



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0042179

(51)^{2020.01} H01Q 1/00

(13) B

(21) 1-2021-04084

(22) 02/07/2021

(45) 25/12/2024 441

(43) 25/11/2021 404

(73) TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP - VIỄN THÔNG QUÂN ĐỘI (VN)

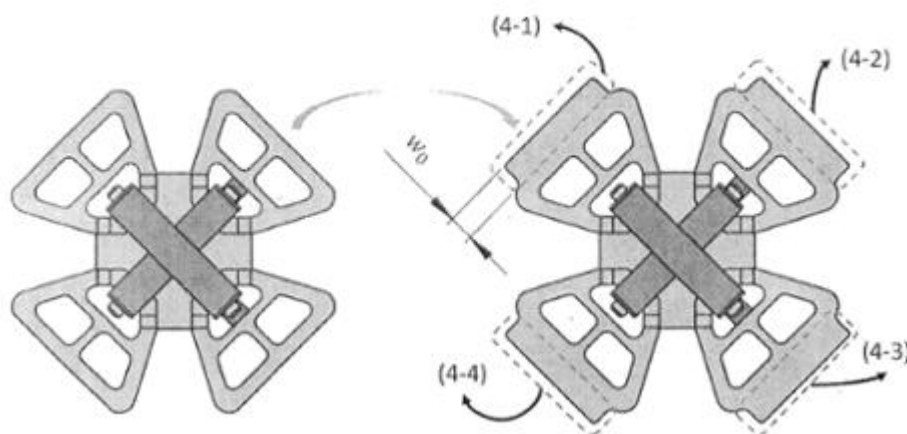
Lô D26 Khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Vũ Thị Anh (VN); Đỗ Trọng Toàn (VN); Hoàng Đình Hải Truyền (VN); Nguyễn Đức Nhật (VN); Lê Minh Thùy (VN); Khổng Văn Mạnh (VN); Nguyễn Vũ Xuân Trung (VN); Trương Thị Thêm (VN).

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACILAW)

(54) ĂNGTEN LƯỠNG CỰC ĐIỆN TỪ DẠNG ĐỒNG HỒ CÁT CÓ THANH CHÊM PHÂN CỰC KÉP BẰNG THÔNG RỘNG CHO TRẠM THU PHÁT SÓNG VÔ TUYẾN 3G/4G/5G

(57) Sáng chế đề xuất ăngten lưỡng cực điện từ dạng đồng hồ cát có thanh chêm phân cực kép bằng thông rộng cho trạm thu phát sóng vô tuyến 3G/4G/5G. Phần tử ăngten dựa trên lưỡng cực điện-từ bao gồm hai lưỡng cực điện hình đồng hồ cát tạo bằng thông rộng kết hợp với lưỡng cực từ được bẻ gấp tạo ra hai phân cực $\pm 45^\circ$. Phần tiếp điện được thiết kế với cấu trúc hình chữ Γ cơ bản. Điểm nổi bật của cấu trúc ăngten là có thêm phần cơ cấu bố thanh chêm có tác dụng điều chỉnh tần số cộng hưởng, giúp cho ăngten hoạt động hiệu quả hơn tại các dải tần số quan tâm. Phần tử ăngten được đề xuất có độ lợi ổn định $8,3 \pm 0,3$ dBi trên toàn bộ dải tần, đồ thị bức xạ hoạt động ổn định trong các dải tần quan tâm và cấu trúc hình dáng cơ khí với độ bền cơ học cao phù hợp với sản xuất, lắp đặt hàng loạt với sai số lắp đặt và hiệu chỉnh thấp.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề xuất ăngten lưỡng cực điện từ trường dạng đồng hồ cát có thanh chêm phân cực kép băng thông rộng cho trạm thu phát sóng vô tuyến 3G/4G/5G bằng cách sử dụng phương pháp phân tích chế độ đặc tính để điều khiển tần số cộng hưởng. Cụ thể, ăngten được đề xuất trong sáng chế có băng thông rộng, đáp ứng được hầu hết các dải tần số dưới 6GHz của công nghệ 5G, hai hướng phân cực tuyến tính và đạt tất cả các chỉ tiêu kỹ thuật của một ăngten phần tử đơn trong các hệ thống ăngten trạm thu phát sóng vô tuyến công nghệ 5G.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Đặc điểm nổi bật của công nghệ 5G (viết tắt của 5th Generation- công nghệ mạng di động không dây thế hệ thứ năm) so với các công nghệ trước đó là sự vượt trội về tốc độ truyền tải và khả năng phản hồi nhanh chóng của mạng không dây. Ngoài việc kế thừa được những công nghệ nổi trội trước đó của công nghệ 4G, công nghệ 5G áp dụng các công nghệ mới như công nghệ đa phát đa thu nhiều phần tử (Massive MIMO) lên tới 64 cổng thu/phát hay công nghệ điều hướng búp sóng (beamforming) để tăng số lượng người dùng truy cập đồng thời; các công nghệ để tăng tính đa dạng đường truyền nhằm tăng tính tin cậy của bản tin như đa dạng về thời gian truyền tải, đa dạng về tần số hoạt động hay đa dạng về phân cực hoặc công nghệ mở rộng băng thông để tăng tốc độ cũng là một công nghệ quan trọng.

Để mở rộng băng thông, công nghệ 5G đã được nghiên cứu để phát triển ở các dải tần số cao hơn bao gồm hai dải chính là dải tần số dưới 6GHz gọi là SUB -6GHz và dải tần số từ 20GHz đến 60GHz gọi là dải tần số siêu cao tần (Millimeterwave -mmW). Việc phát triển ở các tần số cao hơn giúp băng thông có thể mở rộng từ 100MHz tại 4G lên tới 400MHz với dải dưới 6G và 2GHz với dải tần mmW. Tại Việt Nam, dải tần dưới 6G mà cục tần số cấp phép để sử dụng cho 5G là 2,6GHz (dải tần phát triển 4G lên 5G) và 3,7GHz. Do đó, yêu cầu đặt ra là các ăngten 5G sản xuất công nghiệp ở dải tần dưới 6GHz ngoài việc có cấu trúc phù hợp để sản xuất số lượng lớn với sai số thấp, hoạt động ổn định thì việc ăngten có băng thông rộng, có tính phân cực kép, độ cách ly cao (để giảm tác dụng phụ của việc làm mờ đa đường đồng thời có thể tăng dung lượng kênh) để có thể đảm bảo hoạt động tốt ở các dải tần dưới 6GHz là những thách thức khi thiết kế ăngten cho công nghệ 5G.

Có nhiều cấu trúc khác nhau của ăngten phân cực kép băng rộng được thiết kế cho các trạm gốc trong những năm gần đây, chẳng hạn như ăngten mảng vá, ăngten lưỡng cực điện từ

trường, ăngten lưỡng cực điện dạng gấp và ăngten lưỡng cực điện chéo. Ăngten mảng và thì phổ biến nhất vì lí do đơn giản và chi phí thấp nhưng lại có băng thông hẹp. Các cấu trúc ăngten dạng lưỡng cực điện bẻ gấp và lưỡng cực điện chéo tuy có băng thông rộng và phân cực kép tuy nhiên lại có cấu trúc phức tạp và thường được thiết kế dạng mạch vi dải do đó phần cánh lưỡng cực điện thường phải thêm các chi tiết đỡ và không phù hợp để sản xuất công nghiệp. Một trong những cấu trúc ăngten đang được sử dụng rộng rãi trong mảng của các trạm thu phát gốc là ăngten lưỡng cực điện từ (Magneto-Electric Dipole Antenna) với các đặc tính đảm bảo các yêu cầu về băng thông rộng cũng như phân cực kép lại có bức xạ ổn định trong dải tần số rộng.

Hầu hết các cấu trúc ăngten dạng lưỡng cực điện từ là dạng mảng và hoặc vi dải. Cấu trúc này tuy đơn giản và dễ chế tạo nhưng lại dễ xảy ra sai số trong quá trình hàn, gấn và không phù hợp để sản xuất công nghiệp. Hiện nay, công nghệ đúc cho ăngten đang rất phổ biến bởi dễ dàng chế tạo hàng loạt, độ bền cơ học cao, có thể hoạt động tốt trong những điều kiện thời tiết xấu... là những điểm mạnh vượt trội của công nghệ đúc so với công nghệ vi dải, điều đó khiến nó trở thành một ứng viên sáng giá cho vai trò ăngten trong các trạm thu phát. Tuy nhiên, cấu trúc cơ khí lại có những hạn chế trong việc chế tạo khuôn đúc hay kiểu dáng khiến ăngten không thể đạt được chỉ tiêu về băng thông rộng do các cấu trúc phối hợp trở kháng không quá linh hoạt. Do đó, cần áp dụng thêm các phương pháp phân tích có chiều sâu để hiểu về phần bức xạ của ăngten để có thể tối ưu trong thiết kế ăngten.

Sáng chế này đề xuất một thiết kế ăngten lưỡng cực điện từ phân cực kép dạng cơ khí được thiết kế tối ưu cho việc sản xuất hàng loạt. Cấu trúc ăngten đề xuất đạt được băng thông rộng, độ lợi và hệ số cách ly cao có thể đảm bảo cho hệ thống hoạt động ổn định ở đa băng tần trong dải tần dưới 6GHz. Ngoài ra, nhóm tác giả cũng đã đề xuất thêm chi tiết thanh chêm để có thể kiểm soát được việc điều chỉnh tần số hoạt động của ăngten để ăngten vừa có thể hoạt động tốt nhất ở dải tần quan tâm, lại có thể dễ dàng điều chỉnh nếu muốn thiết kế ăngten ở dải tần số khác mà không phải thiết kế một cấu trúc ăngten mới trong một dải tần số rộng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất ăngten cấu trúc cơ khí với băng thông rộng có thể bao quát hầu hết dải tần của công nghệ 5G với độ tăng ích cao trong các dải băng tần hoạt động, có hệ số cách ly cao; mang lại lợi ích kinh tế và tính linh động trong triển khai phần cứng cho các thiết bị viễn thông của các nhà mạng. Ăngten được thiết kế dạng cơ khí và dễ dàng chế tạo với khuôn đúc, do đó tiết kiệm chi phí khi chỉ cần một khuôn duy nhất để có thể chế tạo hàng loạt với số lượng lớn và sai số thấp.

Để đạt được mục đích trên, ăngten gồm hai lưỡng cực điện từ đặt vuông góc với nhau để tạo phân cực kép $\pm 45^\circ$, các kết cấu chính của ăngten bao gồm:

- Phần bức xạ bao gồm hai lưỡng cực điện từ đặt vuông góc với nhau tạo phân cực kép $\pm 45^\circ$, trong đó: lưỡng cực điện được thiết kế theo dạng hình đồng hồ cát với chi tiết thanh chêm có thể điều chỉnh tần số và tăng hiệu suất, kích thước của lưỡng cực điện bao gồm chiều dài L_d , góc mở θ và khoảng cách giữa hai lỗ xuyên đoạn tiếp điện của lưỡng cực điện hình đồng hồ cát D_f ; lưỡng cực từ được thiết kế với cấu trúc bẻ gấp hai phía 45° để tạo thành cấu trúc hình trụ vững chãi, đồng thời thêm các cọc để đảm bảo ăngten không bị biến dạng khi có ngoại lực, kích thước chiều cao H_m của lưỡng cực từ ảnh hưởng đến tần số cộng hưởng của ăngten.
- Phần tiếp điện bao gồm hai bước nhảy hình chữ Γ cơ bản với kích thước L_{fx} là chiều dài của phần tiếp điện, W_{fx} là chiều rộng của phần tiếp điện, L_{fx1} là chiều dài phần bù điện cảm phần tiếp điện (với $x=1,2$ tương ứng với các cổng cấp nguồn cho ăngten thứ nhất và ăngten thứ hai) với kích thước về chiều dài phụ thuộc vào tần số.
- Phần cơ cấu nút (bao gồm 8 chiếc) bằng nhựa PCB được sử dụng để cố định phần tiếp điện trên ăngten.

Nguyên lý hoạt động của ăngten là sử dụng hai cặp tiếp điện chữ Γ cấp nguồn đồng thời cho hai lưỡng cực điện từ đặt trực giao với nhau để tạo ra phân cực tuyến tính $\pm 45^\circ$. Với cấu phần lưỡng cực điện được thiết kế theo phương pháp phân tích chế độ đặc tính, ăngten đạt được băng thông rộng, độ tăng ích cực đại cao và đồ thị bức xạ với búp sóng ngược thấp, có thể dễ dàng điều chỉnh tần số để phù hợp với hầu hết các băng tần dưới 6G của tất cả các nhà mạng tại Việt Nam.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1a: là hình vẽ thể hiện cấu trúc tổng quát của ăngten đề xuất trong sáng chế;

Hình 1b: là hình vẽ thể hiện cấu trúc tách rời của ăngten đề xuất trong sáng chế;

Hình 2: là hình vẽ thể hiện cấu trúc cơ bản của ăngten lưỡng cực điện từ;

Hình 3: là hình vẽ thể hiện cấu trúc phần bức xạ của ăngten đề xuất trong sáng chế;

Hình 4: là đồ thị thể hiện ảnh hưởng của góc mở θ đến độ rộng của băng thông (tính theo phần trăm của tần số trung tâm) trong khoảng tần số từ 1000MHz đến 6000MHz;

Hình 5a: là hình vẽ thể hiện hình chiếu bằng phần bức xạ của ăngten đề xuất sáng chế;

Hình 5b: là hình vẽ thể hiện hình chiếu cạnh phần bức xạ của ăngten đề xuất sáng chế;

Hình 5c: là hình vẽ thể hiện phần tiếp điện của ăngten đề xuất sáng chế;

Hình 6: là đồ thị thể hiện mối liên hệ của giá trị MS với tần số cộng hưởng của ăngten đề xuất;

Hình 7-1: là hình vẽ thể hiện kết quả mô phỏng mật độ dòng điện bề mặt của từng chế độ (a) dòng J1, (b) dòng J2, (c) dòng J3;

Hình 7-2: là hình vẽ thể hiện kết quả mô phỏng đồ thị bức xạ của từng chế độ (a) chế độ dòng J1, (b) chế độ dòng J2, (c) chế độ dòng J3;

Hình 7-3: là hình vẽ thể hiện chi tiết thanh chêm để điều chỉnh tần số cộng hưởng và tăng hiệu suất cho ăngten sáng chế;

Hình 8: là đồ thị thể hiện ảnh hưởng của độ rộng thanh chêm đến tần số cộng hưởng của ăngten;

Hình 9: là đồ thị thể hiện kết quả mô phỏng hệ số phản xạ của ăngten đề xuất (khi chưa có thanh chêm) tại hai cổng thứ nhất và cổng thứ hai;

Hình 10: là đồ thị thể hiện kết quả mô phỏng thông số MS trong chế độ đặc tính của ăngten đề xuất;

Hình 11a: là đồ thị thể hiện kết quả mô phỏng ảnh hưởng của độ rộng thanh chêm đến hệ số phản xạ của ăngten đề xuất;

Hình 11b: là đồ thị thể hiện kết quả mô phỏng độ tăng ích cực đại tại hai cổng thứ nhất và thứ hai của ăngten đề xuất trước và sau khi thêm thanh chêm.

Hình 12: đồ thị thể hiện bức xạ của ăngten đề xuất tại tần số 2,6GHz tại cổng thứ nhất;

Hình 13: đồ thị thể hiện bức xạ của ăngten đề xuất tại tần số 2,6GHz tại cổng thứ hai;

Hình 14: đồ thị thể hiện bức xạ của ăngten đề xuất tại tần số 3,7GHz tại cổng thứ nhất;

Hình 15: đồ thị thể hiện bức xạ của ăngten đề xuất tại tần số 3,7GHz tại cổng thứ hai.

Mô tả chi tiết sáng chế

Cấu trúc của ăngten đề xuất trong sáng chế cho trạm thu phát sóng vô tuyến 3G/4G/5G được mô tả trong Hình 1a bao gồm 3 thành phần: phần bức xạ 1, phần tiếp điện 2 và phần cơ cấu nút 3 để cố định phần tiếp điện 2 với ăngten.

Về tổng quát, ăngten đề xuất được phát triển từ ăngten lưỡng cực điện từ cơ bản (Hình 2), phần bức xạ 1 được làm từ vật liệu nhôm mạ bạc ALDC12.1 hoặc ALSi10Mg, bao gồm một lưỡng cực từ 1-2 (Hình 3) và một lưỡng cực điện 1-1 (Hình 3); trong đó: lưỡng cực điện 1-1 được thiết kế thành hình đồng hồ cát để tạo ra cấu trúc có băng thông rộng và được phân tích theo phương pháp chế độ đặc tính để có thể điều chỉnh tần số cộng hưởng mong muốn và tăng hiệu suất bức xạ cho ăngten, đây cũng là điểm mới trong sáng chế này, ngoài ra lưỡng cực điện 1-1

cũng được khoét lỗ để giảm trọng lượng tổng thể của cấu trúc mà không ảnh hưởng đến đặc tính của ăngten. Lưỡng cực từ 1-2 được thiết kế bẻ 45 độ ở hai cánh để tạo ra cấu trúc hình trụ vững chắc, khó biến dạng; đồng thời cũng được thiết kế thêm hai cọc nhô lên phía trên mỗi tấm kim loại của lưỡng cực từ để đảm bảo ăngten không bị biến dạng khi chịu tác động từ ngoại lực phía trên, ví dụ như phần vỏ cơ khí của trạm thu phát. Hai lưỡng cực điện từ này được đặt vuông góc với nhau để tạo ra cấu trúc phân cực kép ± 45 độ và được cấp nguồn bằng phần tiếp điện 2 có dạng hình chữ Γ cơ bản. Phần cơ cấu nút 3 bằng PCB có tác dụng cố định phần tiếp điện 2 với thành ăngten (các chi tiết 3-1 đến 3-8 trong Hình 1b). Cụ thể chi tiết tính toán thiết kế cho ăngten như sau:

- Tính toán phần bức xạ 1 bao gồm kích thước của lưỡng cực từ 1-2 và kích thước của lưỡng cực điện 1-1.

Lưỡng cực từ 1-2 gồm hai bức tường kim loại dựng thẳng đứng kết hợp với phần kim loại phía dưới. Điện trường sinh ra giữa hai tấm kim loại thẳng đứng và phần kim loại phía dưới tạo thành một mạch vòng khép kín, sinh ra từ trường. Chiều cao của lưỡng cực từ ảnh hưởng đến tần số cộng hưởng của ăngten. Kích thước của lưỡng cực từ 1-2 (H_m) của ăngten lưỡng cực điện từ có hai tần số cộng hưởng được tính toán theo công thức thực nghiệm sau:

$$H_m = \frac{32 \times (0,1\lambda_1 + 0,15\lambda_2)}{\lambda_1 - \lambda_2} \quad (1)$$

Trong đó λ_1 là chiều dài bước sóng tương ứng tại tần số hoạt động f_1 (tần số thấp) và λ_2 là chiều dài bước sóng tương ứng tại tần số hoạt động f_2 (tần số cao); giá trị bước sóng của tần số f_r được tính bằng công thức (2) với c là vận tốc lan truyền sóng điện từ trong không khí:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (2)$$

Lưỡng cực điện 1-1 được thiết kế hình đồng hồ cát để tạo ra cấu trúc băng thông rộng. So với lưỡng cực điện thông thường có tần số cộng hưởng phụ thuộc vào chiều dài, cấu trúc đồng hồ cát làm cho cấu trúc lưỡng cực điện không chỉ phụ thuộc vào chiều dài (nghĩa là theo bước sóng của tần số cộng hưởng) mà còn phụ thuộc vào góc mở, do đó nó không hoàn toàn phụ thuộc vào tần số nên có thể cộng hưởng ở nhiều tần số khác nhau với giá trị về chiều dài và góc mở phù hợp. Kích thước của lưỡng cực điện 1-1 bao gồm chiều dài của lưỡng cực L_d và góc mở θ (Hình 5a).

Trong đó, giá trị kích thước L_d phụ thuộc vào tần số hoạt động của ăngten và khoảng cách giữa hai lỗ xuyên đoạn tiếp điện của lưỡng cực điện hình đồng hồ cát D_f :

$$L_d = \frac{-0,091\lambda_1^2 + 0,2055\lambda_2^2}{D_f} \quad (3)$$

Trong đó, D_f được tính bằng $\frac{\lambda_1\lambda_2}{2 \times c} \times 10^9$.

Trong khi đó, giá trị góc mở θ liên quan trực tiếp đến độ rộng băng thông, Hình 4 mô tả sự ảnh hưởng của giá trị góc mở θ đến băng thông của ăngten trong dải tần số 1000MHz-6000MHz mà nhóm tác giả đã nghiên cứu. So với lưỡng cực điện thông thường, trong dải tần số 1000MHz-6000MHz, lưỡng cực điện có cấu trúc đồng hồ cát có băng thông rộng hơn 15%. Việc lựa chọn giá trị θ sao cho ăngten có thể đạt băng thông tối đa và vẫn phải đảm bảo kích thước không quá lớn để phù hợp cho việc thiết kế ghép mảng ăngten sau này.

- Phần tiếp điện 2 được làm từ tấm nhôm mỏng mạ bạc ALDC12.1 hoặc ALSi10Mg, bao gồm hai đoạn tiếp điện 2-1 và 2-2 trong Hình 1b sử dụng cấu trúc cấp nguồn dạng bước nhảy hình chữ Γ . Đây là cấu trúc cơ bản được sử dụng để cấp nguồn cho ăngten lưỡng cực điện từ trường. Chiều dài của bước nhảy Γ_1 tiếp điện cho ăngten thứ nhất bao gồm $L_{f1} + D_f + L_{f1}$ và được tính bằng $\frac{1}{3,65}(\lambda_1 + \lambda_2)$. Chiều dài của bước nhảy Γ_2 tiếp điện cho ăngten thứ hai bao gồm $L_{f2} + D_f + L_{f2}$ và được tính bằng $\frac{1}{3,4}(\lambda_1 + \lambda_2)$. Độ lệch về chiều dài giữa hai phần tiếp điện để đảm bảo về tính cách ly giữa hai ăngten. Trong đó:

L_{f1} là chiều dài phần tiếp điện cho ăngten thứ nhất;

L_{f2} là chiều dài phần tiếp điện cho ăngten thứ hai;

L_{f11} là chiều dài phần bù điện cảm phần tiếp điện cho ăngten thứ nhất;

L_{f12} là chiều dài phần bù điện cảm phần tiếp điện cho ăngten thứ hai;

Sau khi được tính toán và mô phỏng ăngten, ăngten sẽ được phân tích theo phương pháp chế độ đặc tính để có thể nâng cao hiệu suất ăngten cũng như điều chỉnh tần số cộng hưởng nếu tần số cộng hưởng chưa đúng với chỉ tiêu đề ra. Đây chính là điểm mới của ăngten trong sáng chế này, phương pháp này giúp cho người thiết kế hiểu sâu về đặc tính bức xạ và phân bố dòng điện trên bề mặt cấu trúc, từ đó đề ra các phương pháp điều chỉnh phù hợp để cải thiện chất lượng ăngten như: điều chỉnh tần số cộng hưởng, mở rộng băng thông, tăng hệ số chất lượng của ăngten, đề xuất các cấu trúc ăngten mới.

Phương pháp phân tích chế độ đặc tính mô tả các cấu trúc bức xạ theo từng chế độ đặc tính thay vì mô phỏng theo phương pháp toàn sóng (Full-wave) thông thường. Phương trình tổng quát mô tả đặc tính của cấu trúc được thể hiện trong phương trình sau:

$$X(J_n) = \lambda_n R(J_n) \quad (4)$$

Trong đó:

$R(J_n)$ là ma trận điện trở của cấu trúc với dòng điện phương thức J_n ,

$X(J_n)$ là ma trận điện kháng của cấu trúc với dòng điện phương thức J_n ,

J_n là dòng điện phương thức thể hiện cho chế độ dòng điện thức trên bề mặt của vật dẫn, phụ thuộc vào hình dáng và kích thước của vật dẫn và không phụ thuộc vào bất kì nguồn kích thích cụ thể nào.

Giá trị λ_n chỉ ra mức độ cộng hưởng của từng chế độ. Độ lớn của λ_n càng lớn thì năng lượng tích trữ trong chế độ càng nhiều. Dấu của λ_n cho biết kiểu tích trữ năng lượng liên quan đến chế độ. Khi λ_n là dương, chế độ là cảm ứng và khi λ_n là âm, chế độ là điện dung. Khi $\lambda_n = 0$ thì chế độ cộng hưởng trên cấu trúc ở tần số đó. Một cách đơn giản, λ_n có thể hiểu thông qua thông số phản ánh mức độ cộng hưởng của chế độ ký hiệu là MS (Modal Signification):

$$MS = \left| \frac{1}{1 + j\lambda_n} \right| \quad (5)$$

Thông số MS cũng phản ánh mức độ bức xạ của chế độ. Khi MS tiến gần đến 1 (ví dụ thông số MS của cấu trúc ăngten đề xuất được minh họa trong Hình 6), chế độ này sẽ bức xạ tốt hơn, nghĩa là cấu trúc sẽ cộng hưởng ở tần số đó.

Nhóm tác giả đã nghiên cứu và chỉ ra rằng, một cấu trúc bức xạ có thể được phân tích thành tuyến tính của vô số hữu hạn các dòng điện phương thức đặc trưng độc lập với các dòng điện khác, nghĩa là có vô số hữu hạn các chế độ. Do đó, có thể áp dụng tính chất này để phân tích cấu trúc theo đặc trưng của từng chế độ và kích thích chế độ cần quan tâm để có thể điều chỉnh tần số mong muốn. Đây cũng là ý tưởng để nhóm tác giả phát triển cấu trúc ăngten trong sáng chế.

Cấu trúc ăngten mà nhóm tác giả đã nghiên cứu được tính toán để cộng hưởng ở tần số f_1 và f_2 sau khi phân tích theo chế độ đặc tính sẽ bao gồm ba chế độ cộng hưởng. Trong đó, chế độ thứ nhất và chế độ thứ hai sẽ ảnh hưởng đến tần số cộng hưởng f_1 và chế độ thứ ba sẽ ảnh hưởng đến tần số f_2 và được thể hiện trong Hình 6. Phân tích phân bố mật độ dòng (Hình 7-1) và đồ thị bức xạ (Hình 7-2) của từng chế độ trên cấu trúc ăngten nhóm tác giả đã chỉ ra điểm khác biệt rõ ràng của mật độ dòng điện J_3 của chế độ thứ ba so với hai chế độ còn lại. Dòng điện phương thức

J_1 của chế độ thứ nhất trên bề mặt cấu trúc ăngten có đặc tính bám theo chiều mở của lưỡng cực điện hình đồng hồ cát, nhưng có hướng theo trục dọc, mật độ dòng điện tập trung phân bố ở các viền ngoài của các lưỡng cực điện. Dòng điện phương thức J_2 cũng có đặc tính tương tự nhưng có hướng theo trục ngang. Trong khi đó dòng điện phương thức J_3 có đặc tính tập trung về phía trước của các lưỡng cực điện hình đồng hồ cát và có xu hướng dồn vào chính giữa, mật độ dòng cũng tập trung lớn vào chính giữa của lưỡng cực điện thay vì viền như J_1 và J_2 . Hình 7-2 trình bày đồ thị bức xạ được tạo ra bởi từng dòng phương thức. Rõ ràng ta có thể quan sát được J_1 và J_2 có đồ thị bức xạ khá giống nhau nhưng có trạng thái phân cực trực giao do phân bố dòng điện trên bề mặt của các dòng phương thức này trực giao với nhau, còn đồ thị bức xạ của J_3 phân bố đều mọi hướng và rộng tại vị trí trung tâm do mật độ dòng có xu hướng tập trung về phía trước.

Do đó nhóm tác giả đề xuất thêm một thanh chêm hình chữ nhật với chiều dài bám theo chiều rộng của lưỡng cực điện 1-1 hình đồng hồ cát và chiều rộng w_0 tập trung phía trước lưỡng cực điện hình đồng hồ cát được thể hiện bằng các chi tiết 4-1 đến 4-4 như Hình 7-3 có tác dụng như kích thích dòng điện phương thức J_3 để từ đó điều chỉnh tần số f_2 đến tần số mong muốn. Độ rộng w_0 của thanh chêm này sẽ ảnh hưởng đến việc kích thích dòng điện phương thức J_3 được thể hiện bằng hệ số phản xạ S11 trong Hình 8.

Kết quả Hình 8 cho thấy thanh chêm mà nhóm tác giả đã đề xuất có tác dụng điều chỉnh tần số f_2 của cấu trúc ăngten. Việc này có ý nghĩa lớn trong việc nghiên cứu thiết kế ăngten, vì có thể giảm thời gian nghiên cứu các ăngten khác nhau cho các tần số khác nhau mà chỉ cần cấu trúc ăngten mà nhóm tác giả đã đề xuất và điều chỉnh độ rộng thanh chêm hợp lý đã có thể điều chỉnh ăngten cộng hưởng ở tần số hoạt động mong muốn; đồng thời có thể kiểm soát được việc giữ được các tần số cố định. Ngoài ra việc cộng hưởng đúng tần số giúp cho ăngten bức xạ tốt hơn và tránh được hiện tượng sai lệch tần số cộng hưởng sau khi chế tạo.

Ví dụ thực hiện sáng chế:

Các tác giả đã tiến hành thiết kế thử nghiệm ăngten băng thông rộng cho trạm thu phát gốc 64T64R có thể hoạt động tốt ở hai dải tần là n7: 2,496GHz-2,69GHz (tần số trung tâm là 2,6GHz) và n77: 3,6GHz-3,8GHz (tần số trung tâm là 3,7GHz) theo tiêu chuẩn 3GPP quốc tế. Trong đó, dải tần số chính mà nhóm tác giả quan tâm là tần số 2,6GHz và 3,7GHz, là dải tần số đã được cấp phép sử dụng cho 5G tại Việt Nam.

Chỉ tiêu chính của một phần tử ăngten cho trạm thu phát sóng công nghệ 5G theo yêu cầu sau:

Bảng 1: chỉ tiêu kỹ thuật của ăngten phần tử cho trạm thu phát sóng công nghệ 5G

STT	Yêu cầu	Mô tả	Giá trị	Đơn vị
1	Dải tần số	Dải tần số Band N78-FR1 cho băng tần 5G theo chuẩn 3GPP	3600-3800 2496-2690	MHz
2	Băng thông	Yêu cầu Ăngten hỗ trợ 200MHz	200	MHz
3	Số lượng port trên 1 phần tử	Số lượng cổng Ăngten sử dụng cùng phần tử.	2	
4	Phân cực	Phân cực kép	+/- 45	$^{\circ}$ C
5	Hệ số khuếch đại lớn nhất (Peak Gain)	Hệ số khuếch đại lớn nhất của 1 phần tử	≥ 7	dBi
6	Hệ số phản xạ	Hệ số phản xạ tại cổng tín hiệu đầu vào (reflection coefficient)	≤ -10	dB
7	Hệ số cách ly	Hệ số cách ly giữa hai cổng trên cùng 1 phần tử	≥ 20	dB
8	tỷ số búp sóng đuôi	Tỷ số búp sóng chính trên búp sóng đuôi.	≥ 20	dB
9	Tỷ số búp sóng phụ	Tỷ số búp sóng chính trên búp sóng lân cận	≥ 16	dB

Từ yêu cầu kỹ thuật trên nhóm tác giả đã thiết kế ăngten sử dụng cấu trúc cơ khí được chế tạo bằng khuôn đúc dạng lưỡng cực điện từ trường có dạng hình đồng hồ cát có thanh chêm phân cực tuyến tính $\pm 45^{\circ}$.

Ăngten thiết kế được sử dụng bao gồm các chi tiết với các thông số cụ thể như sau:

- Phần bức xạ của ăngten bao gồm hai lưỡng cực điện từ đặt vuông góc với nhau (Hình 3), trong đó lưỡng cực điện được thiết kế theo hình đồng hồ cát, lưỡng cực từ được bẻ gấp 45° về hai phía để tạo ra cấu trúc hình trụ vững chãi, khó biến dạng và có thể 8 trụ dọc để đảm bảo ăngten không bị biến dạng khi bị tác động bởi ngoại lực từ trên xuống. Vật liệu của phần bức xạ sử dụng Nhôm mạ bạc ALDC12.1 hoặc ALSi10Mg. Lưỡng cực điện

cũng được khoét lỗ để giảm trọng lượng tổng thể của cấu trúc mà không ảnh hưởng đến đặc tính của ăngten.

- Phần tiếp điện (Hình 5c) bao gồm thanh tiếp điện hình chữ Γ để dễ dàng lắp đặt và chế tạo. Phần tiếp điện được làm từ tấm nhôm mỏng mạ bạc ALDC12.1 hoặc ALSi10Mg, kích thước được thể hiện trong bảng 3 sau.
- Phần cơ cấu nút (bao gồm 8 nút, các chi tiết 3-1 đến 3-8 trong Hình 1b) để cố định phần tiếp điện với ăngten.

Tính toán thiết kế cho ăngten đã được trình bày như trên, kết quả tính toán thiết kế ăngten hoạt động được ở cả hai tần số 2,6GHz và 3,7GHz được trình bày trong bảng sau:

Bảng 2: bảng các thông số tính toán ăngten

Tên chi tiết	Công thức tính toán	Giá trị (mm)	Ghi chú
H_m	$\frac{32 \times (0.1\lambda_1 + 0.15\lambda_2)}{\lambda_1 - \lambda_2}$	22.11	Chiều cao của lưỡng cực từ
D_f	$\frac{\lambda_1\lambda_2}{2 \times c} \times 10^9$	15.5	Khoảng cách giữa hai lỗ xuyên đoạn tiếp điện của lưỡng cực điện hình đồng hồ cát
L_d	$\frac{-0.091\lambda_1^2 + 0.2055\lambda_2^2}{D_f}$	9	Chiều dài của lưỡng cực điện hình đồng hồ cát

Bảng tổng hợp thông số còn lại (Hình 5a; Hình 5b; Hình 5c) và kích thước ví dụ thiết kế ăngten băng thông rộng cho 2,6GHz và 3,7GHz:

Bảng 3: Các thông số kích thước ăngten

STT	Tham số	Giá trị	Đơn vị	Ghi chú
1	D	41,95	mm	Chiều rộng của ăngten
2	D_0	5	mm	Đường kính lỗ bắt vít của ăngten
3	h_2	6	mm	Chiều cao lỗ bắt vít của ăngten
4	θ	30	mm	Góc mở của lưỡng cực điện hình đồng hồ cát
5	T	2	mm	Độ dày viền cánh của lưỡng cực điện hình đồng hồ cát
6	d_m	4,36	mm	Khoảng cách khe hở giữa hai lưỡng cực từ
7	c	1,58	mm	Độ rộng cọc nhô lên của lưỡng cực từ

8	h_1	5	mm	Chiều cao cọc nhô lên của lưỡng cực từ
9	t_d	2	mm	Chiều dày của lưỡng cực điện
10	d_c	1	mm	Đường kính lỗ vít liên kết giữa phần tiếp điện và ăngten
11	x	2	mm	Đường kính cọc tròn cố định ăngten khi lắp đặt
12	L_{f1}	25,4	mm	Chiều dài phần tiếp điện cho ăngten thứ nhất
13	L_{f2}	28,4	mm	Chiều dài phần tiếp điện cho ăngten thứ hai
14	L_{f11}	12,9	mm	Chiều dài phần bù điện cảm phần tiếp điện cho ăngten thứ nhất
15	L_{f12}	13,9	mm	Chiều dài phần bù điện cảm phần tiếp điện cho ăngten thứ hai
16	W_{f1}	4,5	mm	Chiều rộng phần tiếp điện cho ăngten thứ nhất
17	W_{f1}	4,2	mm	Chiều rộng phần tiếp điện cho ăngten thứ hai
18	t_f	0,3	mm	Chiều dày của phần tiếp điện

Kết quả của ăngten với các tính toán thiết kế trên được thể hiện trong Hình 9: Kết quả các tham số tán xạ của ăngten đã đề xuất trong đó có các thông số về hệ số phản xạ đầu vào (S_{11} và S_{22} tại các cổng thứ nhất và cổng thứ hai). Kết quả mô phỏng hệ số phản xạ S_{11} và S_{22} tại hai cổng đầu vào ở Hình 9 cho thấy mặc dù hệ số phản xạ đã đạt dưới -10dB tại cả hai dải tần số quan tâm, tuy nhiên tần số cộng hưởng chính của ăngten là 2,55 GHz và 3,46 GHz. Lí do là bởi vì phần tiếp điện 2 của ăngten được thiết kế theo cấu trúc cơ bản hình chữ Γ , tuy cấu trúc tiếp điện này đơn giản, dễ lắp đặt và phù hợp với lưỡng cực từ bị bẻ gấp hai phía nhưng băng thông không quá rộng làm ảnh hưởng đến băng thông của ăngten. Do đó yêu cầu đặt ra là cần điều chỉnh cấu trúc phần bức xạ của ăngten sao cho giữ nguyên tần số cộng hưởng tại 2,6 GHz và điều chỉnh được tần số cộng hưởng tại 3,46 GHz lên gần tới 3,7 GHz để ăngten đạt hiệu suất cao nhất tại những dải tần quan tâm.

Phương pháp phân tích dòng đặc tính được sử dụng để phân tích cấu trúc ăngten nhóm tác giả đang tính toán thiết kế. Kết quả mô phỏng giá trị MS trên phần mềm CST 2020 của cấu trúc được thể hiện trong Hình 10, ta thấy trong dải tần số mô phỏng từ 2 GHz-4,5 GHz có ba chế độ có giá trị MS đạt 1. Giống như nhóm tác giả đã phân tích trước đó và được thể hiện trong hình 7-1 ta thấy J_1 và J_2 có gần như nhau, lần lượt tại các tần số 2,5974 GHz và 2,614 GHz. Chế độ J_3 có MS bằng 1 tại 3,446GHz và giá trị xấp xỉ 1 trải dài trong khoảng tần số 3,4 GHz-3,52 GHz.

Cấu trúc ăngten đề xuất chưa đạt chỉ tiêu thiết kế tại dải tần số 3,6-3,8 GHz, do đó ta sẽ điều chỉnh cấu trúc bằng thanh chêm để điều khiển giá trị MS của J_3 bằng 1 đến dải tần quan tâm.

Từ Hình 11a ta thấy, việc thêm thanh chêm này với độ rộng $w_0=2\text{mm}$ sẽ điều chỉnh được tần số cộng hưởng của ăngten thông qua hệ số phản xạ tại cổng thứ nhất. Ta thấy rằng, đỉnh cộng hưởng thứ hai do dòng phương thức J_3 tiến đến tần số 3,7 GHz mà không ảnh hưởng quá nhiều đến tần số cộng hưởng thứ nhất do dòng phương thức J_1 và J_2 quyết định, tần số cộng hưởng tại 2,6GHz vẫn được giữ nguyên; nghĩa là cấu trúc cộng hưởng ăngten đã được điều chỉnh đến tần số mong muốn. Kết quả mô phỏng giá trị tăng ích cực đại (Hình 11b) cũng cho thấy việc thêm các thanh chêm có tác dụng tăng giá trị tăng tích cực đại của ăngten tại cả hai cổng thứ nhất và thứ hai tại cả hai tần số 2,6GHz và 3,7GHz lên khoảng 1,3-1,5dB. Nghĩa là ăngten đã bức xạ tốt hơn tại các tần số này, việc cộng hưởng đúng tần số còn có ý nghĩa trách hiện tượng lệch tần sau khi chế tạo.

Kết quả mô phỏng đã chứng minh việc thêm thanh chêm theo phân tích chế độ đặc trưng có tác dụng điều chỉnh tần số cộng hưởng từ 2,46 GHz đến 3,7 GHz đồng thời tăng hiệu suất bức xạ của ăngten. Cấu trúc ăngten có băng thông rộng trải từ 2,42GHz đến 4,2GHz, bao gồm hầu hết các dải tần dưới 6GHz của công nghệ 5G. Kết quả thực hiện ví dụ sáng chế được thể hiện qua bảng 4 và Hình 12, 13, 14, 15.

Bảng 4: bảng tổng hợp kết quả đạt được của ăngten sáng chế

STT	Kết quả	Mô tả	Tần số		Đơn vị
1	Dải tần số	Dải tần số cho băng tần 3G/4G theo chuẩn 3GPP	2496-2690	3600-3800	MHz
2	Băng thông	Yêu cầu Ăngten hỗ trợ 1000MHz	1400MHz		MHz
3	Số lượng cổng trên một phần tử	Số lượng cổng Ăngten sử dụng cùng phần tử.	2	2	
4	Phân cực	Phân cực kép	± 45	± 45	độ
5	Độ tăng ích lớn nhất (Peak Gain)	Độ tăng ích lớn nhất của 1 phần tử trên toàn bộ băng tần	$\geq 8,3$	$\geq 8,6$	dBi

6	Hệ số phản xạ tín hiệu	Hệ số phản xạ tín hiệu tại cổng đầu vào (Reflection coefficient)	≤ -15	≤ -22	dB
7	Hệ số cách ly	Hệ số cách ly giữa hai cổng trên cùng 1 phần tử	≥ 27	≥ 27	dB
8	Tỷ số búp sóng đuôi	Tỷ số búp sóng chính trên búp sóng đuôi.	≥ 15	≥ 15	dB
9	Tỷ số búp sóng phụ	Tỷ số búp sóng chính trên búp sóng lân cận	≥ 15	≥ 15	dB

Yêu cầu bảo hộ

1. Ăngten lưỡng cực điện trường dạng đồng hồ cát có thanh chêm phân cực kép băng thông rộng cho trạm thu phát sóng vô tuyến 3G/4G/5G bao gồm: phần bức xạ, phần tiếp điện và cơ cấu các nút và thanh chêm; cụ thể:

Phần bức xạ bao gồm lưỡng cực điện và lưỡng cực từ:

Lưỡng cực điện được thiết kế thành hình đồng hồ cát để tạo ra cấu trúc có băng thông rộng và được phân tích theo phương pháp chế độ đặc tính để điều chỉnh tần số cộng hưởng và tăng hiệu suất bức xạ cho ăngten, đây cũng là điểm mới trong sáng chế này; so với lưỡng cực điện thông thường có tần số cộng hưởng phụ thuộc vào chiều dài, cấu trúc đồng hồ cát làm cho cấu trúc lưỡng cực điện không chỉ phụ thuộc vào chiều dài (nghĩa là theo bước sóng của tần số cộng hưởng) mà còn phụ thuộc vào góc mở, do đó nó không hoàn toàn phụ thuộc vào tần số nên có thể cộng hưởng ở nhiều tần số khác nhau với giá trị về chiều dài và góc mở phù hợp; kích thước của lưỡng cực điện bao gồm chiều dài của lưỡng cực L_d và góc mở θ ; trong đó, giá trị kích thước L_d phụ thuộc vào tần số hoạt động của ăngten và khoảng cách giữa hai lỗ xuyên đoạn tiếp điện của lưỡng cực điện hình đồng hồ cát D_f :

$$L_d = \frac{-0,091\lambda_1^2 + 0,2055\lambda_2^2}{D_f}$$

trong đó, D_f được tính bằng $\frac{\lambda_1\lambda_2}{2 \times c} \times 10^9$; giá trị góc mở θ liên quan trực tiếp đến độ rộng băng thông, so với lưỡng cực điện thông thường, trong dải tần số 1000MHz-6000MHz, lưỡng cực điện có cấu trúc đồng hồ cát có băng thông rộng hơn 15%; việc lựa chọn giá trị θ sao cho ăngten có thể đạt băng thông tối đa và vẫn phải đảm bảo kích thước không quá lớn để phù hợp cho việc thiết kế ghép mảng ăngten sau này;

Lưỡng cực từ được thiết kế bề 45 độ ở hai cánh để tạo ra cấu trúc hình trụ vững chắc, khó biến dạng; đồng thời cũng được thiết kế thêm hai cọc nhô lên phía trên mỗi tấm kim loại của lưỡng cực từ để đảm bảo ăngten không bị biến dạng khi chịu tác động từ ngoại lực phía trên ví dụ như phần vỏ cơ khí của trạm thu phát; lưỡng cực từ gồm hai bức tường kim loại dựng thẳng đứng kết hợp với phần kim loại phía dưới; điện trường sinh ra giữa hai tấm kim loại thẳng đứng và phần kim loại phía dưới tạo thành một mạch vòng khép kín, sinh ra từ trường; chiều cao của lưỡng cực từ ảnh hưởng đến tần số cộng hưởng của ăngten; kích thước của lưỡng

cực từ 1-2 (H_m) của ăngten lưỡng cực điện từ trường có hai tần số cộng hưởng được tính toán theo công thức thực nghiệm ra:

$$H_m = \frac{32 \times (0,1\lambda_1 + 0,15\lambda_2)}{\lambda_1 - \lambda_2} \quad (1)$$

trong đó λ_1 là chiều dài bước sóng tương ứng tại tần số hoạt động f_1 (tần số thấp hơn) và λ_2 là chiều dài bước sóng tương ứng tại tần số hoạt động f_2 (tần số cao hơn); giá trị bước sóng của tần số f_r được tính bằng công thức (2) với c là vận tốc lan truyền sóng điện từ trong không khí.

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r} \quad (2)$$

Hai lưỡng cực điện từ trường này được đặt vuông góc với nhau để tạo ra cấu trúc phân cực kép $\pm 45^\circ$ và được cấp nguồn bằng phần tiếp điện có dạng hình chữ Γ cơ bản;

phần tiếp điện có dạng hình chữ Γ cơ bản được làm từ tấm nhôm mỏng mạ bạc ALDC12.1 hoặc ALSi10Mg, bao gồm hai đoạn tiếp điện sử dụng cấu trúc cấp nguồn dạng bước nhảy; đây là cấu trúc cơ bản được sử dụng để cấp nguồn cho ăngten lưỡng cực điện từ trường; chiều dài của bước nhảy Γ_1 tiếp điện cho ăngten thứ nhất bao gồm $L_{f1} + D_f + L_{f1}$ và được tính bằng $\frac{1}{3,65}(\lambda_1 + \lambda_2)$; chiều dài của bước nhảy Γ_2 tiếp điện cho ăngten thứ hai bao gồm $L_{f2} + D_f + L_{f2}$ và được tính bằng $\frac{1}{3,4}(\lambda_1 + \lambda_2)$; độ lệch về chiều dài giữa phần tiếp điện để đảm bảo về tính cách ly giữa hai ăngten; trong đó:

L_{f1} là chiều dài phần tiếp điện cho ăngten thứ nhất;

L_{f2} là chiều dài phần tiếp điện cho ăngten thứ hai;

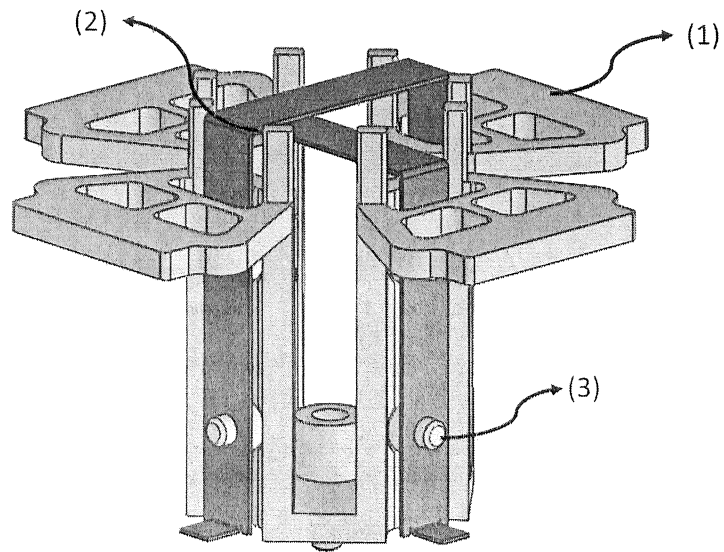
L_{f11} là chiều dài phần bù điện cảm phần tiếp điện cho ăngten thứ nhất;

L_{f12} là chiều dài phần bù điện cảm phần tiếp điện cho ăngten thứ hai;

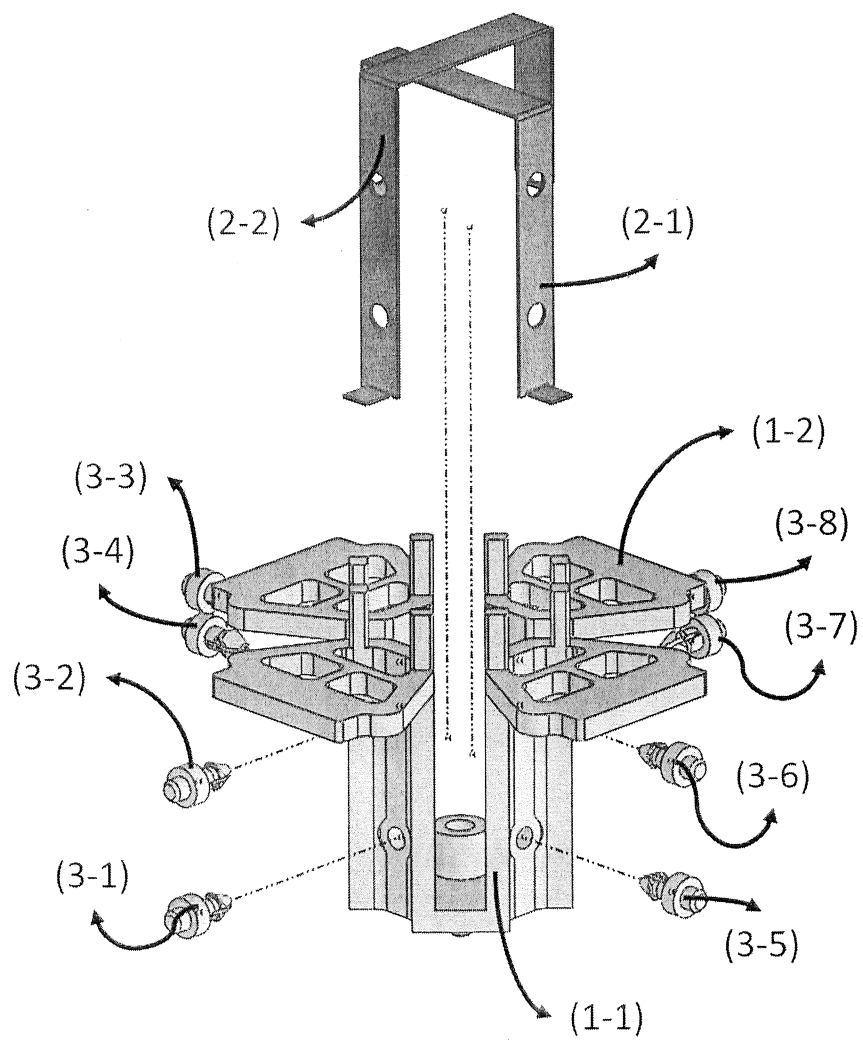
phần nút bằng PCB có tác dụng cố định phần tiếp điện với thành ăngten;

bốn thanh chêm ở rìa cánh lưỡng cực điện, với chiều dài bám theo chiều rộng của lưỡng cực điện hình đồng hồ cát và chiều rộng w_0 tập trung phía trước lưỡng cực điện hình đồng hồ cát, chiều rộng của các thanh chêm này có tác dụng điều chỉnh tần số cộng hưởng, giúp dễ dàng điều chỉnh ăngten tới tần số cộng hưởng mong muốn một cách tuyến tính trong dải tần số từ 1000 MHz đến 6000 MHz, đồng thời tăng hiệu suất của ăngten tại các dải tần quan tâm; việc này có ý nghĩa lớn trong việc nghiên cứu thiết kế ăngten, vì có thể giảm

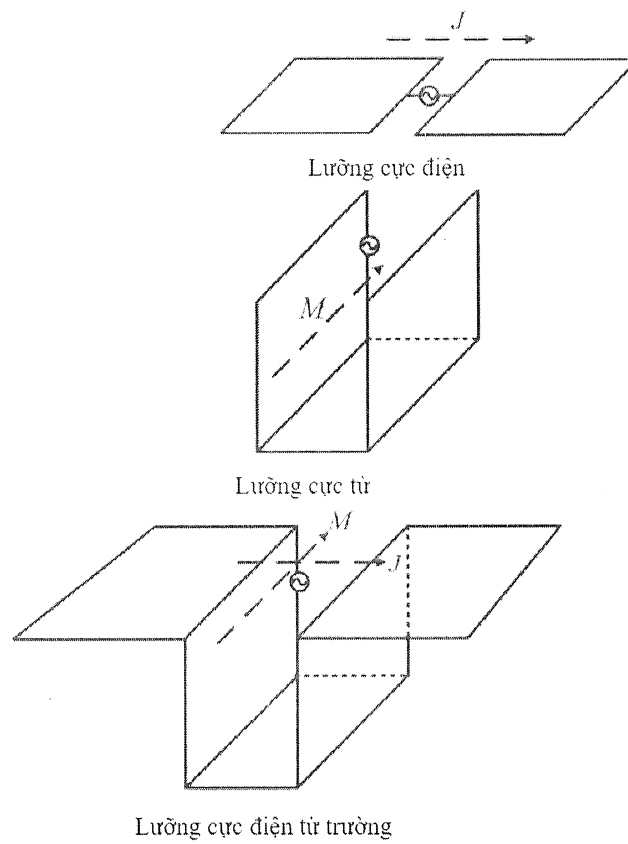
thời gian nghiên cứu các ăngten khác nhau cho các tần số khác nhau mà chỉ cần cấu trúc ăngten mà nhóm tác giả đã đề xuất và điều chỉnh độ rộng thanh chêm hợp lý đã có thể điều chỉnh ăngten cộng hưởng ở tần số hoạt động mong muốn; đồng thời có thể kiểm soát được việc giữ được các tần số cố định.



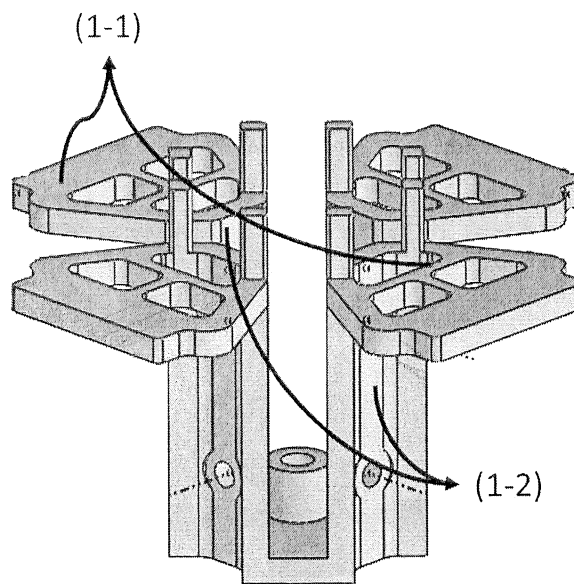
Hình 1a



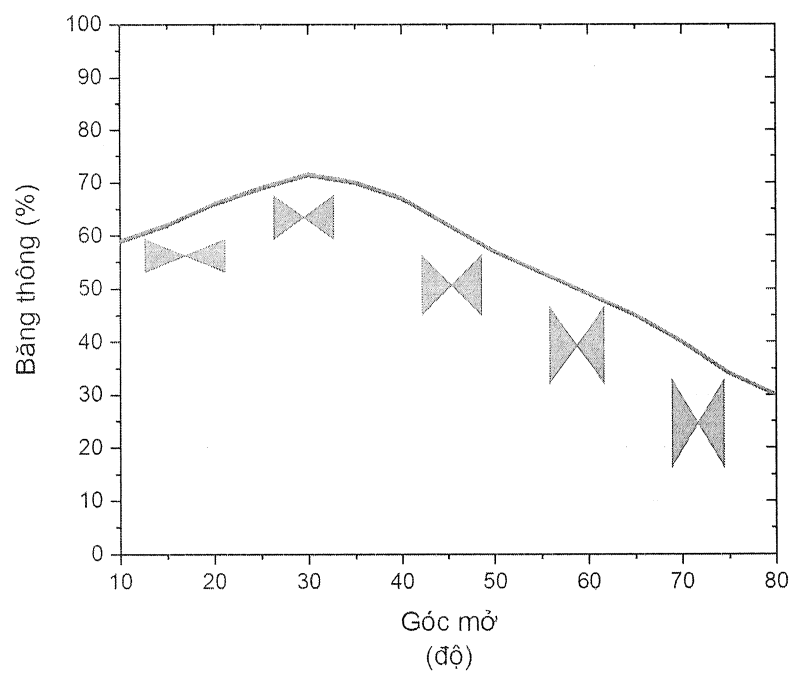
Hình 1b



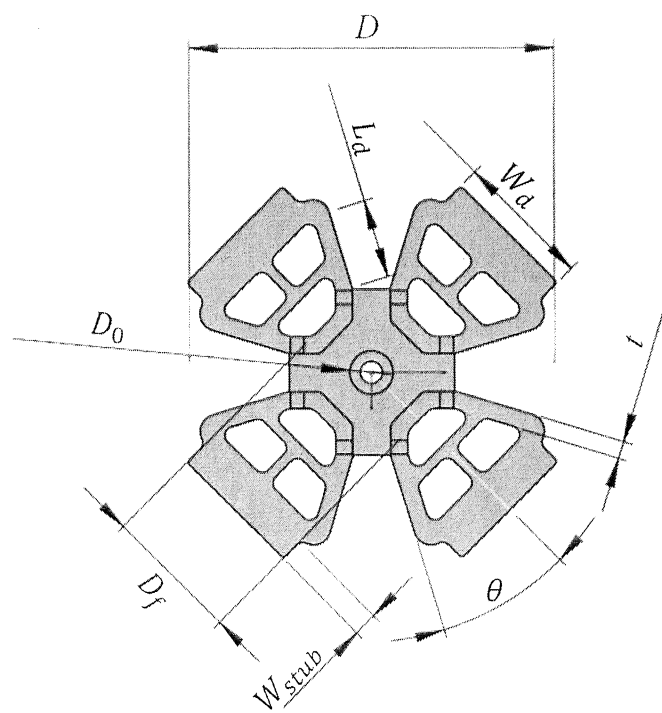
Hình 2



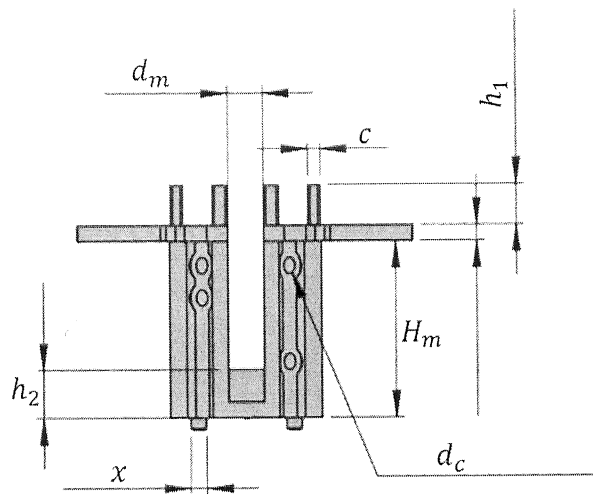
Hình 3



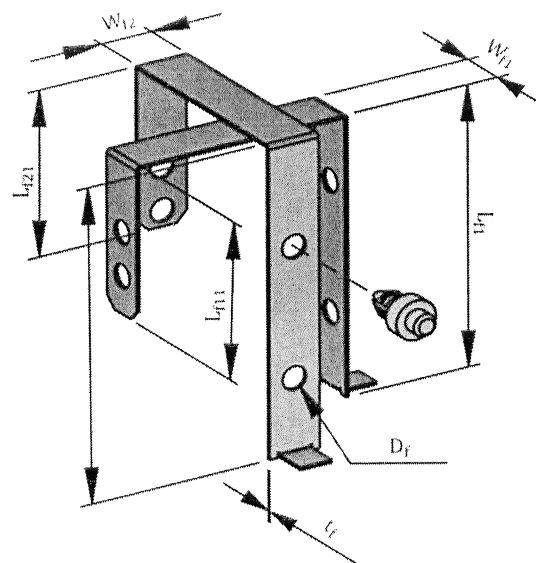
Hình 4



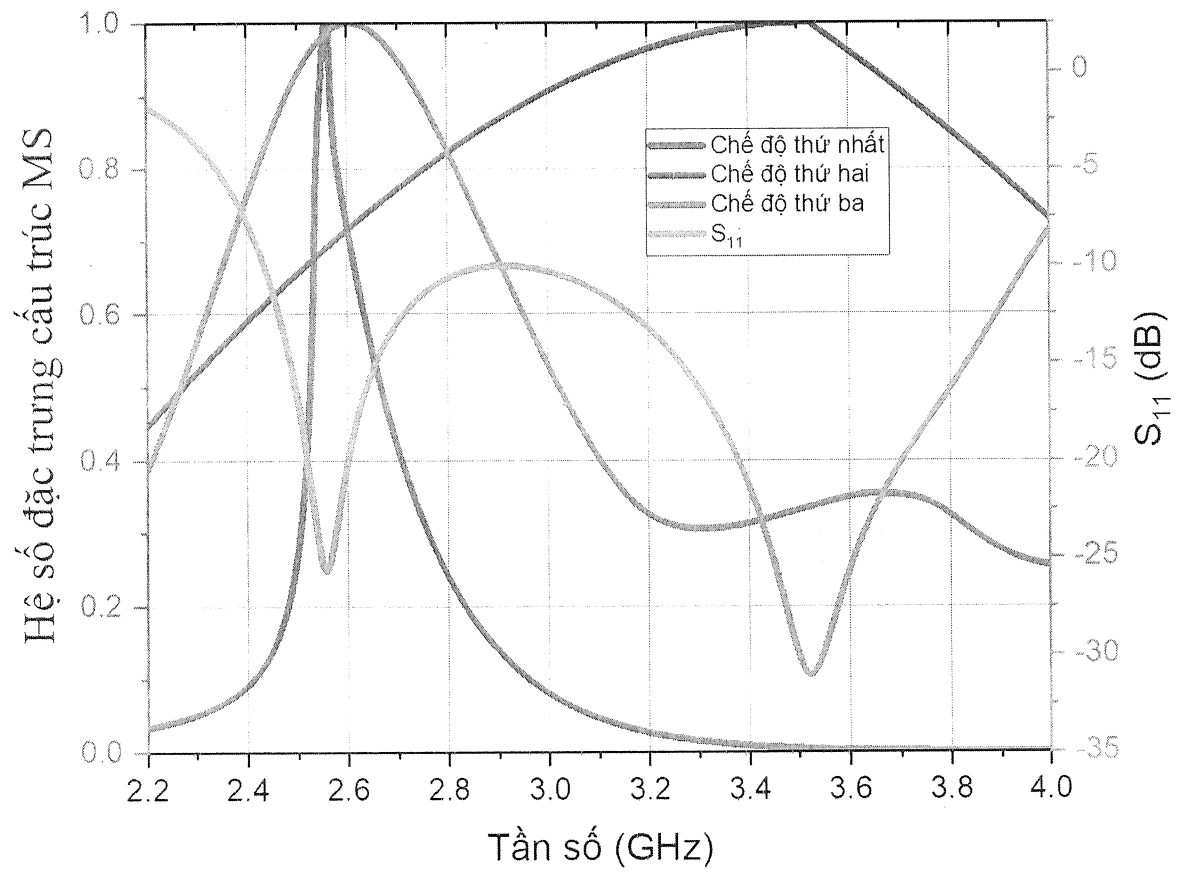
Hình 5a



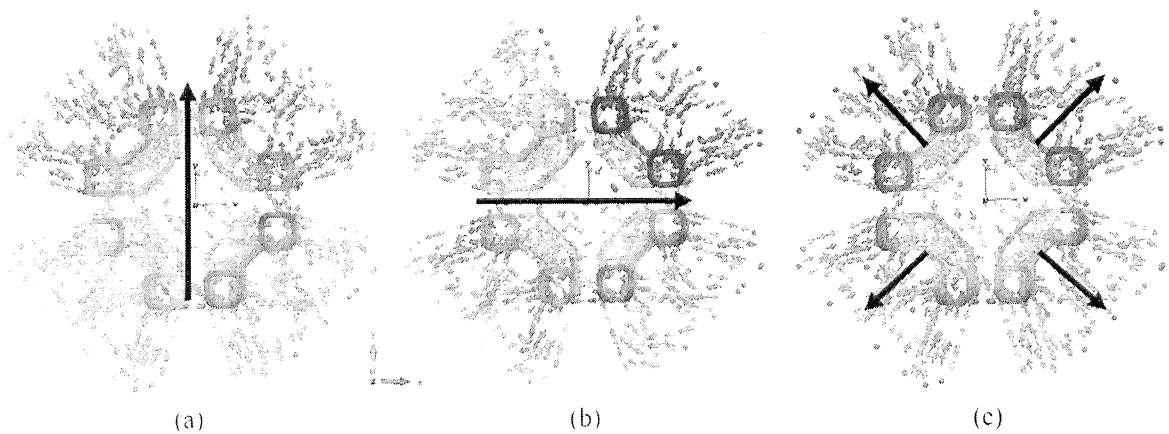
Hình 5b



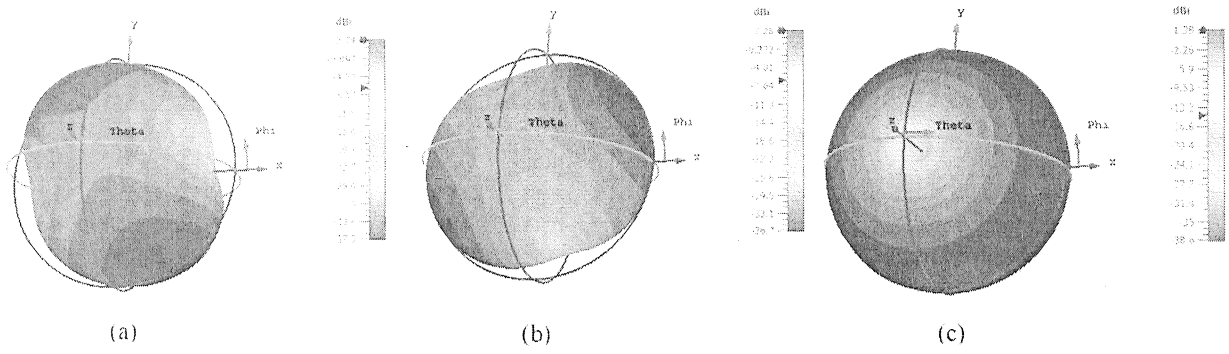
Hình 5c



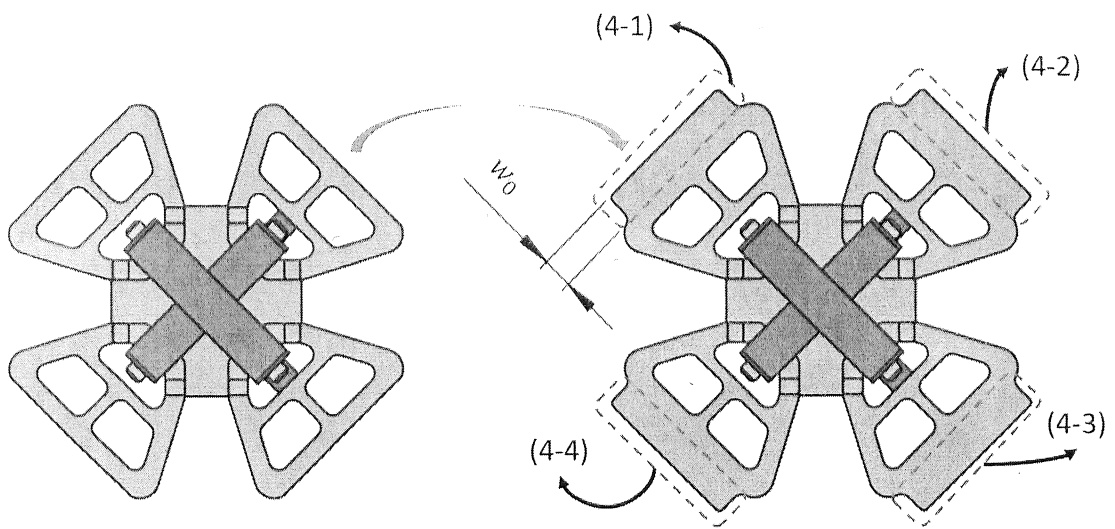
Hình 6



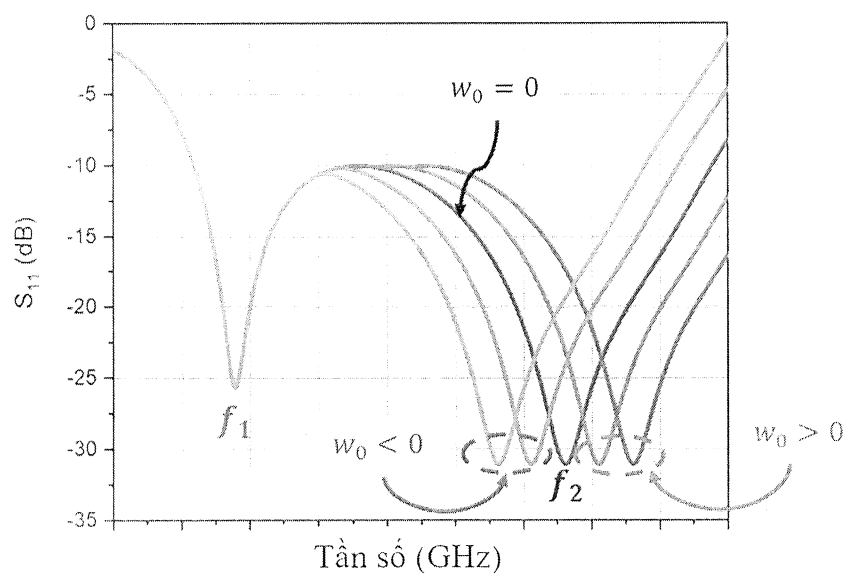
Hình 7-1



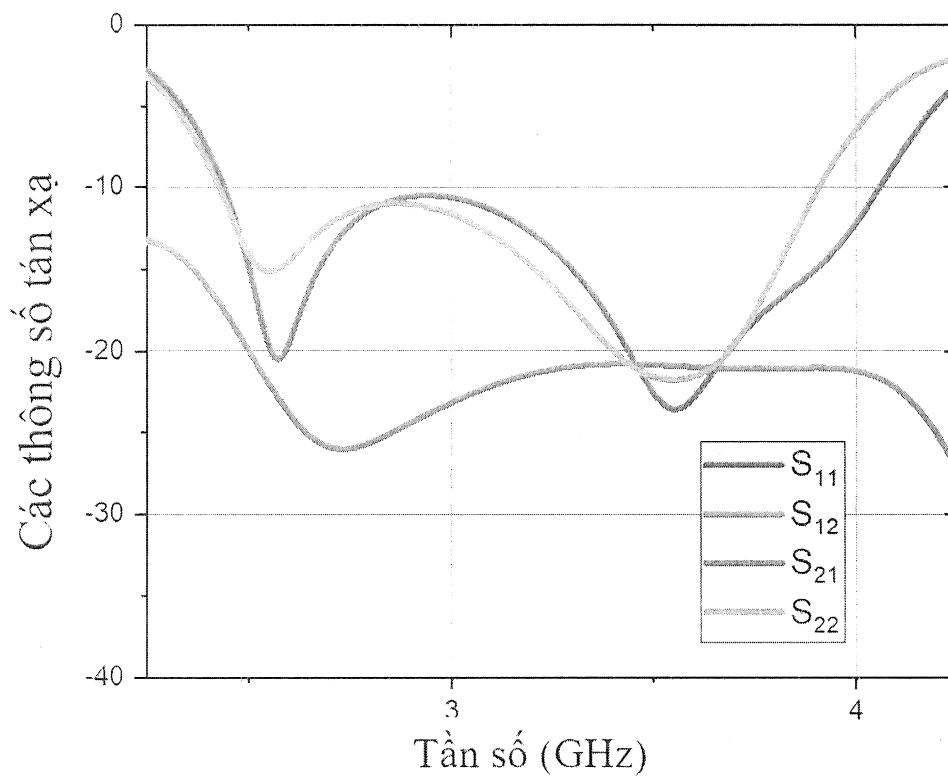
Hình 7-2



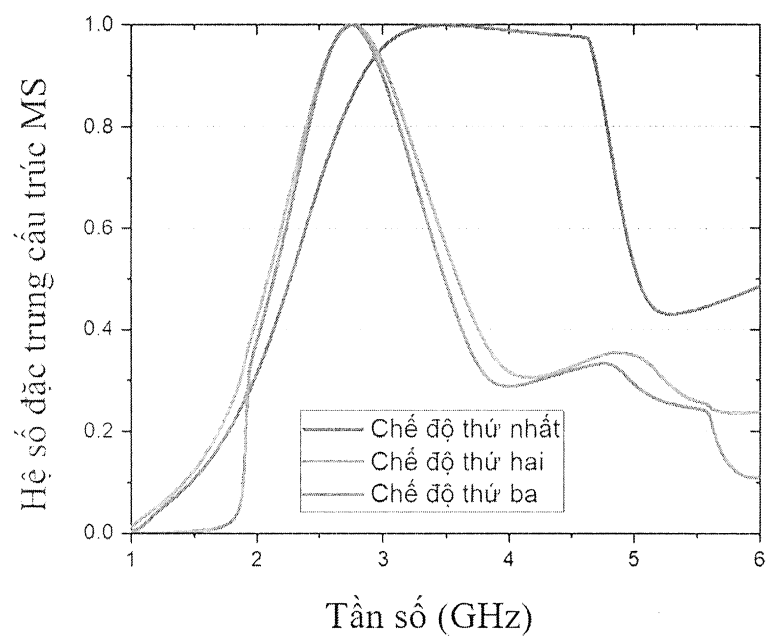
Hình 7-3



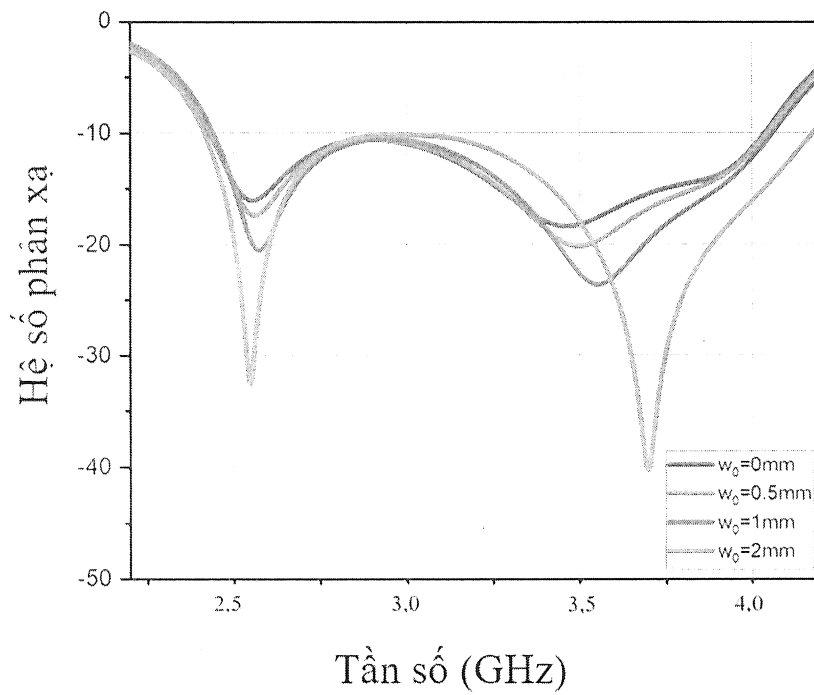
Hình 8



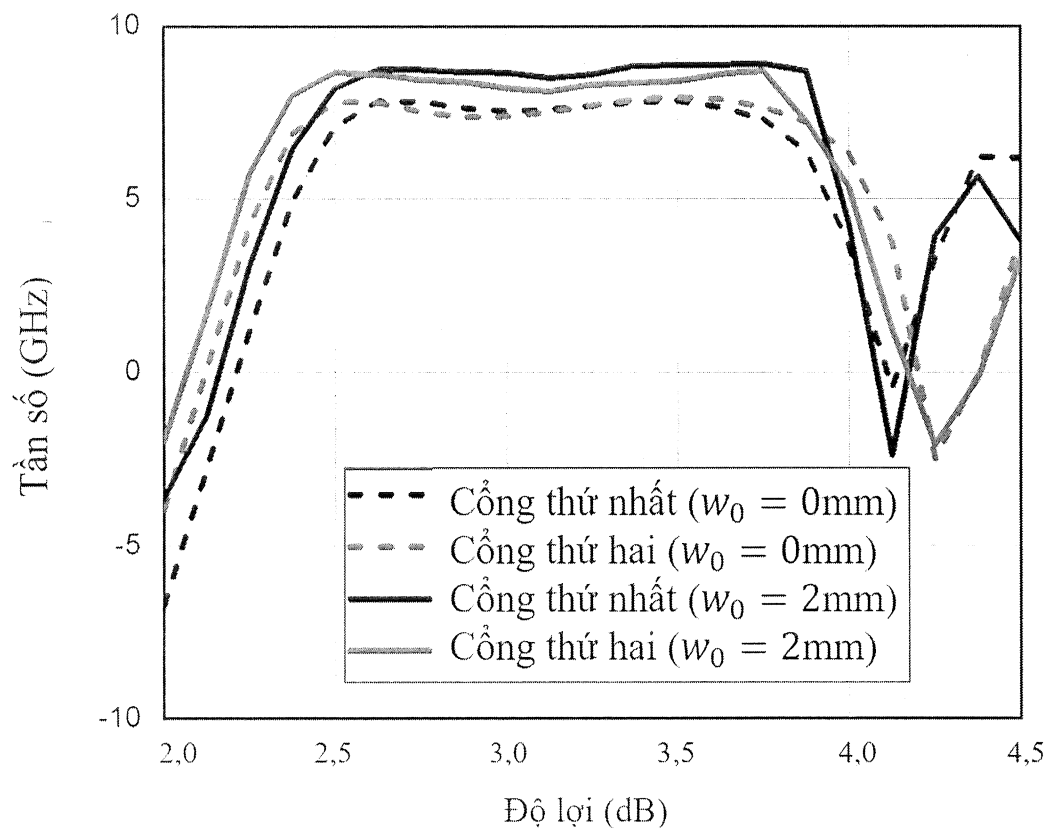
Hình 9



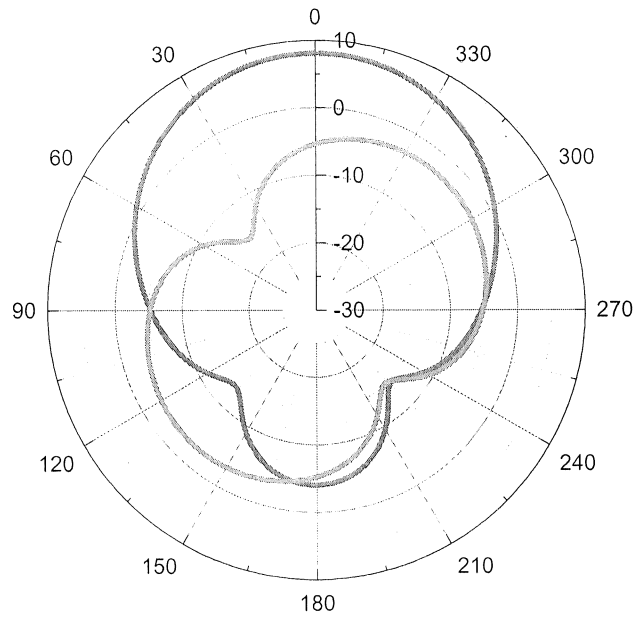
Hình 10



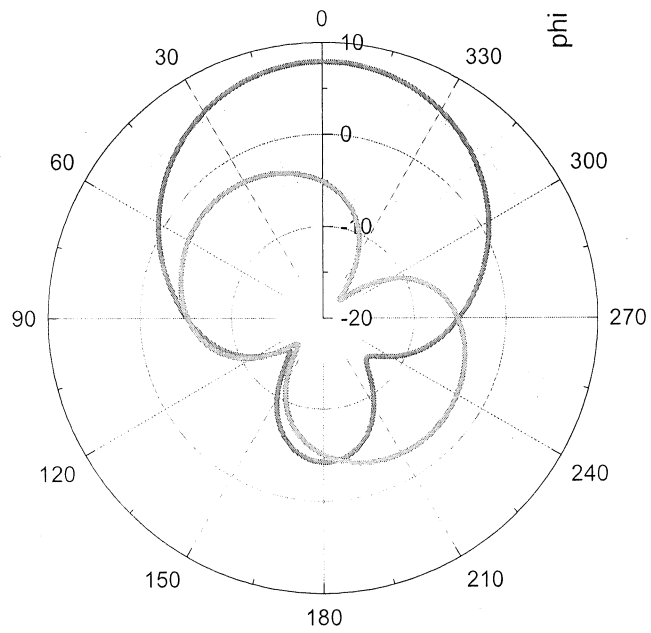
Hình 11a



Hình 11b



Hình 12



Hình 13