

# ANTEN ĐỊNH HƯỚNG CAO SỬ DỤNG LỚP SIÊU VẬT LIỆU PHẢN XẠ BỀ MẶT (PRS) USING PARTIALLY REFLECTIVE SURFACES (PRS) IN SUPER DIRECTIONAL ANTENNAS

Bùi Thị Duyên<sup>(1), (2)</sup>, Ngô Văn Đức<sup>(2)</sup>  
Lê Minh Thùy<sup>(2)</sup>, Nguyễn Quốc Cường<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Trường Đại học Điện lực  
<sup>(2)</sup> Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

## Tóm tắt:

Những năm gần đây, siêu vật liệu được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi, và là một trong những kỹ thuật giúp nâng cao chất lượng cho anten như tăng dải tần hoạt động và độ lợi của anten. Đối với các hệ thống thông tin cự ly ngắn DSRC, hệ thống định vị sử dụng sóng vô tuyến, hệ thống truyền năng lượng không dây tại tần số trung tâm 5.8 GHz... yêu cầu anten phải có độ định hướng cao, gọn nhẹ, dễ tích hợp vào các bộ truyền nhận. Trong bài báo này chúng tôi đề xuất một cấu trúc siêu vật liệu phản xạ bề mặt, phủ phía trên anten vi dải phân cực tròn để nâng cao độ lợi từ 6.8 dBi lên 19.2 dBi đồng thời vẫn giữ nguyên tính phân cực tròn của anten.

## Từ khóa:

Anten vi dải, phân cực tròn, siêu vật liệu, lớp siêu vật liệu phản xạ bề mặt.

## Abstract:

In recent years, metamaterials (MTM) have been broadly introduced and rapidly used as a technique to increase performance of antennas. For 5.8GHz dedicated short range communication (DSRC) in indoor localization system, wireless power transmission..., antennas must have high gain, low profile, and compatibility with monolithic microwave integrated circuit (MMIC) as well as be simple and low-cost to manufacture. In this paper, we propose a new metamaterial structure which is called partially reflective surface (PRS) to improve the gain of a circularly polarized microstrip patch antenna from 6.8dBi to 19.2dBi while the circular polarization is maintained.

## Keywords:

Microstrip antenna; circular polarization; metamaterials; Partially Reflecting Surface (PRS).

## 1. MỞ ĐẦU

Anten vi dải có nhiều ưu điểm nổi bật

Ngày nhận bài: 8/10/2015; Ngày chấp nhận:  
14/10/2015; Phản biện: TS Trịnh Quang Đức.

như: kích thước nhỏ gọn, trọng lượng nhẹ và dễ dàng tích hợp vào trong các module mạch in truyền nhận không dây. Ngày nay, chúng ta có thể thấy các anten vi dải được sử dụng phổ biến trong các

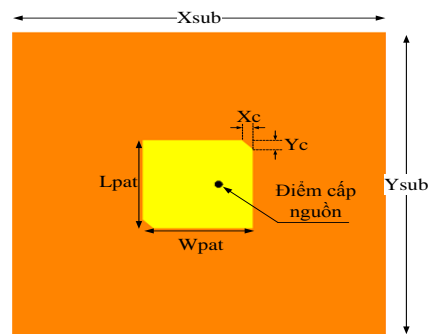
hệ thống không dây như: hệ thống thu phí giao thông không dừng, rada, RFID,... Nhằm cải thiện khoảng cách truyền/nhận trong các hệ thống truyền tin không dây nói trên, giải pháp đặt ra là thiết kế các anten vi dải có độ lợi cao, băng thông rộng, kích thước nhỏ... Thông thường, một anten vi dải truyền thống có độ lợi chỉ vào khoảng 6-7 dBi và hoạt động trong băng thông hẹp. Để nâng cao độ lợi của anten vi dải, thông thường các kỹ thuật ghép mảng anten, dùng lớp phản xạ và các lớp siêu vật liệu đã và đang là các giải pháp được các nhà thiết kế anten sử dụng. Khái niệm siêu vật liệu hay còn gọi là vật liệu meta biến hình được dịch từ từ tiếng Anh "metamaterial". Đây là tên gọi dành cho các vật liệu nhân tạo có đặc tính điện từ trường đặc biệt tại một dải tần số cụ thể, các vật liệu này không có sẵn trong tự nhiên như: vật liệu có môi trường chiết suất âm (Negative Infraction index) hay Double Negative (DNG), vật liệu Electromagnetic Band Gap (EBG), vật liệu từ nhân tạo-Artificial Magnetic Conductor (AMC), vật liệu phản xạ bề mặt-Partially Reflecting Surface (PRS). Trong thiết kế anten, các siêu vật liệu này được ứng dụng để giảm nhỏ kích thước anten [1-3], giảm ảnh hưởng tương hỗ giữa các anten phần tử khi chúng được đặt trong cùng một hệ thống [4-6], tăng độ lợi anten [7-8], mở rộng băng thông [9-11]...

Trong bài báo này, chúng tôi phân tích và đề xuất một lớp siêu vật liệu phản xạ bề mặt PRS, lớp PRS này được phủ phía trên một anten patch để cải thiện độ lợi của anten từ 6.8 dBi lên tới 19.2 dBi tại tần số trung tâm 5.8 GHz.

## 2. THIẾT KẾ ANTEN VI DẢI PRS ĐỘ LỢI CAO

### 2.1. Thiết kế anten vi dải phân cực tròn

Anten là phần tử có vai trò quyết định quan trọng đến chất lượng truyền thông tin trong hệ thống truyền thông không dây. Tính chất phân cực của anten có vai trò rất quan trọng vì nó sẽ ảnh hưởng đến chất lượng giao tiếp giữa hai anten truyền và nhận trong hệ thống. Anten phân cực tròn thường được ưa chuộng vì chúng có thể giao tiếp với mọi anten có tính chất phân cực khác. Hai anten phân cực tròn luôn giao tiếp được với nhau mà không bị tổn thất trong khi hai anten phân cực thẳng sẽ không thể giao tiếp với nhau hoàn toàn nếu trường điện của chúng nằm ở hai phương khác nhau. Do đó, việc thiết kế anten phân cực tròn là một giải pháp nhằm tăng hiệu suất của hệ thống. Hình 1 là hình dáng và kích thước của anten vi dải phân cực tròn được thiết kế tại tần số 5.8 GHz.



Kích thước anten vi dải:

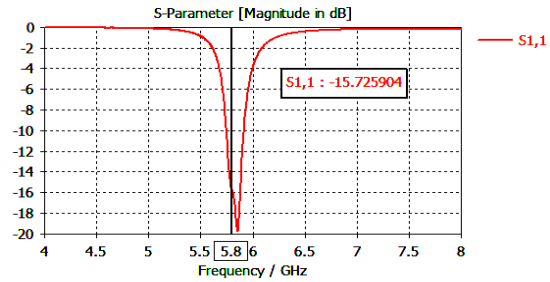
$L_{pat} = 13,1 \text{ mm};$        $W_{pat} = 13,1 \text{ mm}$   
 $X_c = 1,37 \text{ mm};$        $Y_c = 1,37 \text{ mm}$   
 $X_{sub} = 200 \text{ mm};$        $Y_{sub} = 200 \text{ mm}$

Chất nền: RO4003

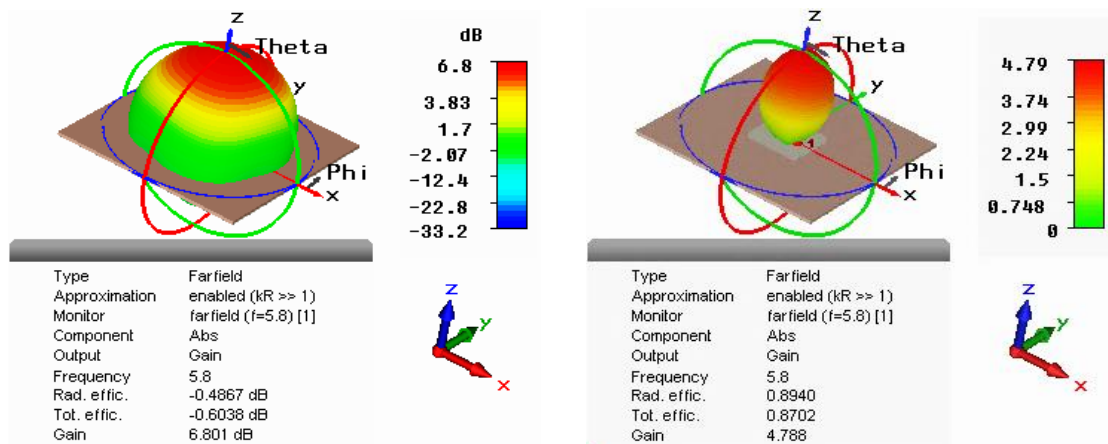
**Hình 1. Cấu trúc của anten vi dải phân cực tròn**

Sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn trong miền thời gian (Finite Difference Time Domain-FDTD) của phần mềm CST 2014 để mô phỏng anten. Hình 2 là kết quả mô phỏng anten vi dải với độ chính xác -80 dB, hệ số phản xạ S11 đạt -15.72 dB tại tần số 5.8 GHz, độ rộng băng thông của anten là 164.28 MHz. Đồ thị bức xạ 3D của anten vi dải phân cực tròn được biểu diễn trên hình 3, anten có độ lợi 6.8 dBi với hiệu suất bức xạ 89.4% và hiệu suất tổng 87.02%. Hình 4 cho thấy anten có tỷ số phân cực tròn ở

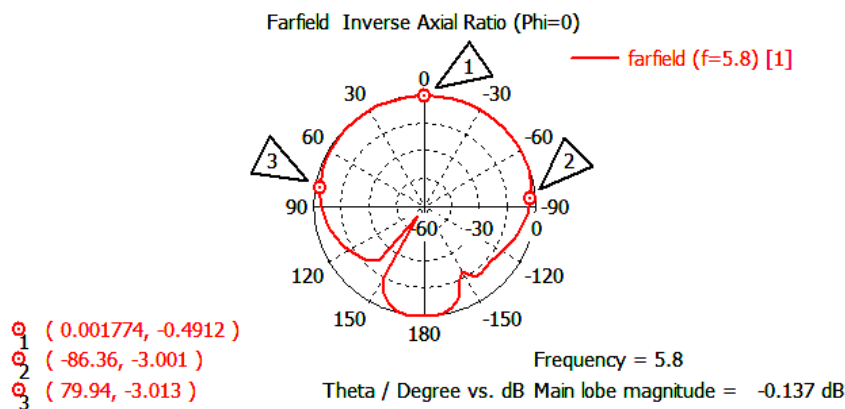
tần số 5.8 GHz rất tốt ( $AR = -0.49$  dB tại  $\varphi = 0$ ), góc mở của anten đạt  $86^\circ$ .



Hình 2. Kết quả hệ số phản xạ  $S_{11} = -15,72\text{dB}$  tại  $f = 5,8\text{GHz}$ ; độ rộng băng thông  $BW = 164,28\text{MHz}$  ( $S_{11} < -10\text{dB}$ )



Hình 3. Đồ thị bức xạ 3D của anten vi dải phân cực tròn



Hình 4. Tỷ số phân cực của anten vi dải tại tần số 5.8GHz

## 2.2. Thiết kế lớp phản xạ bề mặt PRS

Để tăng độ lợi cho anten vi dải phân cực tròn đã thiết kế ở phần A, chúng ta có thể dùng các kỹ thuật như: ghép mảng nhiều anten phần tử, dùng lớp phản xạ hoặc sử dụng siêu vật liệu. Việc ghép mảng có thể làm giảm hiệu suất tổng vì năng lượng bị suy hao ở mạng cấp nguồn (feed network). Một trong những kỹ thuật đang được các nhà khoa học trên thế giới nghiên cứu mang cho độ lợi của antenna lên tới 15 dBi ÷ 20 dBi là việc sử dụng thêm lớp siêu vật liệu phản xạ bề mặt PRS [12-14]. Trong phần này, chúng tôi đề xuất một lớp phản xạ PRS mới, được mô tả ở hình 5b và cấu trúc ghép lớp PRS với anten như hình 5a để cải thiện độ lợi cao nhất của anten từ 6.8 dBi lên 19.2 dBi. Theo đó, lớp vật liệu PRS có tính chất chu kỳ (periodic), mỗi ô cơ sở (unit cell) được thiết kế như hình 6. Việc sử dụng mô hình ô cơ sở có tính chất lặp lại trên phần mềm mô phỏng trong miền

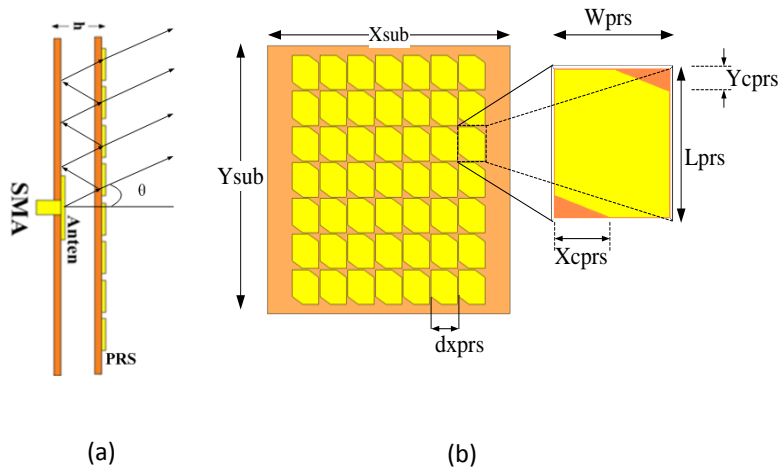
tần số CST 2014 và phương pháp tính toán hệ số điện môi hiệu dụng và hệ số từ thẩm hiệu dụng của Chen [11], mỗi ô cơ sở PRS được thiết kế có độ từ thẩm hiệu dụng gần bằng không và hằng số điện môi hiệu dụng vô cùng cao tại tần số trung tâm 5.8 GHz:  $\epsilon_{prs} \approx 300 - j390$ ;  $\mu_{prs} \approx 0.01 + j 0.04$ .

Biên độ và pha của sóng phản xạ trên bề mặt ô cơ sở PRS được trình bày ở hình 7. Từ kết quả mô phỏng nhận thấy hệ số phản xạ cao, tại tần số quan tâm 5.8 GHz hệ số phản xạ xấp xỉ 1. Theo [13,14] để năng lượng bức xạ theo phương  $\theta = 0^\circ$  cực đại thì khoảng cách  $h$  từ nguồn tới đến mặt phản xạ PRS phải thỏa mãn điều kiện sau:

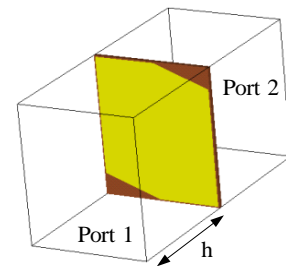
$$h = \left( \frac{\psi}{360} - 0,5 \right) \frac{\lambda}{2} + N \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

Trong đó:  $\psi$  là góc pha của hệ số phản xạ của mặt PRS.

$N = 0, 1, 2, 3 \dots$



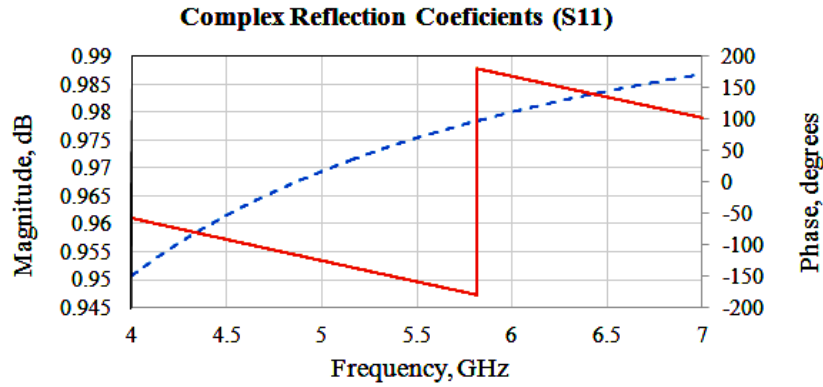
Hình 5. Tấm phản xạ bề mặt PRS



Kích thước của ô cơ sở PRS:

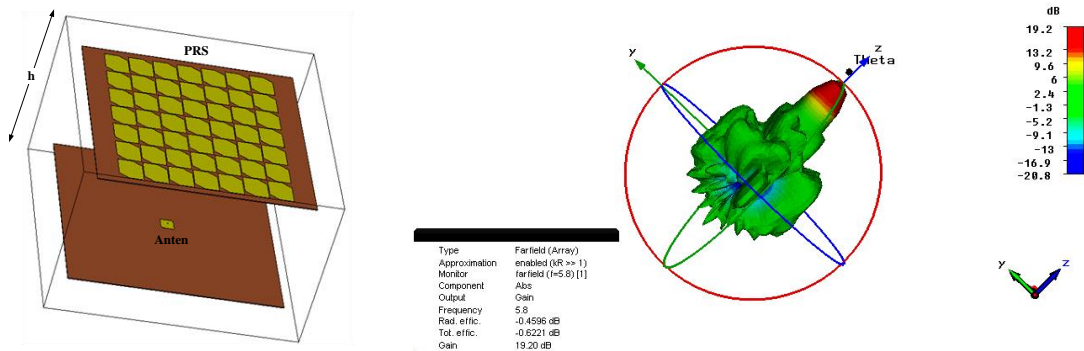
$L_{prs} = 27 \text{ mm}$ ;  
 $W_{prs} = 23 \text{ mm}$ ;  
 $X_{cprs} = 11 \text{ mm}$ ;  
 $Y_{cprs} = 4 \text{ mm}$ ;  
 $X_{sub} = 200 \text{ mm}$ ;  
 $Y_{sub} = 200 \text{ mm}$ ;  
 $dx_{prs} = 24 \text{ mm}$

Hình 6. Cấu trúc của 1 ô cơ sở PRS



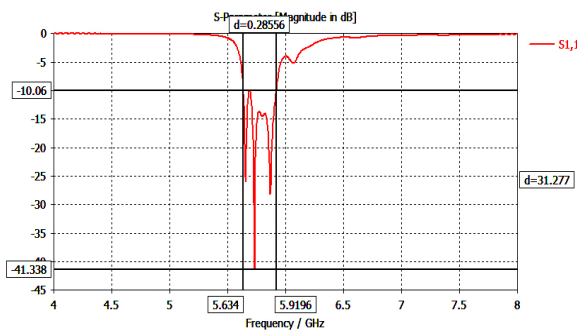
Hình 7. Kết quả khảo sát biên độ và pha của hệ số phản xạ phức khi sóng tới gặp lớp PRS

### 2.3. Anten patch kết hợp với lớp phản xạ siêu vật liệu PRS

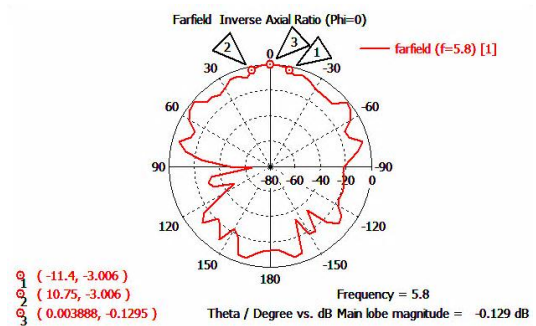


Hình 8. Cấu trúc của anten vi dải phân cực tròn kết hợp với lớp PRS

Hình 9. Đồ thị bức xạ 3D của anten vi dải kết hợp với PRS với Gain = 19,2dB



Hình 10. Kết quả hệ số phản xạ S11=-15.72 dB tại f = 5.8 GHz; BW = 285.56 MHz

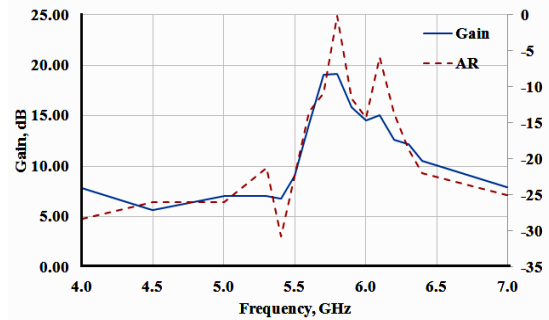


Hình 11. Tỷ số phân cực của anten vi dải kết hợp với lớp PRS tại tần số 5.8 GHz

Với lớp PRS thiết kế nói trên, khi được phủ lên trên anten phân cực tròn ở mục 2.1 (xem hình 8), ta thu được độ lợi là 19.2 dBi (hình 9) với búp sóng phụ nhỏ  $SLL = -14.6$  dB; băng thông rộng 285.56 MHz (hình 10). Như vậy, không những độ lợi tăng mà băng thông của anten cũng rộng thêm từ 164.58 MHz lên 285.56 MHz. Độ lợi của anten PRS tương đương với một mảng anten 3x3 phần tử theo lý thuyết, tuy nhiên với cấu trúc trên hệ thống trở nên đơn giản trong chế tạo và hiệu suất cao hơn vì không cần mạng cấp nguồn cho mảng. Trên Hình 11 cho thấy tại tần số 5.8 GHz anten giữ nguyên tính phân cực tròn tỷ số phân cực  $AR = -0.1295$  dB, tuy nhiên góc phân cực hẹp hơn anten ban đầu chưa kết hợp PRS.

Hình 12 là kết quả khảo sát độ lợi và tỷ số phân cực của anten phân cực tròn kết hợp với lớp PRS. Kết quả cho thấy từ 5.5 GHz đến 6.5 GHz độ lợi của anten

khá cao, tuy nhiên tỷ số phân cực tròn đạt giá trị tốt chỉ ở dải tần hẹp 5.8 GHz.



**Hình 12. Đồ thị khảo sát độ lợi và tỷ số phân cực tròn của anten kết hợp lớp PRS theo tần số**

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã đề xuất cấu trúc anten sử dụng lớp phản xạ bề mặt PRS. Anten nhẹ, đơn giản trong chế tạo và dễ dàng tích hợp trong các mạch truyền nhận cao tần. Lớp PRS đã cải thiện độ lợi cho anten patch từ 6.8 dBi lên 19.2 dBi tại tần số 5.8 GHz, đồng thời đặc tính phân cực tròn của anten vẫn được bảo đảm.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Islam, M. Islam, M. Samsuzzaman, M. Faruque, N. Misran, and M. Mansor, "A Miniaturized Antenna with Negative Index Metamaterial Based on Modified SRR and CLS Unit Cell for UWB Microwave Imaging Applications," *Materials*, vol. 8, no. 2, pp. 392–407, Jan. 2015.
- [2] A. Jafargholi and M. M. Khani, "Miniaturised microstrip antenna using high-impedance wires incorporating AMC MTMs," *Int. J. Electron. Lett.*, pp. 1–8, Aug. 2015.
- [3] L. Wei, J. Chen, A. Zhang, L. Wei, and L. Zhang, "A broadband polarization-insensitive metamaterial absorber and its application in reducing mutual coupling between dual-polarized antennas," 2014, pp. 342–345.
- [4] H. R. Khaleel, H. M. Al-Rizzo, D. G. Rucker, Y. A. Rahmatallah, and S. Mohan, "Mutual coupling reduction of dual-band printed monopoles using MNG metamaterial," 2011, pp. 2219–2222.

- [5] A. P. Feresidis, G. Goussetis, Shenhong Wang, and J. C. Vardaxoglou, "Artificial magnetic conductor surfaces and their application to low-profile high-gain planar antennas," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 53, no. 1, pp. 209–215, Jan. 2005.
- [6] B. Sahu, P. Tripathi, R. Singh, and S. P. Singh, "Simulation study of dielectric resonator antenna with metamaterial for improvement of bandwidth and gain," 2013, pp. 1-4.
- [7] H. Zhu, Y. Yu, X. Li, and B. Ai, "A wideband and high gain dual-polarized antenna design by a frequency-selective surface for wlan application," *Prog. Electromagn. Res. C*, vol. 54, pp. 57–66, 2014.
- [8] A. R. H. Alhawari, A. Ismail, and M. A. Mahdi, "Compact ultra-wideband metamaterial antenna," 2010, pp. 64–68.
- [9] W. Pan, C. Huang, P. Chen, X. Ma, C. Hu, and X. Luo, "A Low-RCS and High-Gain Partially Reflecting Surface Antenna," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 62, no. 2, pp. 945–949, Feb. 2014.
- [10] G. V. Trentini, "Partially reflecting sheet arrays," *IRE Trans. Antennas Propag.*, vol. 4, no. 4, pp. 666–671, Oct. 1956.
- [11] X. Chen, T. M. Grzegorzczak, B.-I. Wu, J. Pacheco, and J. A. Kong, "Robust method to retrieve the constitutive effective parameters of metamaterials," *Phys. Rev. E*, vol. 70, no. 1, p. 016608, Jul. 2004.
- [12] A. P. Feresidis and J. C. Vardaxoglou, "High gain planar antenna using optimised partially reflective surfaces," *IEE Proc. - Microw. Antennas Propag.*, vol. 148, no. 6, p. 345, 2001.

### **Giới thiệu tác giả:**



Tác giả Bùi Thị Duyên tốt nghiệp Đại học chuyên ngành Kỹ thuật đo và Tin học công nghiệp năm 2004. Hoàn thành Thạc sỹ chuyên ngành Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa năm 2007 tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Từ năm 2005 tới nay là giảng viên Khoa Công nghệ Tự động - Trường Đại học Điện lực. Hiện tại đang là nghiên cứu sinh chuyên ngành Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa, hướng nghiên cứu chuyên sâu về đo lường tại Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội. Hướng nghiên cứu chính: anten và mạch cao tần, thiết kế các hệ thống nhúng ứng dụng trong hệ thống điều khiển và tự động hóa.





