

Thiết kế anten mạch dải

Đỗ Hải Sơn
Lý thuyết và Kỹ thuật Anten

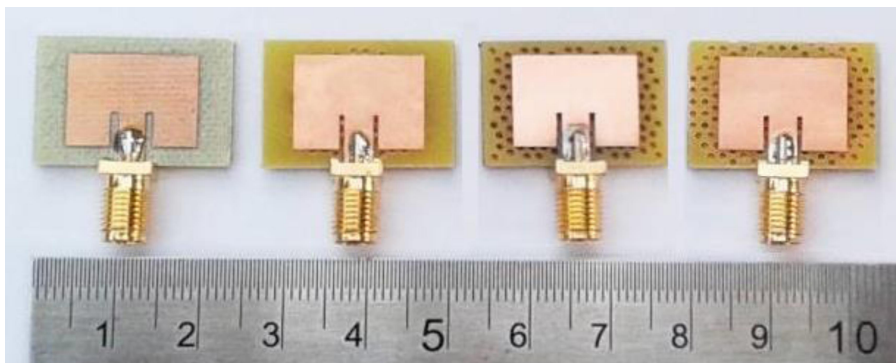
Nov 10, 2021

Tóm tắt nội dung

Ngày nay, anten mạch dải được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng về truyền thông không dây đặc biệt là các thiết bị IoT do tính nhỏ gọn và hiệu quả mà nó mang lại. Trong báo cáo này, tôi sẽ trình bày lý thuyết, hiểu biết chung về anten mạch dải. Tiếp theo, tôi sẽ trình bày thông số thiết kế và thực nghiệm kết quả trên phần mềm CST của một anten mạch dải cơ bản và một anten mạch dải do chính tôi thiết kế. Phần cuối của báo cáo sẽ là kết luận, so sánh và thảo luận về kết quả thu được.

1 Giới thiệu

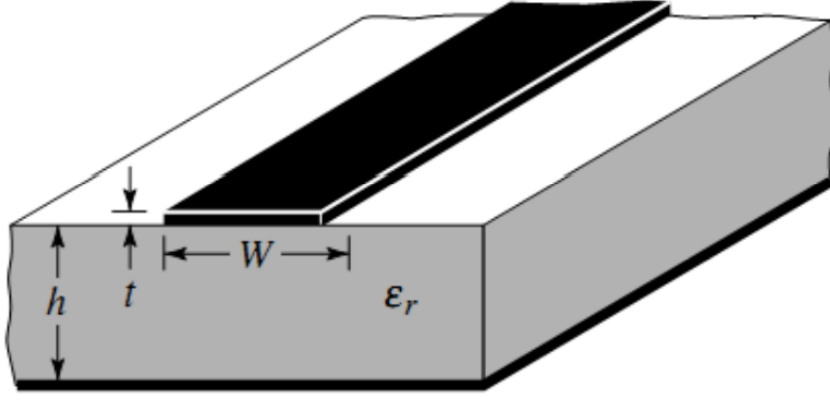
Anten mạch dải ngày nay được sử dụng phổ biến do tính nhỏ gọn, dễ dàng tích hợp trên các thiết bị cỡ nhỏ, đặc biệt là thiết bị IoT hay di động. Trên hình 1 là các anten mạch dải trên thực tế với kích thước chỉ 2 cm, rất nhỏ so với anten loa hay dipole truyền thống.



Hình 1: Hình ảnh thực tế của anten mạch dải

Thông thường, một anten mạch dải như trên hình 2 được cấu thành từ 3 lớp chính bao gồm:

- Lớp đồng dẫn: độ rộng (W), độ dày (t).
- Lớp điện môi: độ dày (d), hằng số điện môi hiệu dụng (ϵ_r).
- Lớp đất



Hình 2: Hình ảnh thực tế của anten mạch dải

Đường sức điện trường có phần lớn nằm trong tấm điện môi và một phần nằm trong không khí nên sóng truyền không đơn thuần là sóng TEM mà là quasi – TEM, tương đương hằng số điện môi hiệu dụng ϵ_e .

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 12d/W}} \quad (1)$$

Ta có trở kháng đặc tính (Z_0) của anten mạch dải được tính như sau:

$$Z_0 = \begin{cases} \frac{60}{\sqrt{\epsilon_e} \ln\left(\frac{8d}{W} + \frac{W}{4d}\right)} & \text{for } W/d \leq 1 \\ \frac{60}{W\epsilon_e[W/d + 1.393 + 0.667 \ln(W/d + 1.444)]} & \text{for } W/d \geq 1 \end{cases}$$

$$\frac{W}{d} = \begin{cases} \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} & \text{for } W/d < 2 \\ \frac{2}{\pi} \left[B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left\{ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right\} \right] & \text{for } W/d > 2, \end{cases} \quad (2)$$

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right)}$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

2 Thông số mô phỏng CST

Trong phần này, tôi sẽ mô phỏng hai anten mạch dải: anten mạch dải cơ bản với tần số hoạt động 4.945 GHz và một anten mạch dải tự thiết kế hoạt động ở hai tần số 3.5 GHz phục vụ cho 5G và 6.2 GHz. Các thông số mô phỏng được đưa ra trong bảng 1.

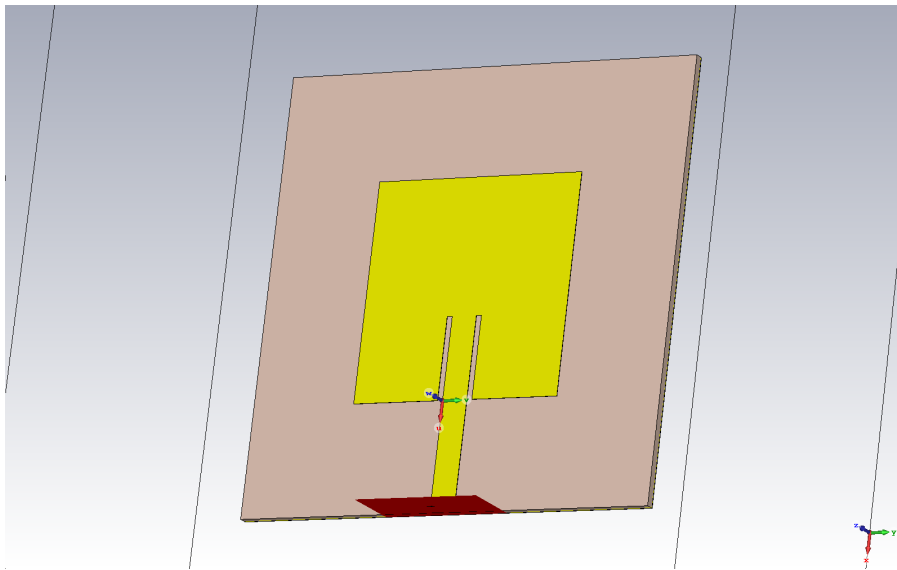
Bảng 1: Thông số mô phỏng anten mạch dải

Tham số	Anten cơ bản	Anten tự thiết kế
Lớp đồng dẫn	Vật liệu: đồng Lớp đồng kích thước: 20x20x0.035 mm Đường dẫn: 10x1.19x0.035 mm 2 notch đối xứng: 7.5x0.5x0.035 mm	Vật liệu: đồng Hình dạng: Tự thiết kế
Lớp điện môi	Vật liệu: Rogger RT5880 Kích thước: 40x40x0.787 mm	Vật liệu: Rogger RT5880 Kích thước: 40x40x0.787 mm
Lớp đất	Vật liệu: đồng Kích thước: 40x40x0.787 mm	Vật liệu: đồng Kích thước: 40x40x0.787 mm

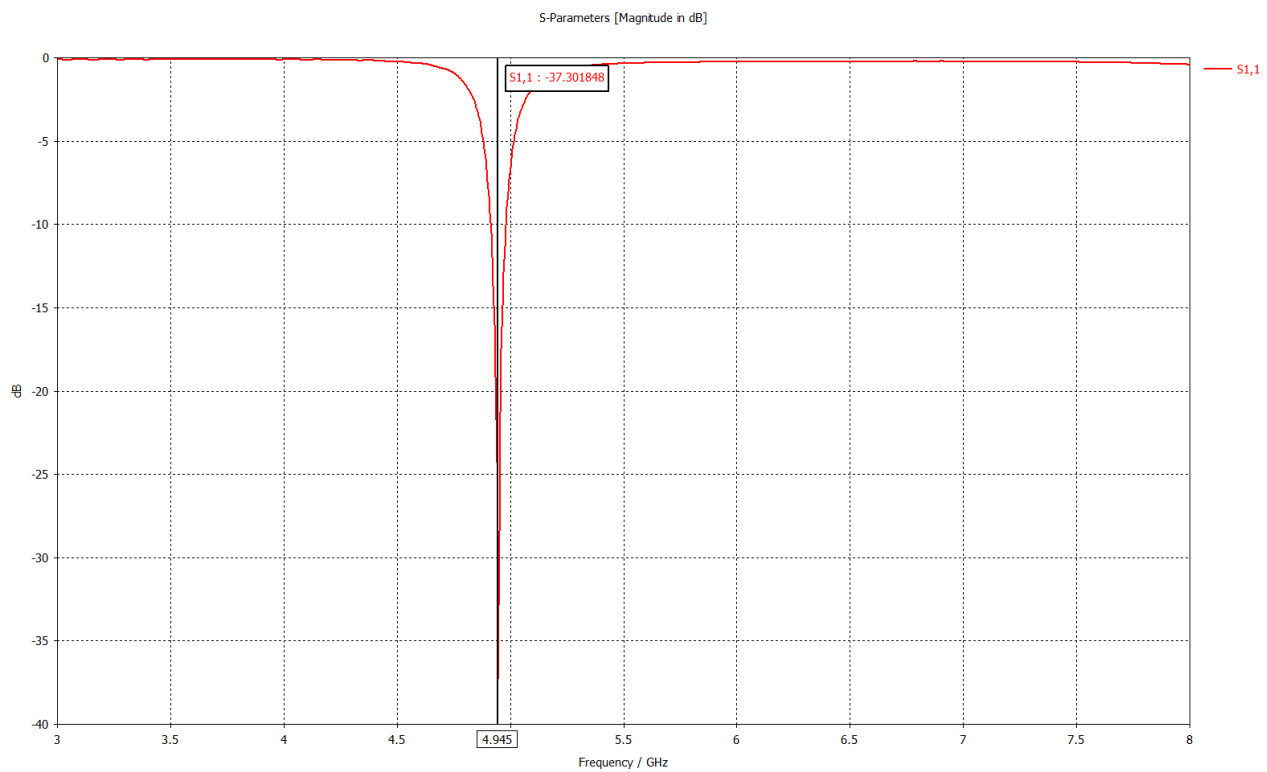
3 Kết quả mô phỏng

3.1 Anten mạch dải cơ bản 4.945 GHz

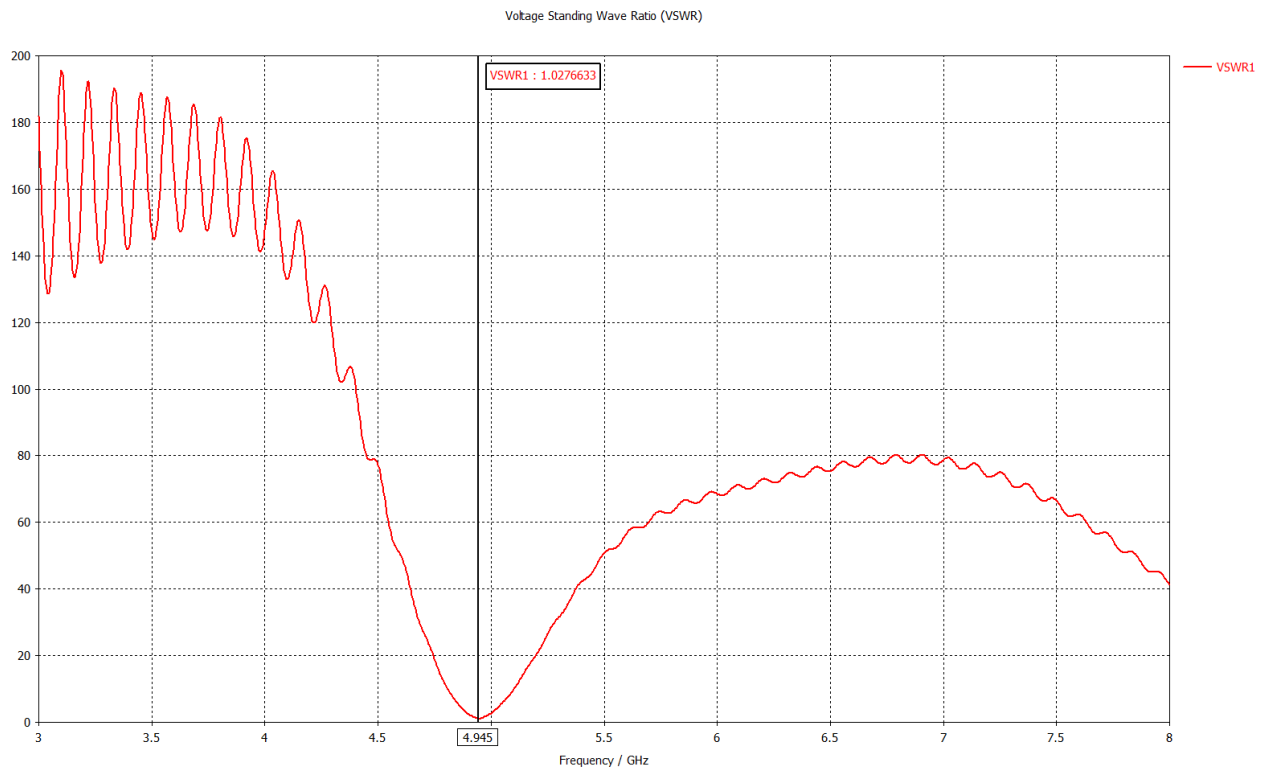
Mô phỏng anten mạch dải theo thông số trong bảng 1, ta thu được hình ảnh như trên hình 3. Các kết quả mô phỏng bao gồm: hình 4, hệ số phản xạ $S_{1,1} = -37.3$ dB ở tần số $f = 4.945$ GHz; hình 5, hệ số sóng đứng đạt VSWR=1.027; hình 6, độ định hướng so với anten isotropic D=7.606 dBi.



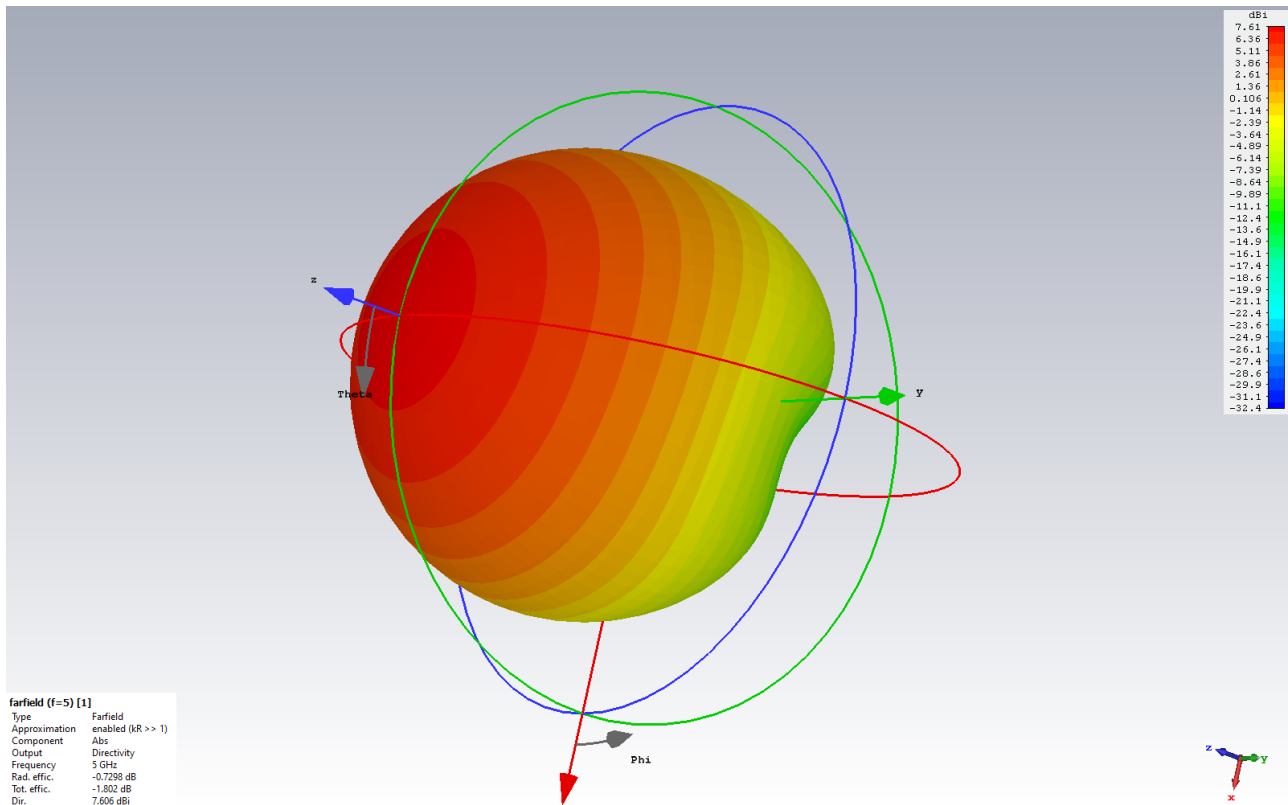
Hình 3: Mô phỏng anten mạch dải cơ bản 5 GHz



Hình 4: Hệ số phản xạ của Anten mạch dải cơ bản 5 GHz



Hình 5: Hệ số sóng đứng của Anten mạch dải cơ bản 5 GHz



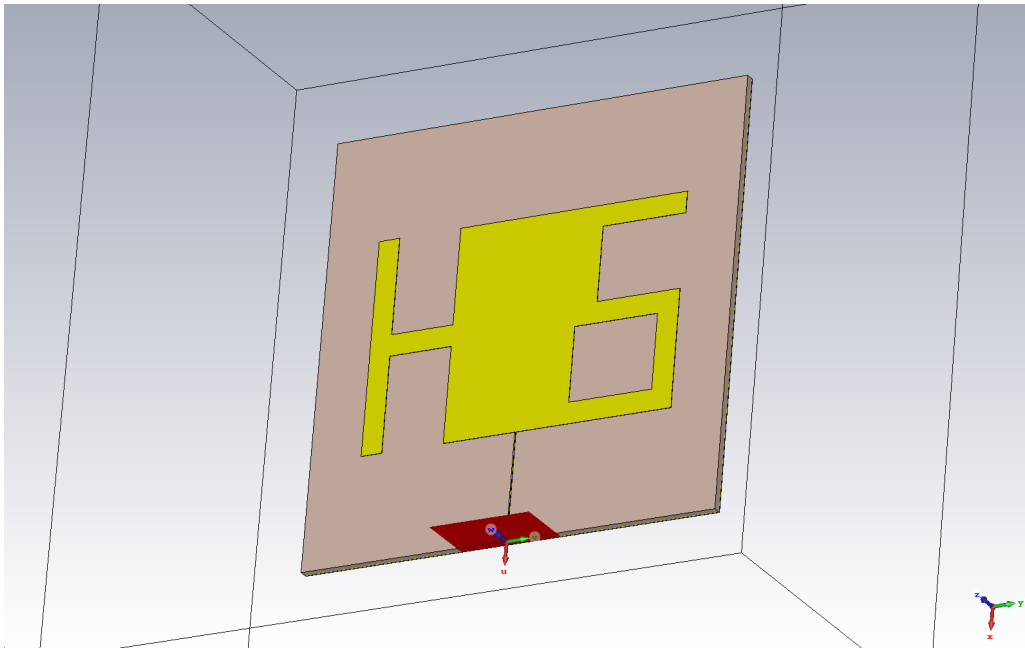
Hình 6: Giải đồ bức xạ 3D của anten mạch dải cơ bản 5 GHz

3.2 Anten mạch dải tự thiết kế 3.5 GHz và 6.2 GHz

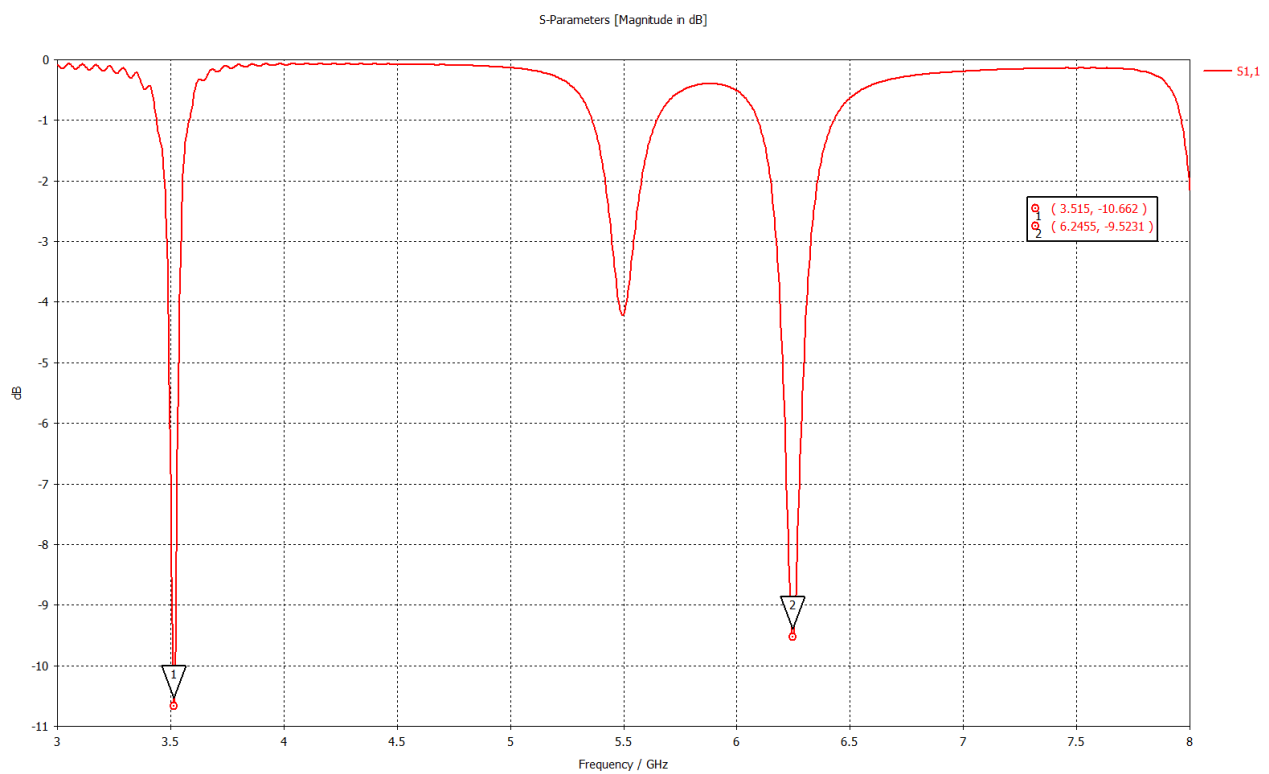
Kế thừa phương pháp thiết kế như anten mạch dải cơ bản trong phần 3.1, tôi tự thiết kế một anten mạch dải hoạt động ở hai tần số 3.5 GHz và 6.2 GHz với hình dạng như trên hình 7. Các kết quả mô phỏng thu được được biểu diễn trên các hình từ 8 đến 15. Tôi tổng hợp lại các kết quả chính như trên bảng 2 dưới đây.

Bảng 2: So sánh hiệu suất của anten tại tần số 3.5 GHz và 6.2 GHz

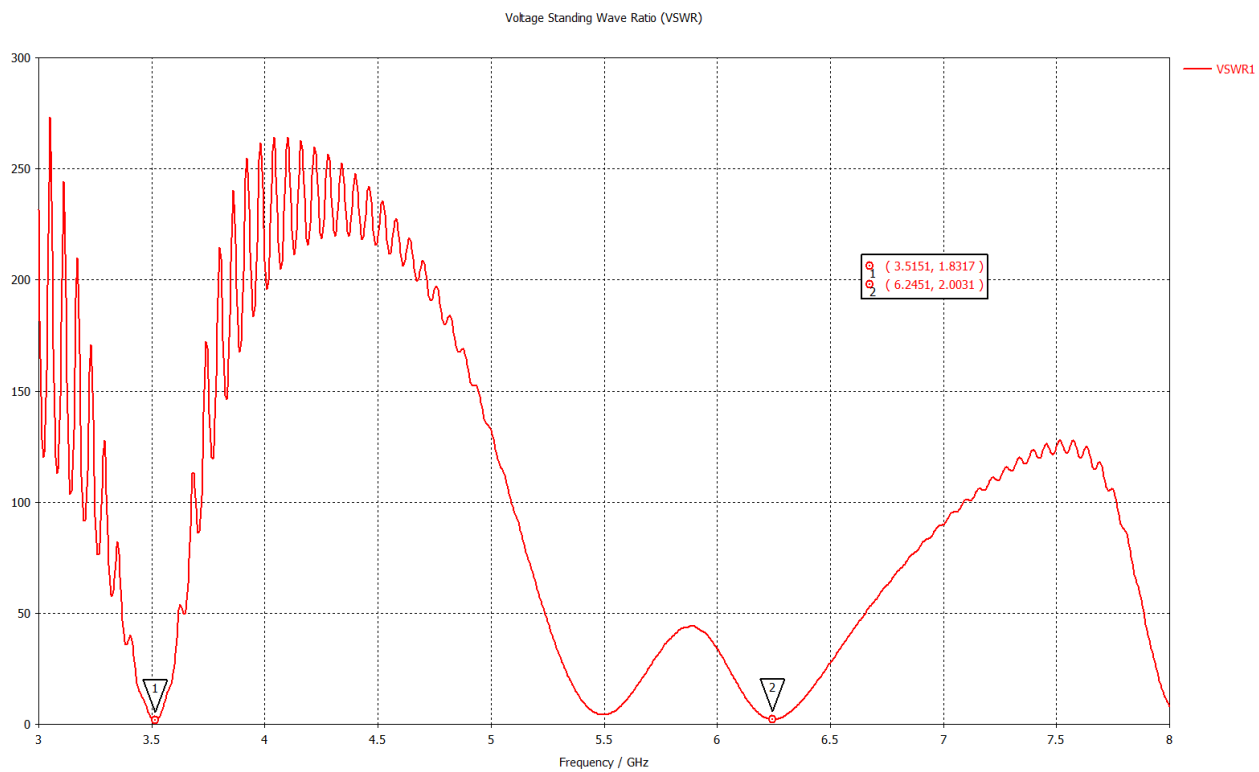
Tham số	f = 3.5 GHz	f = 6.2 GHz
Hệ số phản xạ ($S_{1,1}$)	-10.662 dB	-9.5231 GHz
Hệ số sóng đứng (VSWR)	1.8317	2.0031
Độ định hướng (D)	6.977 dBi	7.749 dBi



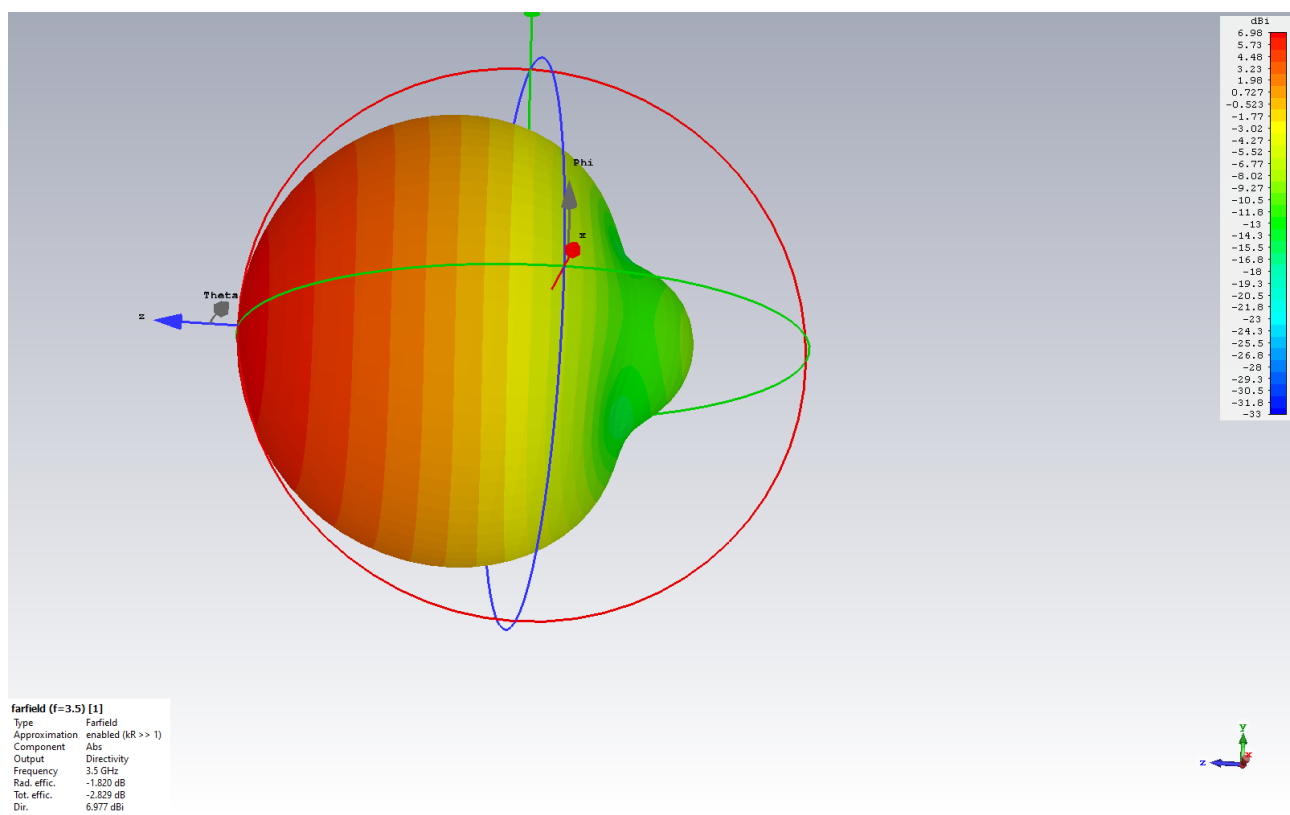
Hình 7: Mô phỏng anten mạch dải tự thiết kế



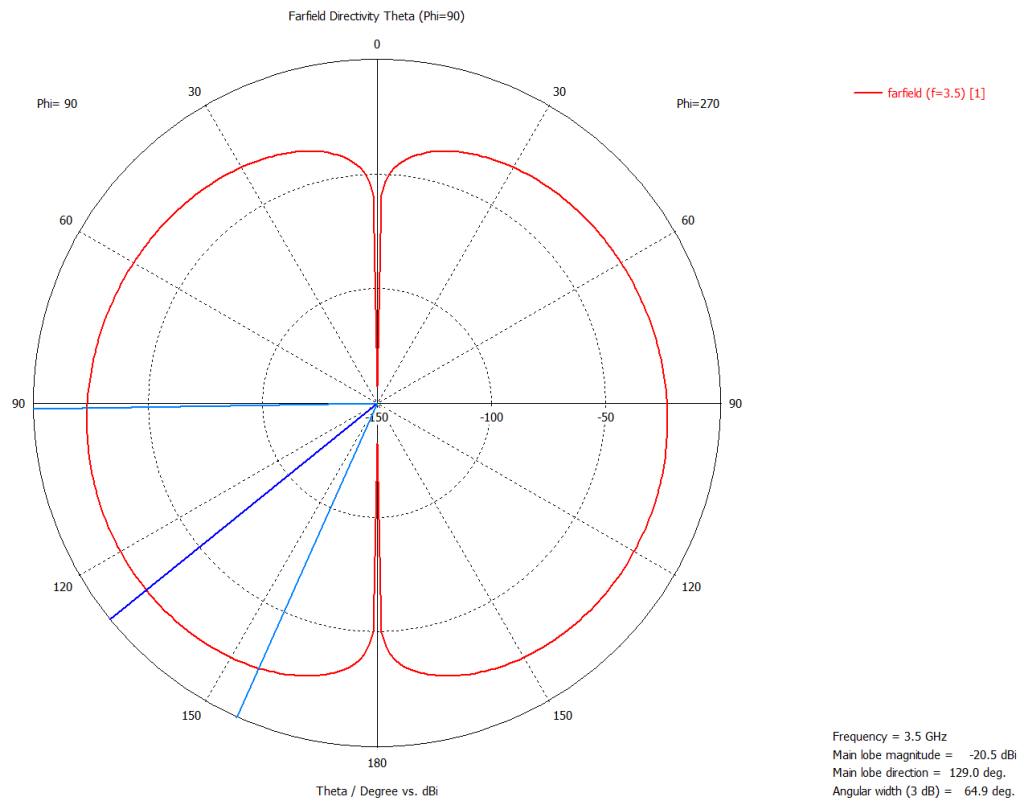
Hình 8: Hệ số phản xạ của anten mạch dải tự thiết kế



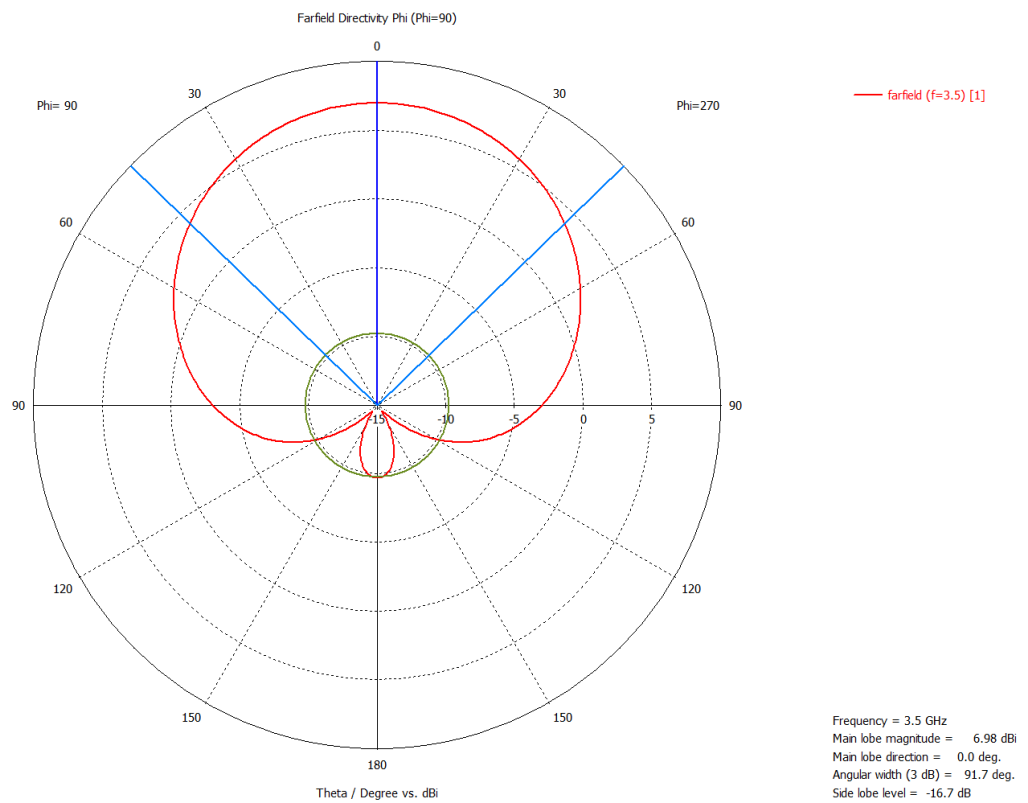
Hình 9: Hệ số sóng đứng của anten mạch dải tự thiết kế



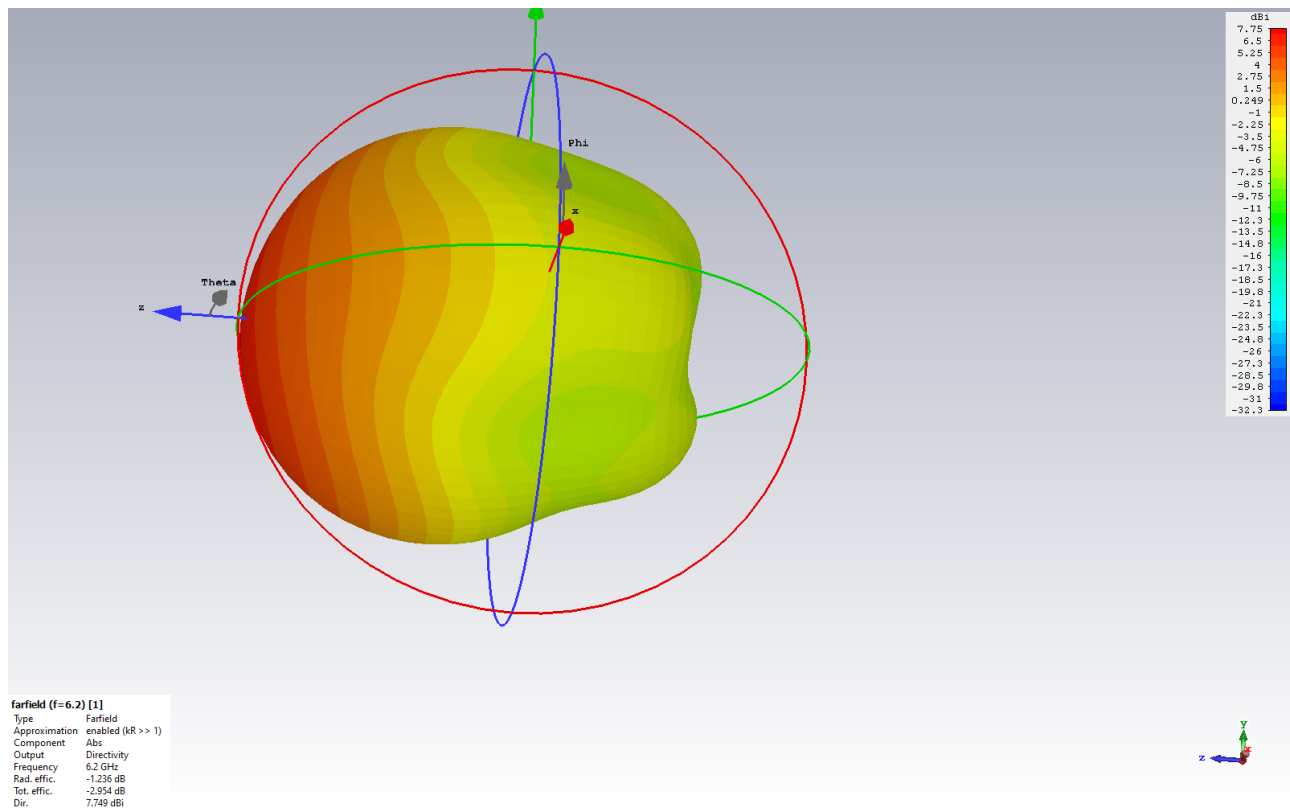
Hình 10: Giải đồ bức xạ 3D tại tần số 3.5 GHz



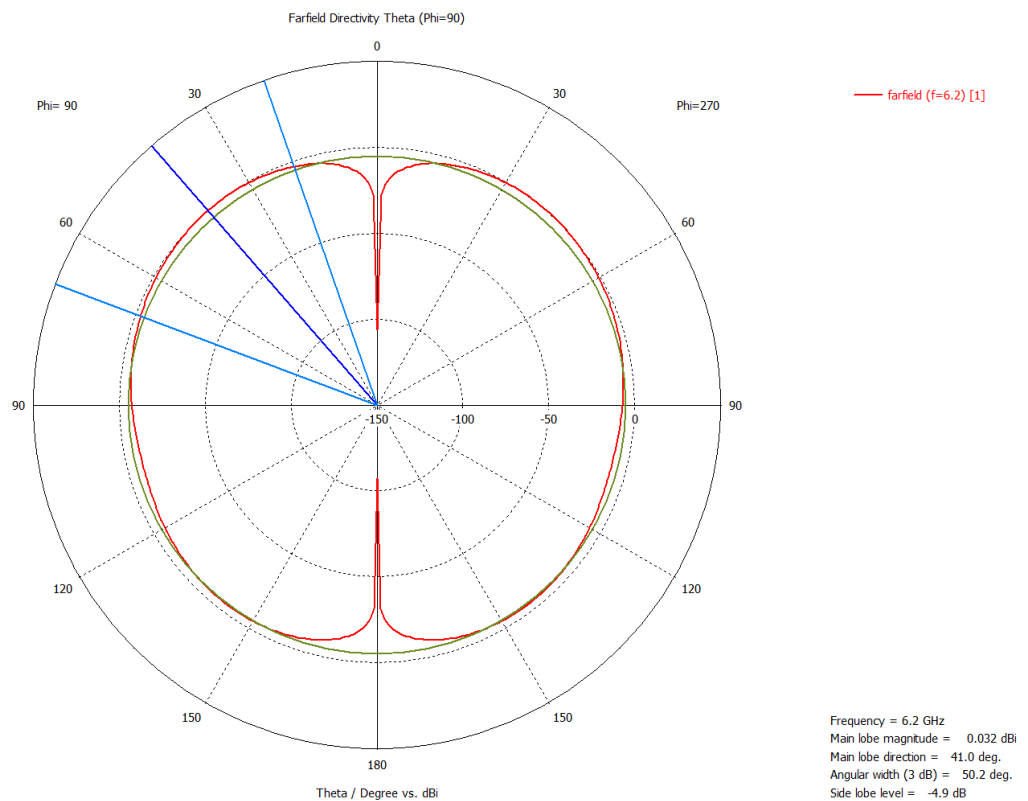
Hình 11: Giảm đồ bức xạ theo θ tại tần số 3.5 GHz



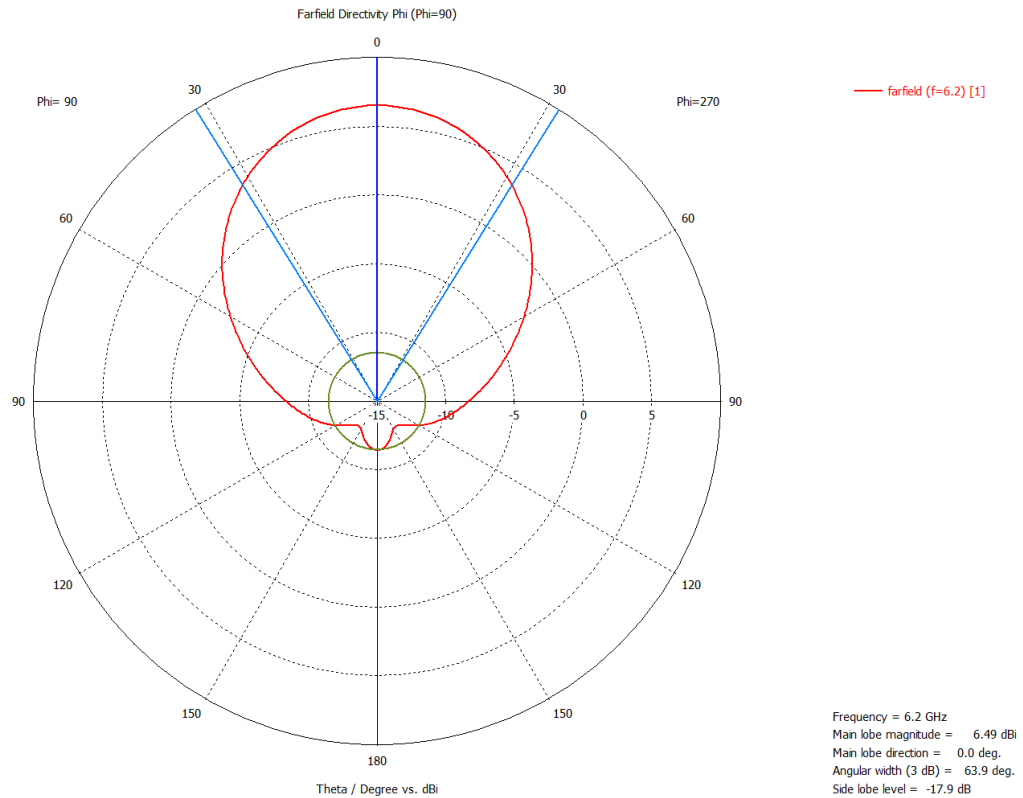
Hình 12: Giảm đồ bức xạ theo ϕ tại tần số 3.5 GHz



Hình 13: Giản đồ bức xạ 3D của anten tại tần số 6.2 GHz



Hình 14: Giản đồ bức xạ theo θ tại tần số 6.2 GHz



Hình 15: Giản đồ bức xạ theo ϕ tại tần số 6.2 GHz

3.3 Đánh giá kết quả

- Anten mạch dải cơ bản hoạt tốt với hệ số phản xạ $S_{1,1}$ rất nhỏ và hệ số định hướng lớn. Tuy nhiên thiếu linh hoạt như anten đa băng tần.
- Anten mạch dải tự thiết kế:
 - Hệ số phản xạ $S_{1,1}$ ở cả hai băng tần 3.5 GHz và 6.2 GHz vẫn còn lớn.
 - Hệ số sóng đứng của anten cũng chưa đạt yêu cầu và tốt như anten mạch dải cơ bản ở phần 3.1.
 - Độ định hướng của anten là tốt, thậm chí ở tần số 6.2 GHz, độ định hướng lớn hơn so với anten ở phần 3.1.

4 Kết luận

Trong báo cáo này, tôi đã đưa ra những thông tin cơ bản nhất về anten mạch dải. Lý thuyết được thực nghiệm ngay bằng việc mô phỏng trên phần mềm CST thông qua một anten mạch dải tiêu chuẩn 4.945 GHz và một anten mạch dải tự thiết kế hoạt động ở hai băng tần 3.5 GHz và 6.2 GHz. Kết quả mô phỏng thu được là đúng với lý thuyết, tuy nhiên cần nhiều cải tiến để thu được hệ số phản xạ và hệ số sóng đứng của anten tối ưu hơn.