed set). Do vậy, vật liệu có chiết suất âm còn được gọi là vật liệu left-handed metamaterials (LHMs). LHMs có thể được thiết kế và chế tạo để hoạt động trên các dải tần số mong muốn khác nhau, từ vùng vi sóng tới vùng hồng ngoại xa, thậm chí tới gần vùng ánh sáng nhìn thấy.

### 2. Phân loại vật liệu metamaterials

Các vật liệu điện môi thông thường có  $\epsilon > 0$  và  $\mu > 0$  cho phép sóng điện từ có thể lan truyền được trong vật liệu. Khi một trong hai giá trị từ thẩm hoặc điện thẩm âm và giá trị còn lại dương, sóng điện từ nhanh chóng bị dập tắt và không thể lan truyền trong môi trường. Trong trường hợp cả  $\epsilon$  và  $\mu$  cùng âm nhưng tích của chúng mang giá trị dương, khi đó sóng điện từ vẫn có thể lan truyền bên trong vật liệu. Môi trường này được gọi là vật liệu chiết suất âm (left-handed metamaterial).

Vật liệu metamaterials (MMs) có thể được phân ra thành 3 loại chính:

- Vật liệu có độ điện thẩm âm (electric metamaterial):  $\epsilon < 0$ ;
- Vật liệu có độ từ thẩm âm (magnetic metamaterial):  $\mu < 0$ ;
- Vật liệu có chiết suất âm (left-handed metamaterial):  $n < 0$ .

## MỤC TIÊU

- Xây dựng được chương trình tính toán các tham số hiệu dụng ( độ từ thẩm  $\mu$ , độ điện thẩm  $\epsilon$ , chiết suất  $n$ , trở kháng  $z$ ) dựa trên thuật toán đề xuất bởi Chen.
- Tìm kiếm vật liệu metamaterials có cấu trúc đơn giản, đối xứng cao.

- Tìm kiếm cấu trúc và chế tạo vật liệu MMs có vùng tần số làm việc rộng (broad band).
- Điều khiển được tính chất của vật liệu metamaterials bằng tác động ngoại vi

## **NỘI DUNG**

- Nghiên cứu và xây dựng chương trình tính toán các tham số hiệu dụng ( độ từ thẩm  $\mu$ , độ điện thẩm, chiết suất  $n$ , trở kháng  $z$ ) dựa trên thuật toán đề xuất bởi Chen.
- 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.
- Tìm kiếm vật liệu metamaterials có cấu trúc đơn giản, đối xứng cao
- Tìm kiếm cấu trúc và chế tạo vật liệu MMs có vùng tần số làm việc rộng (broadband)
- Nghiên cứu sự thay đổi tính chất của vật liệu metamaterials bằng tác động ngoại vi

## **PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

- Phương pháp thực nghiệm dựa trên các nghiên cứu lý thuyết, kết hợp với phương pháp mô phỏng

## **HIỆU QUẢ KTXH**

- Giáo dục, đào tạo: Là một phần luận án tiến sĩ của chủ nhiệm đề tài, đào tạo sinh viên tham gia nghiên cứu khoa học
- An ninh, quốc phòng: Có thể sử dụng để ngụy trang trong quân sự

## **ĐƠN VỊ SỬ DỤNG**

Trường ĐH Khoa học - ĐH Thái Nguyên