



## THIẾT KẾ ANTEN VI DẢI PHÂN CỰC TRÒN CHO ỨNG DỤNG WLAN DẢI TẦN 2,4 GHz

Võ Ngọc Lợi<sup>1</sup> và Lương Vinh Quốc Danh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Học viên Cao học ngành Kỹ thuật Điện tử, Trường Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh

<sup>2</sup> Bộ môn Điện tử Viễn thông, Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

### Thông tin chung:

Ngày nhận: 08/01/2013

Ngày chấp nhận: 19/06/2013

### Title:

Design of a Circularly Polarized Microstrip Antenna for 2.4 GHz WLAN Applications

### Từ khóa:

Anten vi dải, phân cực tròn, WLAN

### Keywords:

Microstrip antennas, circular polarization, WLAN

### ABSTRACT

This paper presents a circularly polarized microstrip antenna used for 2.4 GHz WLAN applications. The designed antenna consists of a circular patch fabricated on FR-4 substrate with a V-shaped slot carved on its surface and a circular metal plate (reflector). The antenna substrate is stacked above the reflector by a small distance. The antenna size and positions of the two feeding ports using coaxial cables are optimized to have a circularly polarized antenna with resonant frequency at 2.44 GHz, 8.43-dBi peak gain, and the isolation between the two ports below -20 dB. The simulation results show good agreement with the measurement. The proposed antenna can be used for 2.4 GHz wireless access points (APs) with 2x2 multiple-input multiple-output (MIMO) antenna systems.

### TÓM TẮT

Nội dung bài viết này trình bày về một anten vi dải phân cực tròn cho ứng dụng WLAN dải tần 2,4 GHz. Anten được thiết kế bao gồm một tấm mạch in FR-4 hình tròn với một khe được khắc hình chữ V và một tấm kim loại hình tròn (tấm phản xạ). Bản mạch in FR-4 được đặt cách tấm phản xạ một khoảng cách nhỏ. Kích thước của anten và vị trí đặt 2 ngõ vào (port) tiếp tín hiệu sử dụng cáp đồng trục được tối ưu để có được sóng phân cực tròn, tần số cộng hưởng 2,44 GHz, độ lợi đỉnh 8,43-dBi, và độ cách ly giữa 2 ngõ vào dưới -20 dB. Các kết quả mô phỏng phù hợp với kết quả đo đạc thực tế. Anten cũng có thể được sử dụng như một anten phân cực kép cho các access point (AP) dải tần 2,4 GHz có hệ thống anten MIMO 2x2.

## 1 GIỚI THIỆU

Trong các hệ thống thông tin không dây, chất lượng tín hiệu phụ thuộc rất nhiều vào hệ thống anten thu phát. Đặc biệt, loại anten vi dải (microstrip antennas) với đặc điểm nhỏ gọn, chi phí chế tạo thấp, độ lợi khá cao, được sử dụng phổ biến trong các hệ thống thông tin

vô tuyến hiện đại. Anten vi dải là loại anten được đề xuất đầu tiên bởi G. A. Deschamps vào năm 1953 [1], sau đó nhanh chóng được phát triển, điển hình như: Wong, K. L. thiết kế anten planar cho hệ thống truyền thông không dây [2], T. G. Abo-Elnaga, E. A. F. Abdallah, and H. El-Hennawy thiết kế anten phân cực tròn băng rộng cho bộ đọc thẻ RFID (radio –

frequency identification) dải tần số 2,4 GHz [3], Dau-Chyrh Chang, Bing-Hao Zeng, and Ji-Chyun Liu với thiết kế anten mảng hiệu suất cao [4]. Anten vi dải có nhiều dạng cấu trúc, có độ lợi và kiểu phân cực sóng khác nhau có thể được thiết kế tùy theo từng ứng dụng cụ thể [5].

Bên cạnh đó, sóng điện từ có phân cực tròn được xem là một trong các giải pháp có hiệu quả để làm giảm ảnh hưởng của hiện tượng phản xạ đa đường (multipath fading) và đặc biệt phù hợp cho trường hợp người sử dụng di chuyển với trạm phát sóng cố định. Đã có nhiều bài báo giới thiệu các loại anten phân cực tròn được công bố trong thời gian qua, chẳng hạn như V. G. Kasabegouder and K. J. Vinoy thiết kế anten vi dải băng rộng tiếp điện rời có phân cực tròn [6], S. A. Malekabadi với anten phân cực tròn sử dụng một đường tiếp điện [7]. Nội dung bài viết này trình bày việc thiết kế một anten phân cực tròn, có độ lợi cao, tiếp điện bằng cáp đồng trục với 2 ngõ vào ứng dụng cho hệ thống WLAN dải tần 2,4 GHz. Với khe khắc hình chữ V trên tấm bức xạ bằng vật liệu mạch in FR-4, độ cách ly giữa 2 ngõ vào của anten ( $S_{12}$ ,  $S_{21}$ ) được cải thiện khoảng 6 dB so với loại anten không có khe khắc chữ V trên tấm bức xạ FR-4. Ngoài ra, anten được thiết kế có thể được sử dụng như một anten phân cực kép (dual polarization) trong thiết bị thu phát WLAN với hệ thống MIMO 2x2. Kết quả mô phỏng trên máy tính (các thông số tán xạ  $S_{11}$ ,  $S_{22}$ ,  $S_{12}$ ,  $S_{21}$ ) được so sánh với kết quả đo đạc thực tế. Độ lợi của anten cũng được kiểm chứng thực tế thông qua việc đo đạc và so sánh sử dụng AP với anten có độ lợi 4 dBi.

## 2 THIẾT KẾ

Các kích thước cùng hằng số điện môi và kỹ thuật tiếp điện của anten là những vấn đề quan trọng trong việc thiết kế anten nói chung và anten vi dải nói riêng [8][9][10]. Thay đổi hằng số điện môi, điều chỉnh vị trí tiếp điện cùng việc tính toán các thông số kỹ thuật trên cơ sở lý thuyết để đưa ra các kích thước ban đầu cho việc thiết kế anten chỉ mang tính ước lượng. Từ các thông số này ta sẽ đưa ra các

thông số tối ưu bằng cách mô phỏng anten sử dụng phần mềm Ansys HFSS [11].

Các thông số lý thuyết ban đầu của anten đĩa tròn [2] [5]:

$$\text{Tần số cộng hưởng } f_r = \frac{1.8412}{2\pi a_e \sqrt{\epsilon_r}} c \quad (1)$$

Bán kính hiệu dụng của tấm patch được tính bởi công thức:

$$a_e = a \left\{ 1 + \frac{2h}{\pi a \epsilon_r} \left[ \ln \left( \frac{\pi a}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{0.5} \quad (2)$$

Tần số cộng hưởng của anten  $f_r = 2.44 \text{GHz}$ .

Mạch in FR-4 với: Hằng số điện môi  $\epsilon_r = 4.6$  độ dày tấm mạch in  $h = 1.6 \text{mm}$ .

$$a_e = \frac{1.8412}{2\pi f_r \sqrt{\epsilon_r}} c \quad (3)$$

$$a = \frac{F}{\left\{ 1 + \left( \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \right) \left[ \ln \left( \frac{\pi F}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{0.5}} \quad (4)$$

$$\text{Với: } F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (5)$$

Mặt phản xạ có đường kính bằng  $2\lambda$ .

Khoảng cách giữa mặt phản xạ và tấm patch là  $\frac{\lambda}{10}$ .

$$\text{Vị trí đặt port } r_0 = \frac{\lambda}{4}.$$

Với  $\lambda$  là bước sóng được tính theo công thức:

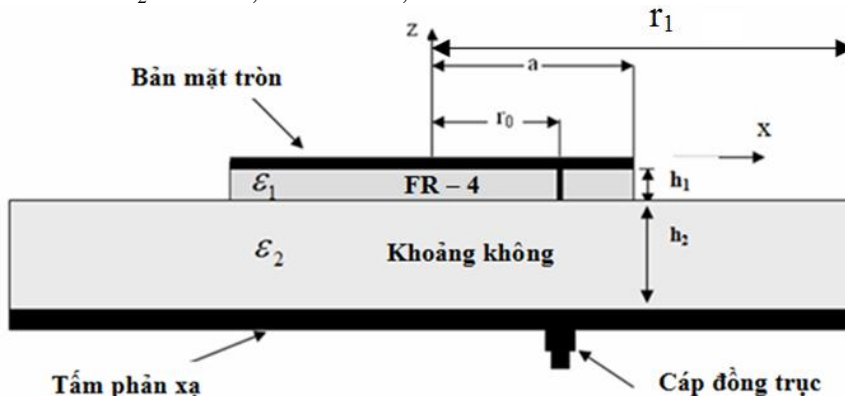
$$\lambda = \frac{c}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \approx 57 \text{mm} \quad (6)$$

Để cải thiện độ cách ly giữa hai ngõ vào của anten, một khe khắc hình chữ V được tạo trên nền tấm mạch in FR-4. Hình dạng và kích thước của khe khắc hình chữ V được xác định bằng phương pháp tối ưu hóa.

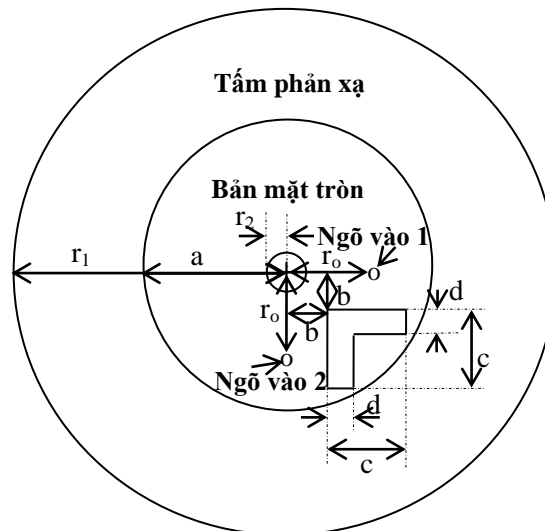
Qua quá trình hiệu chỉnh các kích thước của anten trên phần mềm mô phỏng HFSS nhằm đạt được các yêu cầu đã đặt ra, các kích thước tối ưu của anten đạt được như sau: tấm đĩa phản xạ bằng kim loại có bán kính  $r_1 = 55$  mm, bản mặt đĩa bức xạ FR-4 bán kính  $a = 28.6$  mm đặt phía trên tấm kim loại một khoảng không ( $\epsilon_2$ )  $h_2 = 6$  mm, tấm mạch in FR-4 có hằng số điện môi  $\epsilon_1 = 4.6$ , độ dày  $h_1 = 1.6$  mm. Mặt trên nền tấm mạch in FR-4 khắc một khe hình chữ V và một hình tròn tại tâm có các kích thước  $r_2 = 3$  mm,  $b = 10$  mm,

$c = 13$  mm,  $d = 4$  mm. Cấu trúc chi tiết được thể hiện ở Hình 1 và Hình 2.

Bằng kỹ thuật tiếp tin hiệu bằng cáp đồng trục với 2 ngõ vào trên đường vuông góc qua tâm, cách tâm một khoảng  $r_0 = 13$  mm như ở Hình 2. Các kích thước của anten được tối ưu để đạt được sự phối hợp trở kháng  $50 \Omega$  tại các ngõ vào, phân cực tròn cộng hưởng tại tần số 2,44 GHz, và các thông số như: độ lợi, suy hao phân xạ, cách ly giữa hai ngõ vào đạt được như yêu cầu đã đặt ra.



Hình 1: Cấu trúc mặt bên của anten đĩa tròn



Hình 2: Cấu trúc mặt trên của anten đĩa tròn

### 3 KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ ĐO ĐẠC

Anten được thiết kế và mô phỏng trên phần mềm Ansys HFSS. Các thông số tán xạ S được đo đạc bằng máy Vector Network Analyzer – R&S ZBV8. Từ kết quả mô phỏng và đo đạc

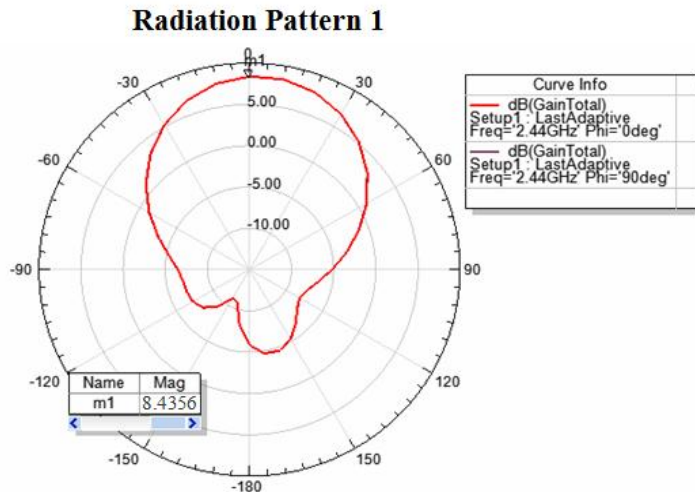
được thể hiện qua các hình cho ta một anten phân cực tròn tần số cộng hưởng tại 2,44 GHz, độ lợi đỉnh 8,43 dBi (Hình 3, Hình 4), hệ số phân xạ  $S_{11}$  và  $S_{22}$  là  $-30$  dB (Hình 5, Hình 6). Độ cách ly giữa hai ngõ vào  $S_{12}$  và  $S_{21}$  theo mô

phông so sánh với kết quả đo đạc được trình bày ở Hình 7. Tỷ số sóng đứng tại hai ngõ vào 1 và 2 là 1.06 (Hình 8a, và 8b), góc búp sóng chính của anten là  $60^\circ$ , băng thông của anten là 200 MHz.

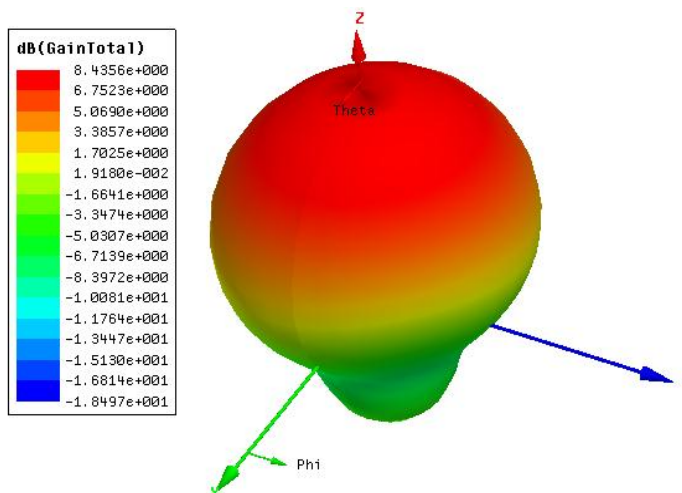
Ngoài ra, để kiểm nghiệm thực tế về độ lợi, anten được gắn vào một access point WLAN dải tần 2,4 GHz, chuẩn N có tính năng MIMO 2x2 (với 2 anten bức xạ toàn hướng độ lợi 4 dBi). Kết quả đo đạc cường độ trung bình của tín hiệu RF thu được ở môi trường có fading mạnh của anten đĩa tròn và anten toàn hướng lần lượt là  $-55$  dBm và  $-62$  dBm (Hình 9), và môi trường có fading yếu của anten đĩa tròn và anten toàn hướng lần lượt là  $-65$  dBm và  $-72$  dBm (Hình 10). Phần mềm Netstumbler [12]

cài đặt trên máy tính xách tay được sử dụng trong các đo đạc này. Kết quả mô phỏng ở Hình 11 cũng cho thấy anten đề nghị, với khe khắc chữ V trên tấm bức xạ FR-4, có độ cách ly  $S_{12}$  ( $S_{21}$ ) trong dải tần số 2,4 ~ 2,5 GHz được cải thiện khoảng 6 dB so với loại anten không có khe chữ V.

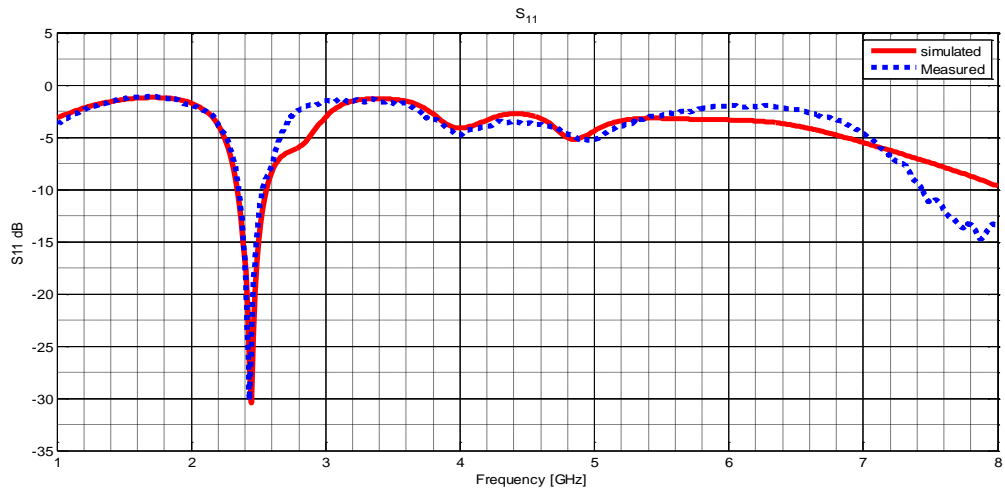
Kết quả mô phỏng các thông số  $S_{11}$ ,  $S_{22}$  phù hợp với số liệu đo đạc thực tế. Kết quả đo đạc thực nghiệm cũng cho thấy cường độ tín hiệu WLAN thu được của anten đĩa tròn tốt hơn so với trường hợp sử dụng cặp anten toàn hướng độ lợi 4 dBi. Như vậy, có thể kết luận anten được thiết kế có độ định hướng, tỷ số sóng đứng, băng thông và độ cách ly giữa hai ngõ vào đạt yêu cầu đặt ra ban đầu.



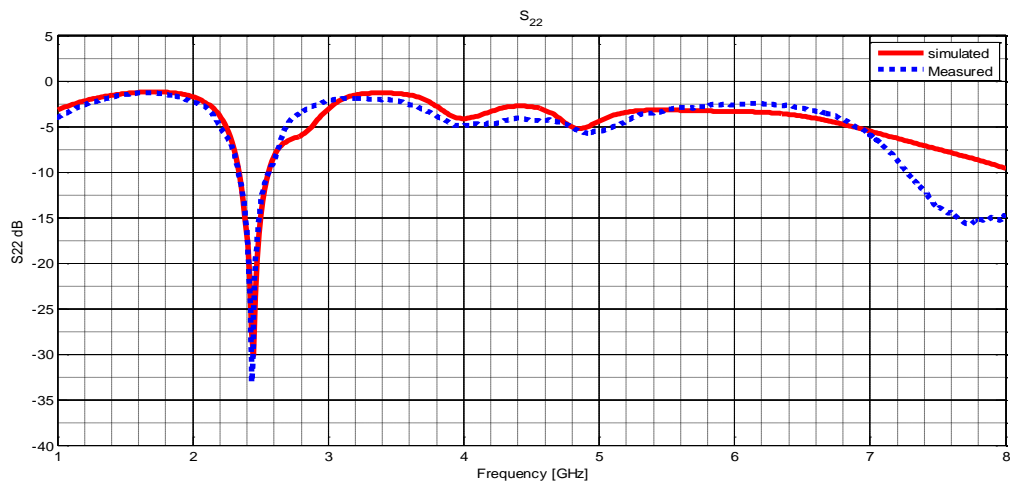
Hình 3: Đồ thị bức xạ dạng 2D của anten



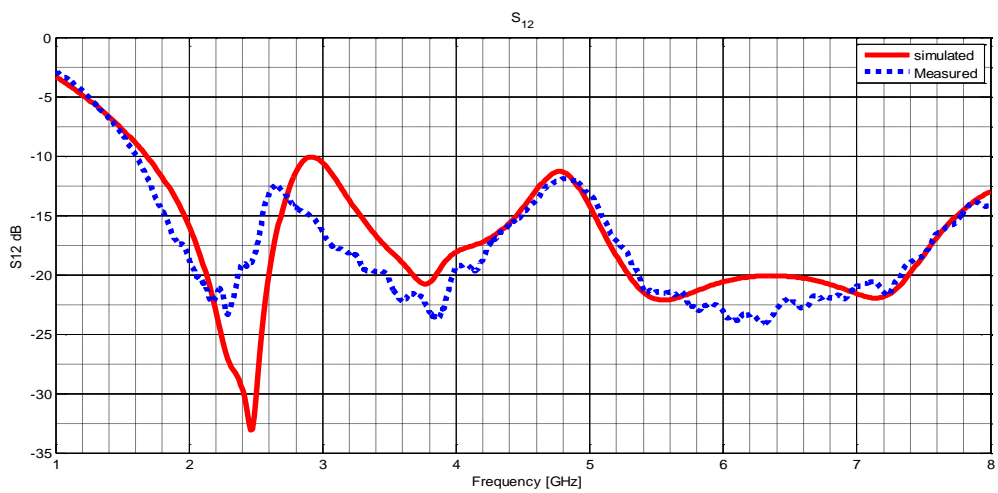
Hình 4: Đồ thị bức xạ dạng 3D của anten



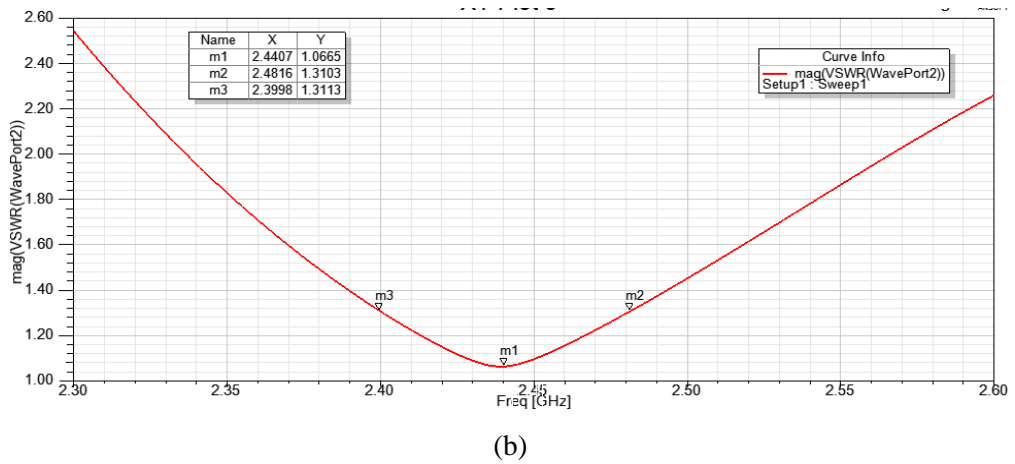
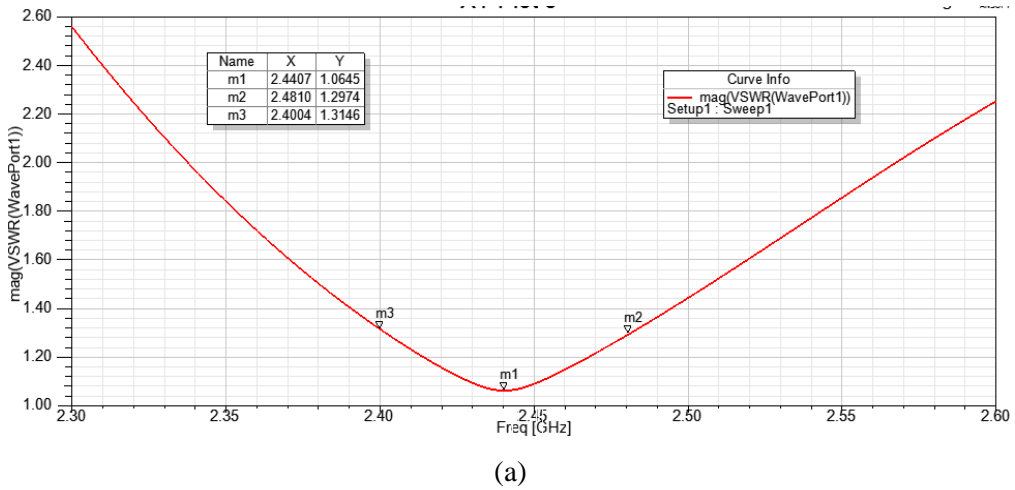
Hình 5: Hệ số phản xạ  $S_{11}$



Hình 6: Hệ số phản xạ  $S_{22}$

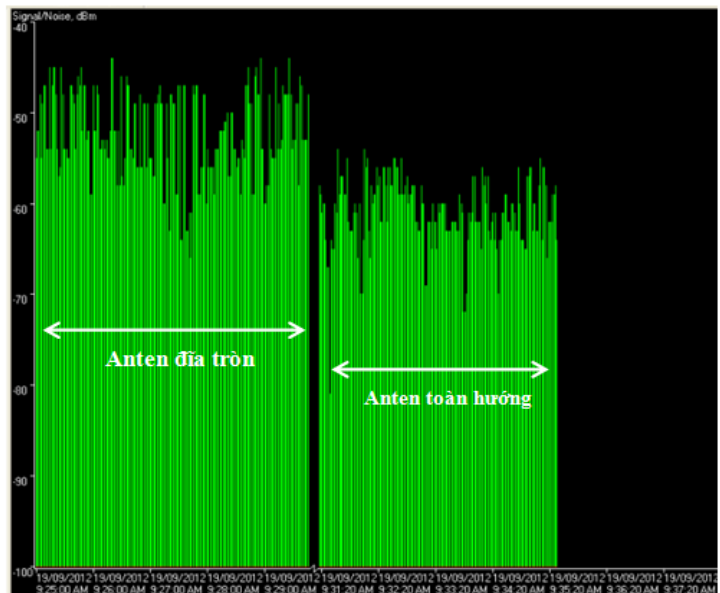


Hình 7: Độ cách ly  $S_{12}$  ( $S_{21}$ )

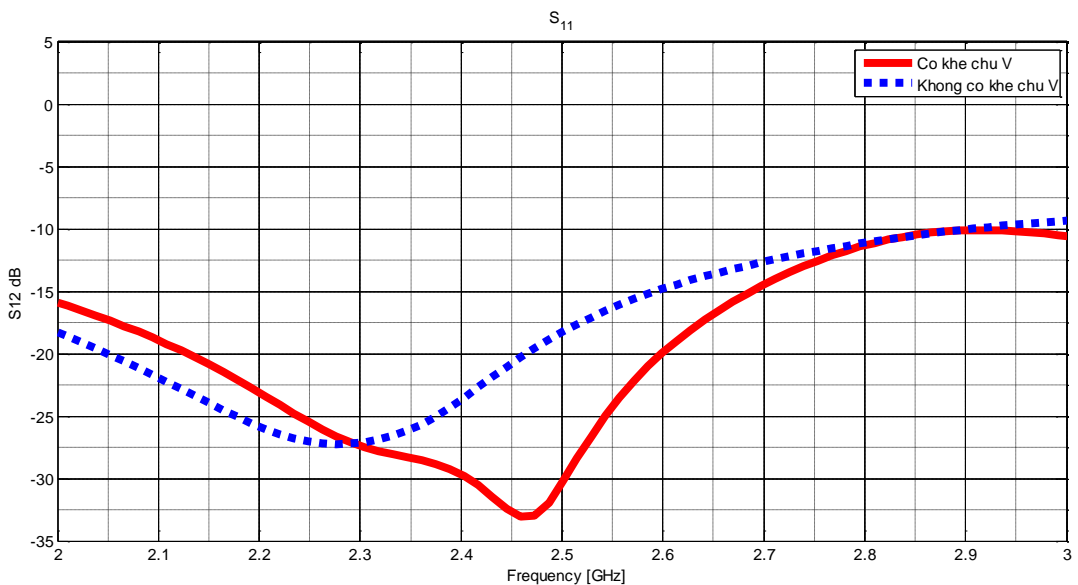
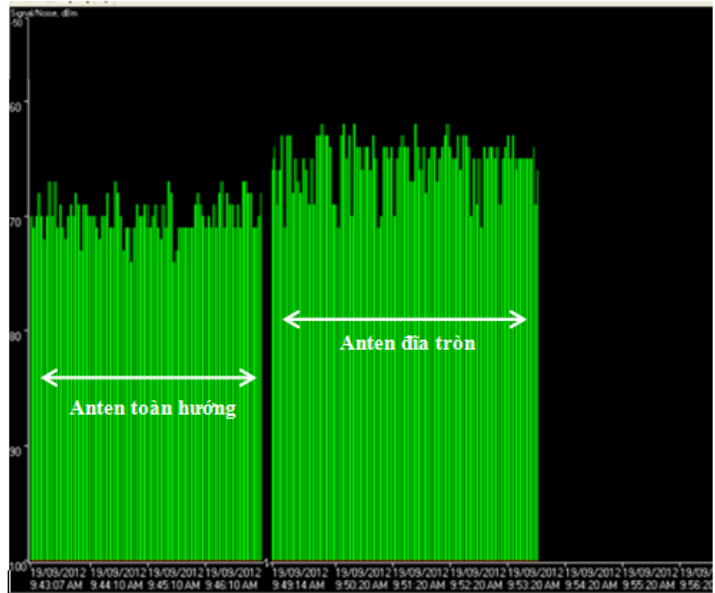


Hình 8: Tỷ số sóng đứng VSWR ở ngõ vào 1 (a) và ngõ vào 2 (b)

Hình 9: Kết quả đo cường độ tín hiệu WLAN trong môi trường fading mạnh



**Hình 10: Kết quả đo cường độ tín hiệu WLAN trong môi trường fading yếu**



**Hình 11: Kết quả mô phỏng  $S_{12}$  ( $S_{21}$ ) với tấm bức xạ có và không có khe chữ V**

#### 4 KẾT LUẬN

Một anten phân cực tròn đã được thiết kế cho ứng dụng WLAN dải tần 2,4 GHz. Kết quả về độ lợi, tần số cộng hưởng, hệ số phản xạ, độ cách ly giữa 2 ngõ vào thu được bằng mô phỏng sử dụng phần mềm Ansys HFSS khá phù hợp với kết quả đo đạc thực tế. Điều đó chứng tỏ anten được thiết kế đạt các yêu cầu đã đề ra về độ lợi, và các thông số tán xạ S. Anten này có thể được sử dụng như một

anten phân cực kép cho các access point WLAN 2,4 GHz với hệ thống anten MIMO 2x2.

#### LỜI CẢM ƠN

Tác giả chân thành cảm ơn cán bộ phụ trách Phòng Thí nghiệm Anten và Siêu cao tần, Trường Đại học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh, đã hỗ trợ trong việc đo đạc các thông số của anten.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Deschamps, G. A., "Microstrip microwave antennas," *Proceedings of Third USAF Symposium on Antennas*, 1953.
2. Wong, K. L., *Planar Antennas for Wireless Communications*, Chap. 5, Wiley, New York, 2003.
3. T. G. Abo-Elnaga, E. A. F. Abdallah, and H. El-Hennawy, *UWB Circular Polarization RFID Reader Antenna for 2.4 GHz Band*, PIERS Proceedings, Xi'an, China, March 22 – 26, 2010.
4. Dau-Chyrh Chang, Bing-Hao Zeng, and Ji-Chyun Liu, *High Performance Antenna Array with Patch Antenna Elements*, PIERS Proceedings, Xi'an, China, March 22 – 26, 2010.
5. James, J. R. and P. S. Hall, *Handbook of Microstrip Antennas*, Peter Peregronic Ltd., London, 1989.
6. V. G. Kasabegoudar and K. J. Vinoy, *a broadband suspended microstrip antenna for circular polarization*, Progress In Electromagnetics Research, PIER 90, 353 – 368, 2009.
7. S. A. Malekabadi, *circular polarized dielectric resonator antennas using a single probe feed*, Progress In Electromagnetics Research C, Vol. 3, 81 – 94, 2008.
8. Wang, H., X. B. Huang, and D. G. Fang, "A single layer wideband U-Slot microstrip patch antenna array", *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, Vol. 7, 9 – 12, 2008.
9. Gupta, R. K. and G. Kumar, "High-gain multilayered antenna for wireless applications", *Microw. Opt. Technol. Lett.*, Vol. 5, No. 7, 1923 – 1929, 2008.
10. Waterhouse, R. B., "Design of probe-fed stack patches," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, Vol. 47, No. 12, 1780 – 1784, 1999.
11. Ansys HFSS software. URL: <http://www.ansys.com/>
12. Netstumbler software. URL: <http://www.netstumbler.com/downloads/>