

## THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG MẢNG ANTEN VI DẢI BẰNG PHẦN MỀM HFSS ỨNG DỤNG CHO Ở TẦN SỐ 2.45GHz

### DESIGN AND SIMULATION OF MICROSTRIP PATCH ARRAY ANTENNA WITH HFSS FOR 2.45GHz APPLICATIONS

Trương Ngọc Hà

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM, Việt Nam

Ngày toà soạn nhận bài 24/11/2020, ngày phản biện đánh giá 9/12/2020, ngày chấp nhận đăng 27/7/2021.

#### TÓM TẮT

Bài báo này đã nghiên cứu về mảng anten vi dải ứng dụng cho hoạt động ở tần số 2.45GHz. Trong bài báo này, các cơ sở lý thuyết cũng như các công thức về về anten vi dải được tác giả vận dụng để tính toán, thiết kế một anten vi dải. Sau đó, tác giả đã thiết kế mảng anten vi dải hai phần tử và bốn phần tử với phương pháp cấp nguồn song song. Phần mềm HFSS v13 được sử dụng để đánh giá các thông số của anten: tần số cộng hưởng, đồ thị bức xạ, hiệu suất, độ lợi. Cuối cùng, nghiên cứu đã cho thấy với mảng anten vi dải 1x4 cho kết quả như sau: độ lợi bằng 9.7(dB), hiệu suất bức xạ là 95,7%, tần số cộng hưởng là 2.45GHz với băng thông  $BW=90\text{MHz}$  và hướng bức xạ cực đại của mảng là  $\theta=0^0$ .

**Từ khóa:** mảng anten; anten vi dải; đồ thị bức xạ; độ lợi; HFSS.

#### ABSTRACT

This paper studied the application of microstrip antenna array for operation at 2.45GHz frequency. In this paper, the theoretical bases as well as the formulas about microstrip antennas are applied by the author to calculate and design a microstrip antenna. Then, the author designed two element antennas and four element antenna arrays with parallel power method. The HFSS v13 software is used to evaluate the antenna parameters: resonant frequency, radiation pattern, efficiency, gain. As final, the study showed that with 1x4 microstrip antenna array, the results are as follows: gain=9.7(dB), radiation efficiency=95.7%, resonant frequency=2.45GHz with bandwidth(BW)=90MHz and the maximum radiation direction of the array antenna  $\theta=0^0$ .

**Keywords:** array antennas; patch antenna; radiation pattern; gain; HFSS.

#### 1. GIỚI THIỆU CHUNG

Ngày nay thông tin vô tuyến đã phát triển rất mạnh mẽ, cùng với sự phát triển đó thì anten thành phần không thể thiếu của bất kỳ hệ thống thông tin vô tuyến nào. Ngoài việc quan tâm tới giá thành sản xuất, kỹ thuật ngày càng nâng cao, thì tính tiện dụng như độ bền, trọng lượng anten nhẹ, kích thước anten phải nhỏ gọn cũng là mối quan tâm hàng đầu [1]. Vì những đặc điểm đó mà anten phẳng vi dải (microstrip antenna) đã hấp dẫn các nhà nghiên cứu, người dùng vì kích thước nhỏ, chi phí thấp, dễ chế tạo và dễ tích hợp lên các access-point (AP) hay các

thiết bị di động, thông tin [2]. Anten vi dải không chỉ thích hợp ứng dụng cho các thiết bị di động mà còn thích hợp trong các ứng dụng cho hệ thống mạng cục bộ không dây (Wireless Local Area Network, WLAN) hoạt động ở các dải tần 2.4 GHz và 5GHz, hay các dải tần khác cao hơn khi ứng dụng các công nghệ của mạng 5G [2, 3,4].

Tuy nhiên nếu chỉ dùng một anten vi dải đơn nhất thì chưa phát huy đầy đủ các tính năng của việc truyền sóng [5, 6]. Do đó người ta đã nghiên cứu các cách tạo ra mảng vi dải (gồm nhiều các anten vi dải ghép lại với nhau) với các cách bố trí và cấp nguồn

khác nhau để tạo ra những đặc tính nổi trội của việc truyền sóng [7,8].

Đó cũng là lý do, tác giả thực hiện nghiên cứu này nhằm tính toán và mô phỏng mảng anten vi dải hoạt động ở tần số 2.4GHz.

Đề tài được trình bày tuần tự từ chương hai đến chương 5. Trong chương hai sẽ giới thiệu chung về kiến thức anten, anten vi dải, mảng anten. Đến chương ba sẽ tính toán thiết kế anten và mảng anten vi dải. Chương bốn sẽ tiến hành mô phỏng và đánh giá. Và cuối cùng là chương năm sẽ đưa ra những đóng góp chính của đề tài.

## 2. KIẾN THỨC CHUNG VỀ ANTEN VI DẢI VÀ MẢNG ANTEN VI DẢI

### 2.1 Sơ lược về anten

#### 2.1.1. Hàm tính hướng

Hàm hướng tính là hàm vector phức, bao gồm các thành phần  $\varphi$  và  $\theta$  [9]:

$$E_A(\theta, \varphi) = E_\theta(\theta, \varphi)\bar{i}_\theta + E_\varphi(\theta, \varphi)\bar{i}_\varphi \quad (1)$$

#### 2.1.2 Công suất bức xạ, điện trở bức xạ và hiệu suất của anten

Công suất bức xạ là bao gồm cả công suất tổn hao  $P_{th}$  và công suất bức xạ  $P_{bx}$  [9]:

$$P_A = P_{bx} + P_{th} \quad (2)$$

Anten được coi là thiết bị chuyển đổi năng lượng, do đó một thông số quan trọng đặc trưng của nó là hiệu suất làm việc.

Hiệu suất của anten  $\eta_A$  chính là tỷ số giữa công suất bức xạ  $P_{bx}$  và công suất máy phát đưa vào anten.

$$\eta_A = \frac{P_{bx}}{P_A} \quad (3)$$

Hiệu suất của anten đặc trưng cho mức độ tổn hao công suất của anten.

#### 2.1.3. Hệ số hướng tính và hệ số tăng ích của anten.

Anten lý tưởng là anten có hiệu suất làm việc 100% và năng lượng bức xạ sóng điện từ đồng đều ở tất cả các hướng. Anten lý tưởng

được xem như một nguồn bức xạ vô hướng hoặc một chấn tử nửa bước sóng.

*Hệ số hướng tính:* [9] Là tỷ số giữa mật độ công suất bức xạ của anten ở hướng và khoảng cách đã cho so với mật độ công suất bức xạ bởi anten chuẩn cũng tại hướng và khoảng cách như trên, với điều kiện công suất bức xạ của hai anten giống nhau.

$$D(\theta, \varphi) = \frac{S(\theta, \varphi)}{S_0} \quad (4)$$

Trong đó:

$S(\theta, \varphi)$  là mật độ công suất bức xạ của anten ở hướng  $(\theta, \varphi)$  tại khoảng cách R.

$S_0$  là mật độ công suất tại hướng và khoảng cách như trên với giả thiết anten bức xạ đồng đều theo các hướng.

Anten chuẩn có thể là một nguồn bức xạ vô hướng giả định hoặc một nguồn nguyên tố nào đó đã biết.

*Độ lợi của anten:* Là tỷ số giữa mật độ công suất bức xạ của anten thực ở hướng khảo sát và mật độ công suất của anten chuẩn ở cùng hướng và khoảng cách như trên với điều kiện công suất đặt vào hai anten bằng nhau, còn anten chuẩn có hiệu suất bằng một [9].

$$\varepsilon(\theta, \varphi) = \frac{\eta_A \cdot S(\theta, \varphi)}{S_0} = \eta_A \cdot D(\theta, \varphi) \quad (5)$$

Trong đó:

$\eta_A$ : hiệu suất của anten.

$S(\theta, \varphi)$ : mật độ công suất bức xạ của anten.

$D(\theta, \varphi)$ : là hệ số hướng tính.

$S_0$ : là mật độ công suất.

Độ lợi của anten không những chỉ biểu thị đặc tính định hướng của anten mà còn biểu thị sự tổn hao trên anten.

#### 2.1.4 Trở kháng vào của anten.

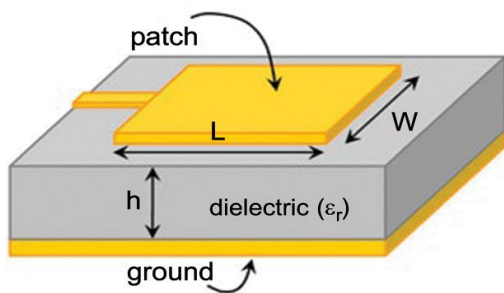
Khi nối anten vào máy phát hoặc máy thu thì anten sẽ trở thành tải của máy phát và máy thu. Trị số tải này được đặc trưng bởi trở kháng vào của anten. Trở kháng được xác

định bằng tỷ số giữa điện áp đầu vào  $U_v$  của anten và dòng điện đầu vào  $I_v$  của anten [9].

$$Z = \frac{U_v}{I_v} = R_v + jX_v \quad (6)$$

## 2.2 Sơ lược về anten vi dải

Anten vi dải là một bản mạch dùng để bức xạ sóng điện từ có hình dạng như Hình 1[10]. Cấu tạo anten vi dải đơn giản gồm: một Radiating Patch (mặt phẳng bức xạ) nằm trên Dielectric Substrate (lớp điện môi), phía đối diện với patch là Ground Plane (mặt phẳng đất).



**Hình 1.** Hình dạng 3D của anten vi dải[10]

### 2.2.1 Các thông số cơ bản của anten vi dải

Tần số cộng hưởng, chiều dài và chiều rộng của anten vi dải.

Tần số cộng hưởng của anten vi dải ở mode (m,n) ( $TM_{m,n}$ ) là [12]:

$$f_{m,n} = \frac{c}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{\left(\frac{m\pi}{L}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{W}\right)^2} \quad (7)$$

L: chiều dài

M: chiều rộng

Thường sử dụng mode (1,0), tần số cộng hưởng sẽ là:

$$f_{1,0} = \frac{c}{2\sqrt{\epsilon_{reff}}} \left(\frac{1}{L}\right) \quad (8)$$

$$L = \frac{c}{2f_{1,0}\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{\lambda_d}{2} \quad (9)$$

Trong đó:

$\epsilon_r$ : hằng số điện môi của lớp điện môi.

$\lambda_d$ : bước sóng trong lớp điện môi

c: vận tốc ánh sáng trong không gian tự do.

Do có hiệu ứng viền [12] nên chiều dài của patch sẽ được kéo dài ra một khoảng  $\Delta l$  mỗi bên.

$$\Delta l = 0.412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \quad (10)$$

Trong đó

$\epsilon_{reff}$ : hằng số điện môi hiệu dụng của lớp điện môi, được cho bởi công thức:

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{W}\right)^{-1/2} \quad (11)$$

h: chiều cao tấm patch.

Chiều dài thực tâm patch lúc này là:

Chiều rộng của patch được tính theo công thức để đạt được bức xạ sóng thích hợp:

$$W = \frac{c}{2f_0} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (12)$$

Khi đó theo [7, 8, 9] để phối hợp trở kháng giữa đường truyền có trở kháng  $Z_0$  và tải có thuần trở  $R_L$  người ta sẽ thêm vào một đường vi dải có chiều dài  $l = (2n+1)*\lambda/4$  và có trở kháng  $Z_l = \sqrt{Z_0 \cdot R_L}$ .

### 2.2.2 Độ định hướng của anten vi dải

Độ định hướng là một trong những hệ số chất lượng quan trọng đối với mỗi loại anten và được định nghĩa như sau [9, 12]:

$$D_0 = \left(\frac{2\pi W}{\lambda_0}\right)^2 \frac{1}{I_1} \quad (13)$$

Trong đó:

$$I_1 = \int_0^\pi \left[ \frac{\sin\left(\frac{k_0 W}{2} \cos\theta\right)}{\cos\theta} \right]^2 \sin^3\theta d\theta \quad (14)$$

### 2.2.3 Các phương pháp cấp nguồn cho anten vi dải

Với anten vi dải thì có hai cách cấp nguồn là cấp đồng trục và đường truyền vi dải. Trong bài báo này, phương pháp cấp nguồn bằng đường truyền vi dải được sử dụng. Cấp nguồn bằng đường truyền vi dải là một phương pháp dễ thực hiện vì patch có thể được xem là một đường truyền vi dải hở và cả hai có thể được thiết kế trên cùng một mạch. Tuy nhiên nó có hạn chế là sẽ làm xuất hiện sự bức xạ không mong muốn nếu kích thước đoạn cấp nguồn là tương đối dài nếu so sánh với độ dài của anten [8].

## 2.3 Mảng anten vi dải

### 2.3.1. Khái niệm mảng anten:

Mảng anten gồm nhiều anten đặt gần nhau, cách nhau một khoảng cách nhằm tạo ra các hướng bức xạ có cường độ lớn nhỏ khác nhau cho mảng anten [9]. Mảng anten tạo ra trường điện từ vùng xa theo công thức sau [9]:

$$E_T = E_A * AF \quad (15)$$

Với  $E_A$ : là biên độ trường của từng anten phần tử.  $AF$  là hệ số sắp xếp và có dạng theo công thức sau:

$$AF(N, \theta) = e^{\frac{j(N-1)(kdcos\theta + \beta)}{2}} \left[ \frac{\sin[N(kdcos\theta + \beta)]}{\sin\left(\frac{kdcos\theta + \beta}{2}\right)} \right]$$

$$|AF(N, \theta)| = \left| \frac{\sin[N(kdcos\theta + \beta)]}{\sin\left(\frac{kdcos\theta + \beta}{2}\right)} \right| \quad (16)$$

Trong đó:  $N$  là số anten;  $k=2\pi/\lambda$  (với  $\lambda$  là bước sóng làm việc);  $d$  là khoảng cách giữa các anten trong mảng anten,  $\beta$  hệ số pha của các phần tử anten ( $\beta=k*d$ ).

### 2.3.2. Mảng anten vi dải và phương pháp cấp nguồn cho mảng

Mảng anten vi dải là một mảng anten với các anten thành phần là các anten vi dải. Mảng anten vi dải có thể tạo ra một dạng bức xạ theo một yêu cầu được đặt ra trước.

Có hai cách cấp nguồn cho anten vi dải là nối tiếp và song song [10, 11]. Trong nghiên cứu này, phương pháp cấp nguồn song song được sử dụng. Khi đó theo [12] để phối hợp trở kháng giữa đường truyền có trở kháng  $Z_0$  và tải có trở kháng  $R_L$  người ta sẽ thêm vào một đường vi dải có chiều dài  $l = (2n+1)*\lambda/4$  và có trở kháng  $Z_l = \sqrt{Z_0.R_L}$ .

## 3. TÍNH TOÁN VÀ THIẾT KẾ ANTEN VI DẢI

### 3.1 Thiết kế anten vi dải hình chữ nhật

Các thông số kích thước của mặt bức xạ, chiều cao và hệ số điện môi là những thông số quyết định tần số cộng hưởng của anten, nên chúng phải được lựa chọn và tính toán chính xác. Lựa chọn vật liệu chế tạo anten là tấm mặt in hai mặt [13], các thiết bị thông tin thường hoạt động ở tần số phổ biến và dễ giao tiếp là 2.4GHz nên ta có các thông số như bảng 1 [14].

**Bảng 1:** Các thông số đầu vào của anten

Hình dạng patch	Hình chữ nhật
Tần số cộng hưởng	2.4Ghz
Hằng số điện môi	4.3 (FR-4)
Chiều dày điện môi	1.6 mm
Cách thức cấp nguồn	Đường vi dải

#### 3.1.1 Kích thước của anten

Dựa vào công thức (12) để tính chiều rộng của patch anten được tính theo công thức sau:

$$W = \frac{1}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} = \frac{3*10^8}{2*2.4*10^9} \sqrt{\frac{2}{4.3+1}}$$

$$= 0.0038393 \text{ (m)} = 38.393 \text{ (mm)}$$

$c$ : vận tốc ánh sáng:  $= 3 \times 10^8$  m/s

Hằng số điện môi hiệu dụng của patch được tính theo công thức (11):

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( 1 + 12 \frac{h}{W} \right)^{-1} = \frac{4.3+1}{2} + \frac{4.3-1}{2} \left( 1 + 12 \frac{1.6}{38.393} \right)^{-1} = 3.997$$

Chiều dài của tấm patch theo công thức (9) tại tần số cộng hưởng là:

$$L = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} = 31.261 \text{ (mm)}$$

Do có hiệu ứng viền nên chiều dài miếng patch mở rộng ra một khoảng theo công thức (10) là:

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0.3) \left( \frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0.258) \left[ \frac{W}{h} + 0.8 \right]}$$

$$= 0.741 \text{ (mm)}$$

Chiều dài thực của tấm patch là:

$$L_t = L + 2\Delta L = 31.261 + 2 * 0.741 = 33.743 \text{ (mm)}$$

### 3.1.2 Trở kháng vào của anten

Anten được cấp nguồn bằng đường vi dải 50(Ohm) nên điểm cấp nguồn của anten sẽ được lần sau vào một khoảng  $y_0$  cho bởi công thức sau:

$$y_0 = \frac{L_t}{\pi} \cos^{-1} \sqrt{\frac{50}{R_{in}}} \quad (17)$$

Trong đó:  $R_{in}$  là trở kháng vào tại cạnh của anten.

$$R_{in} = \left( \frac{1}{2(G_1 + G_{12})} \right) \quad (18)$$

$G_1$  điện dẫn của khe 1

$$G_1 = \frac{I_1}{120\pi^2}$$

$$I_1 = \int_0^\pi \left[ \frac{\sin\left(\frac{k_0 W}{2} \cos \theta\right)}{\cos \theta} \right]^2 \sin^3 \theta d\theta = 1.16835$$

$$G_1 = \frac{I_1}{120\pi^2} = \frac{1.16835}{120\pi^2} = 9.8648 * 10^{-4} \text{ (siemens)}$$

$G_{12}$  điện dẫn ghép tương hỗ của hai khe:

$$G_{12} = \frac{1}{120\pi^2} \int_0^\pi \left[ \frac{\sin\left(\frac{k_0 W}{2} \cos \theta\right)}{\cos \theta} \right]^2 J_0(k_0 L_t \sin \theta) \sin^3 \theta d\theta =$$

$$= 5.8832 * 10^{-4} \text{ (siemens)}$$

$$R_{in} = \frac{1}{2(G_1 + G_{12})} = \frac{1}{2(9.8648 * 10^{-4} + 5.8832 * 10^{-4})} = 317.497 (\Omega)$$

$$\Rightarrow y_0 = \frac{L_t}{\pi} \cos^{-1} \sqrt{\frac{50}{R_{in}}} = \frac{29.779}{\pi} \cos^{-1} \sqrt{\frac{50}{317.497}} = 11.021 \text{ (mm)}$$

Để xác định chiều rộng đường vi dải, chúng ta áp dụng công thức:

$$Z_c = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}} \left[ \frac{W_0}{h} + 1.393 + 0.667 \ln \left( \frac{W_0}{h} + 1.444 \right) \right]}$$

Vì theo thiết kế, đường vi dải có trở kháng 50 (Ohm) nên  $Z_c = 50$  (Ohm). Từ đây ta rút ra được chiều rộng đường vi dải:

$$W_0 = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}} \left[ \frac{W_0}{h} + 1.393 + 0.667 \ln \left( \frac{W_0}{h} + 1.444 \right) \right]}$$

$$= 50 \text{ (Ohm)} \Rightarrow W_0 = 2.439 \text{ (mm)}$$

### 3.1.3 Độ định hướng của anten

$$D_2 = D_0 * D_{AF} \quad (19)$$

Trong đó:  $D_0$  là độ định hướng của khe đơn,  $D_{AF}$  là độ định hướng của hệ số AF.

Ta có:

$$D_0 = \left( \frac{2\pi W}{\lambda_0} \right)^2 \frac{1}{I_1} = 3.18772 = 5.034 \text{ (dB)}$$

$$D_{AF} = \frac{2}{1 + g_{12}} = \frac{2}{1 + \frac{G_{12}}{G_1}} = 1.2528 = 0.9788 \text{ (dB)}$$

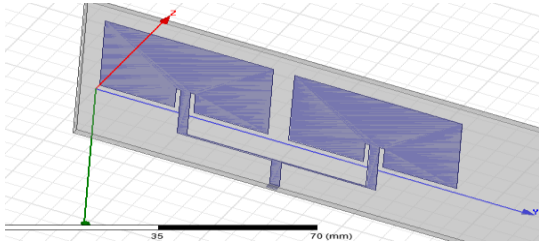
$$D_2 = D_0 D_{AF} = 3.9935 = 6.0128 \text{ (dB)}$$

## 3.2 Thiết kế mảng anten vi dải

Như phân lý thuyết đã trình bày về mảng anten, mảng anten vi dải gồm nhiều anten vi dải ghép lại với nhau; và phụ thuộc vào hai thông số: số phần tử của mảng và pha của dòng điện cung cấp cho các phần tử.

### 3.2.1 Thiết kế mảng 2 phần tử

Theo như phân lý thuyết đã đề cập ở trên và bảng thông số của 1 anten vi dải ở bảng 1 ta thiết kế được mảng 2 phần tử như sau:

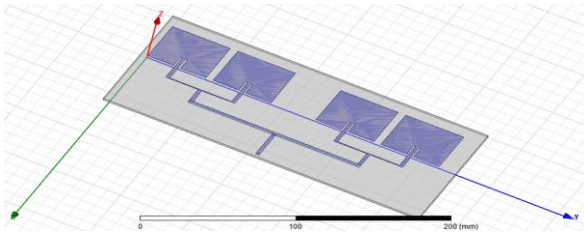


**Hình 2.** Mảng 2 anten vi dải được cấp nguồn song song

Với mảng vi dải 2 phần tử này, ta chọn chiều dài của đoạn cấp nguồn vi dải là  $\lambda/4 = 25\text{mm}$ . Sau khi tính trở kháng các đoạn vi dải và cấp nguồn, ta tiến hành mô phỏng

### 3.2.2 Thiết kế mảng anten 4 phần tử

Ta vẫn dựa vào các lý thuyết về tính độ dài các đường truyền sóng vi dải như trong mảng 2 phần tử, ta thiết kế được mảng 4 phần tử được cấp dòng đồng thời như hình 10.

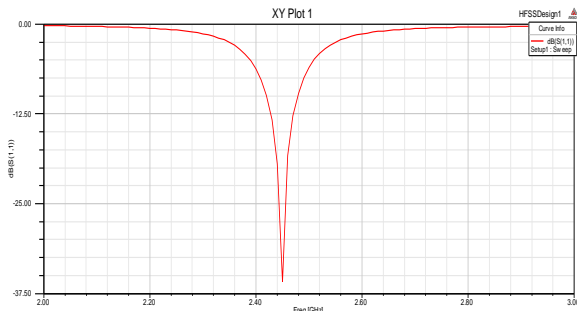


**Hình 3.** Mảng 4 anten vi dải được cấp nguồn song song

## 4. MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ

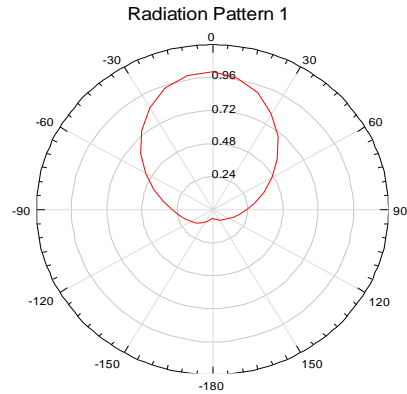
### 4.1 Mô phỏng một anten vi dải

Sau khi tính toán, tác giả tiến hành mô phỏng bằng phần mềm HFSS [15]. Tuy nhiên, tần số cộng hưởng đạt được là 2.76GHz, chưa đúng yêu cầu đề ra. Tác giả tính toán và hiệu chỉnh với hình dạng:  $W \times L$  (là  $42.24 \times 39\text{mm}$ ). Sau khi hiệu chỉnh lại và mô phỏng lại thu được kết quả như Hình 4. Kết quả mô phỏng:



**Hình 4.** Hệ số  $S_{11}$  của anten vi dải đã hiệu chỉnh

Hình 4 cho biết tần số cộng hưởng của anten là 2.45 GHz, băng thông của anten  $BW = (2.45 - 2.36) \times 1000 = 90(\text{MHz})$ . Tại tần số 2.45GHz hệ số tổn hao phản hồi đạt  $-35.909(\text{dB})$ . Đồ thị bức xạ 2 chiều trên tọa độ cực:



**Hình 5.** Đồ thị bức xạ 2 chiều của anten vi dải đã hiệu chỉnh

Theo Hình 5, ta dễ dàng thấy anten bức xạ theo hướng  $\theta$ , độ lợi (Gain) theo hướng cực đại tại hướng  $\theta = 0^\circ$ .

Antenna Parameters:		
Quantity	Value	Units
Max U	0.0014924	W/sr
Peak Directivity	2.0152	
Peak Gain	1.9519	
Peak Realized Gain	1.8755	
Radiated Power	0.0093065	W
Accepted Power	0.0096084	W
Incident Power	0.01	W
Radiation Efficiency	0.96858	
Front to Back Ratio	205.43	
Decay Factor	0	

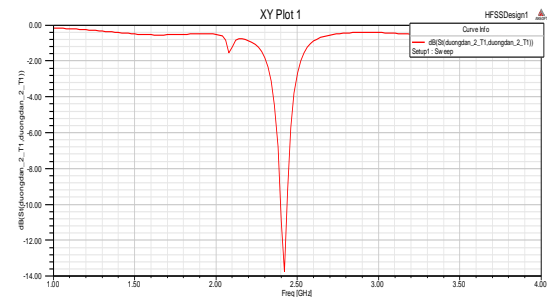
**Hình 6.** Các thông số của 1 anten vi dải

Nhìn vào Hình 6, ta có thể thấy độ lợi của anten là gần bằng 2 ở hướng bức xạ chính và hiệu suất bức xạ là gần bằng 1 (0.968).

### 4.2 Mô phỏng mảng anten vi dải

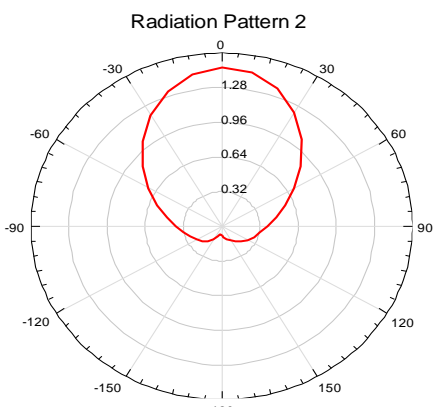
#### 4.2.1 Mô phỏng mảng 2 anten

Kết quả đạt được ở hình 7, hình 8, hình 9.



**Hình 7.** Thông số  $S_{11}$  của mảng 2 anten vi dải

Hình 7 chỉ ra tần số cộng hưởng của mảng không đổi so với chỉ 1 anten, điều này bảo đảm dải tần hoạt động của mảng này vẫn được bảo đảm tốt trên dải tần được thiết kế.



Hình 8. Đồ thị bức xạ 2D của mảng 2 anten vi dải

Khi so sánh kết quả của Hình 5 và Hình 8 ta thấy ở hướng bức xạ cực đại biên độ trường của trường hợp mảng 2 anten lớn hơn khá nhiều so với chỉ 1 anten (ở đây là 0,96 so với 1,3). Khi so sánh về độ rộng HPBW(độ rộng nửa công suất) của mảng vi dải 2 phân tử đã giảm đi khá nhiều điều này chứng tỏ tính định hướng của mảng này tốt hơn so với một anten đơn nhất.

Ta xét, một số thông số khác của anten theo Hình 9 dưới đây:

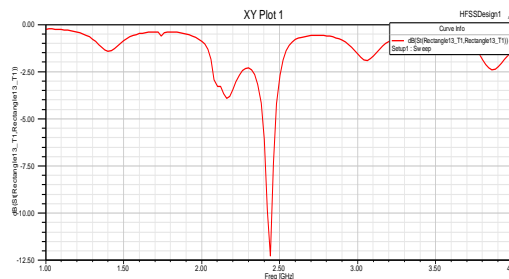
Antenna Parameters:			
Quantity	Value	Units	
Max U	0.0028559	W/sr	
Peak Directivity	4.5714		
Peak Gain	4.4272		
Peak Realized Gain	3.589		
Radiated Power	0.007851	W	
Accepted Power	0.0081067	W	
Incident Power	0.01	W	
Radiation Efficiency	0.96845		
Front to Back Ratio	342.57		
Decay Factor	0		

Hình 9. Các thông số của mảng 2 anten vi dải

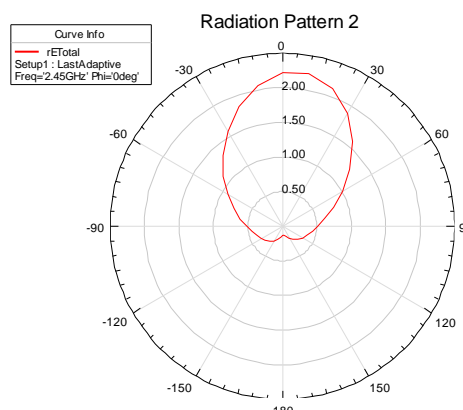
Với bảng các thông số của mảng vi dải 2 phần tử được cho trong Hình 9 này, ta thấy độ lợi công suất của mảng là 4,4 cao hơn gấp đôi so với chỉ 1 anten (2,01). Như vậy độ lợi công suất đã đạt được khá cao. Cũng theo kết quả này, giá trị hiệu suất bức xạ đều rất tốt rất gần 100% (96,86%), như vậy hầu như công suất truyền đến anten đều được bức xạ hết, phần tiêu hao rất nhỏ.

#### 4.2.2 Mô phỏng mảng 4 anten

Sau khi cấp nguồn và chạy mô phỏng, kết quả thu được thể hiện ở các Hình từ 10 đến Hình 12.



Hình 10. Hệ số S11 của mảng 4 anten được cấp nguồn song song



Hình 11. Đồ thị bức xạ 2D của mảng 4 anten được cấp nguồn song song

Antenna Parameters:			
Quantity	Value	Units	
Max U	0.0066261	W/sr	
Peak Directivity	9.7087		
Peak Gain	9.2954		
Peak Realized Gain	8.3268		
Radiated Power	0.0085766	W	
Accepted Power	0.0089579	W	
Incident Power	0.01	W	
Radiation Efficiency	0.95743		
Front to Back Ratio	205.15		
Decay Factor	0		

Hình 12. Các thông số bức xạ của mảng 4 anten được cấp nguồn song song

Với kết quả của 3 Hình này (Hình 10, Hình 11, Hình 12) ta so sánh với kết quả của mảng 2 phần tử cho ở các Hình 7, Hình 8, Hình 9, ta có thể rút ra các đánh giá sau:

- Hệ số S11 không đổi.
- Độ rộng búp sóng chính giảm.

- Độ lợi tăng hơn gấp 2 lần (từ 4,4 lên 9,29).
- Tuy nhiên hiệu suất bức xạ giảm so với mảng 2 phần tử nhưng không nhiều (từ 96% còn 95%).

Như vậy, mảng vi dải 4 phần tử được cấp dòng đồng thời tốt hơn mảng 2 phần tử rất nhiều.

Đánh giá chung về các kết quả mô phỏng:

- Mảng anten vi dải hoạt động đúng với băng tần của 1 anten đơn nhất.
- Độ lợi của mảng vi dải thường cao hơn so với một anten.
- Đồ thị bức xạ của các loại mảng khác nhau và các cách cấp nguồn khác nhau là khác nhau.

Với từng loại ứng dụng cụ thể cần chọn loại mảng anten vi dải cho phù hợp.

## 5 KẾT LUẬN

Đề tài đã nghiên cứu, thiết kế và mô phỏng anten vi dải patch chữ nhật cơ bản và các dạng mảng anten vi dải hoạt động ở tần số 2.45GHz.

Dùng phần mềm HFSS mô phỏng, đo đạc các kết quả tương đối chính xác.

Các kết quả nghiên cứu trên mô phỏng được so sánh và đối chiếu với nhau để rút ra ứng dụng cụ thể với từng loại anten

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lưu Văn Hoan, Thiết kế chế tạo anten vi dải nhiều băng tần, Khoa thông tin vô tín, Hà Nội, 2008.
- [2] Ramesh Garg, Prakash Bhartia, Inder Bahl, Apisak Ittipiboon, Microstrip Antenna Design Handbook, Artech House.
- [3] A John Wiley, Sons và cộng sự, Antenna Theory Analysis and Design, Hoboken, New Jersey, Canada, 1976.
- [4] Vũ Thị Liên, Thiết kế mô phỏng anten vi dải, Khoa Điện tử, ĐH Hàng Hải.
- [5] G. Casu, C. Mararu, and A Kovacs, "Design and Implementation of Microstrip Patch Antenna Array," IEEE 10th International Conference on Communications, pp. 1-4, May 2014.
- [6] B.S. Sandeep, and S.S. Kashyap, "Design and Simulation of Microstrip Patch Array antenna for Wireless Communications at 2.4 GHZ," International Journal of Scientific & Engineering Research,
- [7] P. Jeyakumar, P. Chitra, and M. G. Christina, "Design and Simulation of Directive High Gain Microstrip Array Antenna for 5 G Cellular Communication," 2018.
- [8] R. Najeeb, D. Hassan, D. Najeeb, and H. Ademgil, "Design and simulation of VoL 3, pp.1-4, November 2012.
- [9] C.A. Balanis, c.A., "Antenna Theory: Analysis Design," Third Edition, John Wiley&Sons, Inc., 2005.
- [10] Manickam Karthigai Pandian and Thangam Chinnadurai, "Design and Optimization of Rectangular Patch Antenna Based on FR4, Teflon and Ceramic Substrates", Recent Advances in Electrical & Electronic Engineering 2019; 12(4)
- [11] Singh, Ashish, Aneesh, Mohammad, Kamakshi, and Ansari, J. A.. "Analysis of Microstrip Line Fed Patch Antenna for Wireless Communications" Open Engineering, vol. 7, no. 1, 2017, pp. 279-286.
- [12] A Majumder, "Rectangular Microstrip Patch Antenna Using Coaxial Probe Feeding Technique to Operate in S-Band," International Journal of Engineering Trends and Technology (UETT) - VoL 4, pp.1206-1210, April 2013.
- [13] A Kumar, .I. Kaur, and R. Singh, "Performance Analysis of Different Feeding Techniques," International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Certified Journal, Vol. 3, pp. 884-890, March 2013.



- [14] RJ. Jothi Chitra, M. Rajasekaran, and V. Nagarajan, "Design of double L-slot Microstrip Patch Antenna Array for WiMAX/WLAN Application using step width junction feed," IEEE, International conference on Communication and Signal Processing, pp. 298-304, April 2013.
- [15] Abdelhakim Elouadih, Ahmed Oulad-Said, Moha Mrabet Hassani, "Design and Simulation by HFSS of a Slim UWB PIFA Antenna", World Journal of Engineering and Technology, Vol.1 No.2, 2013.

**Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:**

Trương Ngọc Hà

Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TP. Hồ Chí Minh

Email: hatn@hcmute.edu.vn