



(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)



1-0041461

(51)^{2020.01} H01Q 21/24

(13) B

(21) 1-2020-05619

(22) 30/09/2020

(45) 25/10/2024 439

(43) 25/01/2021 394

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

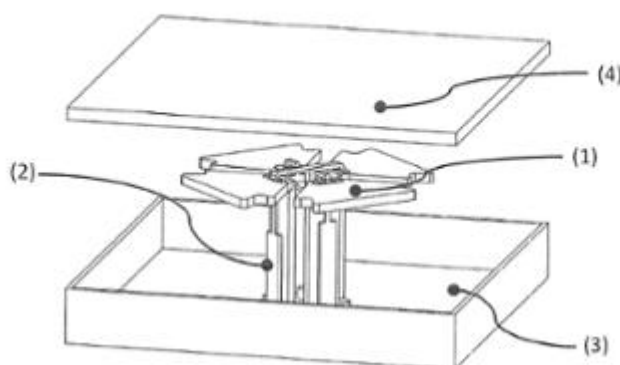
Lô D26 khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) NGUYỄN ĐỨC NHẬT (VN); HOÀNG ĐÌNH HẢI TRUYỀN (VN); ĐỖ TRỌNG TOÀN (VN); LÊ MINH THUY (VN); KHÔNG VĂN MẠNH (VN).

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

(54) ĂNGTEN DẠNG THẮT NƠ KÉP HAI HƯỚNG PHÂN CỰC BẰNG THÔNG RỘNG CHO TRẠM THU PHÁT SÓNG VÔ TUYẾN 3G/4G/5G

(57) Sáng chế này trình bày về cấu trúc ăngten dạng thắt nơ kép hai hướng phân cực bằng thông rộng ứng dụng cho trạm thu phát sóng vô tuyến 3G/4G/5G bao gồm tất cả các băng tần cho hệ thống di động hiện có từ 1,65 đến 2,93 GHz. Phần tử ăngten được đề xuất có độ lợi ổn định $8,7 \pm 0,8$ dBi trên toàn bộ dải tần. Hiệu suất của phần tử ăng-ten này đáp ứng tất cả các yêu cầu đối với ăng-ten trạm gốc băng rộng. Phần tử ăngten dựa trên lưỡng cực điện-từ (ME) bao gồm hai lưỡng cực hình thắt nơ kép cho hai phân cực $\pm 45^\circ$. Các phần tiếp điện cho hai lưỡng cực có chiều rộng thay đổi theo từng bước để có được sự phù hợp trở kháng tốt hơn và chúng được thiết kế đơn giản để sản xuất hàng loạt.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề xuất đến ăngten dạng thắt nơ kép hai hướng phân cực băng thông rộng cho trạm thu phát sóng vô tuyến 3G/4G/5G. Cụ thể, ăngten được đề xuất trong sáng chế có hai hướng phân cực tuyến tính băng thông rộng, được sử dụng trong các hệ thống ăngten trạm thu phát sóng vô tuyến công nghệ 3G/4G/5G.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong các trạm thu phát gốc, ăngten là phần tử quan trọng, đóng vai trò bức xạ nhận tín hiệu từ sóng điện từ trong không gian hoặc bức xạ truyền tín hiệu thành sóng điện từ ra ngoài không gian, tùy thuộc vào công nghệ thì ăngten trạm có các đặc trưng về kích thước và trọng lượng khác nhau, nhưng đặc điểm chung về vị trí lắp đặt của ăngten trạm là như nhau đối với công nghệ 3G, 4G hoặc 5G. Yêu cầu thiết kế ăngten cho trạm thu phát gốc với băng thông hoạt động ở tất cả các dải tần 1800 MHz, 2100 MHz, 2300 MHz và 2600 MHz công nghệ 3G, 4G hoặc 5G với hiệu suất bức xạ cao, đồ thị bức xạ định hướng, độ lớn tăng ích cực đại của mảng ăngten từ 16 dBi trở lên khi sử dụng từ 10 ăngten phần tử trở lên có độ tăng ích tương đương 7 dBi, búp sóng phụ và búp sóng ngược thấp, trọng lượng nhẹ, kích thước nhỏ và giá thành sản xuất thấp là nhu cầu cần thiết của các công ty sản xuất ăngten hay các nhà mạng trên toàn thế giới nói chung.

Tại Việt Nam, trong bối cảnh chưa cấp phát băng tần cụ thể, việc thiết kế chế tạo các ăngten có thể hoạt động cả công nghệ ghép kênh phân chia theo tần số FDD (Frequency Division Duplexing) hoặc ghép kênh phân chia theo thời gian TDD (Time Division Duplexing) là rất cần thiết để phục vụ việc triển khai thử nghiệm các trạm thu phát gốc công nghệ 3G/4G dịch chuyển lên 5G. Vì vậy nhu cầu thiết kế các ăngten phần tử phục vụ trạm thu phát gốc có thể hoạt động trên tất cả các dải tần n1, n3, n7, n38, n41 và n40 từ 1600 MHz đến 2700 MHz sao cho có thể sử dụng trong các trạm thu phát gốc công nghệ 3G/4G/5G với kiến trúc đơn giản, trọng lượng thấp, ít chi tiết, dễ lắp ráp và có chi phí chế tạo thấp. Công nghệ đúc cho phép sản xuất hàng loạt tại Việt Nam với số lượng lớn để phục vụ nhu cầu sử dụng trong nước và có thể xuất khẩu sang các nước khác là một yêu cầu cấp thiết xuất phát từ thực tiễn hiện nay. Ngoài ra, nhằm đáp ứng mục tiêu xây dựng các trạm thu phát sóng hạ tầng dùng chung cho tất cả các nhà mạng thì sáng chế ăngten phần tử băng thông rộng từ 1600 MHz tới 2800 MHz sẽ góp phần giảm giá thành cho ăngten trạm dùng chung công nghệ 3G/4G/5G cho các nhà mạng. Để đáp ứng được yêu cầu ăngten có băng thông rộng và độ rộng búp sóng trên mặt phẳng E (mặt phẳng điện trường) và mặt phẳng H (mặt phẳng từ trường) là $65^{\circ} \pm 5^{\circ}$ trong toàn bộ băng tần và hệ số cách ly giữa hai ăngten trong một chần tử cao thì ăngten trên lưỡng cực điện và từ là một giải pháp thường được sử dụng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất ăngten dạng thắt nơ kép hai hướng phân cực băng thông rộng cho trạm thu phát sóng vô tuyến 3G/4G/5G (bow-tie), băng tần rộng trong sáng chế này là từ 1600-2800 MHz với hai hướng phân cực $\pm 45^\circ$ nhằm đáp ứng một cách hiệu quả các yêu cầu chỉ tiêu kỹ thuật của ăngten cho trạm thu phát gốc 3G/4G/5G, cụ thể như đáp ứng được độ tăng ích từ 8 dBi trở lên trong toàn bộ băng tần hoạt động, hệ số cách ly cao, mang lại lợi ích kinh tế và tính linh động trong triển khai phần cứng các thiết bị viễn thông cho tất cả các nhà mạng. Chỉ cần chi phí cho một khuôn duy nhất cho ăngten phần tử băng thông rộng giúp giảm chi phí chế tạo, và dễ dàng được sử dụng cho bất cứ băng tần nào, công nghệ FDD hoặc TDD của tất cả các nhà mạng Viettel, VNPT, MobiPhone tại Việt Nam.

Trong sáng chế này, ăngten dạng thắt nơ dựa trên nguyên lý cặp lưỡng cực điện và từ kết hợp với cấu trúc phần tử tiếp điện dạng bước nhảy và bẻ gấp để đạt được băng thông rộng và đồ thị bức xạ với búp sóng ngược thấp, dễ dàng chế tạo trong sản xuất hàng loạt dựa trên công nghệ đúc.

Cụ thể, để đạt được mục đích trên, ăngten được đề xuất trong sáng chế bao gồm hai phần tử có cấu tạo như sau:

Phần bức xạ là một cặp hai ăngten lưỡng cực điện-từ dạng thắt nơ kép được đặt vuông góc nhau để đạt hai phân cực $\pm 45^\circ$. Phần bức xạ dạng thắt nơ kép cho phép ăngten hoạt động được trong băng thông rộng và cũng là điểm mới trong sáng chế này.

Phần tiếp điện bao gồm hai đoạn tiếp điện dạng bước nhảy bẻ gấp để đạt được băng thông rộng từ 1600-2800 MHz với hệ số phản xạ dưới -15 dB. Mỗi đoạn tiếp điện bao gồm một đường truyền tín hiệu dạng bước nhảy hình chữ L (trùng đường với thành phần L_f trong mạch tương đương) đặt song song và cách cánh tay của cặp ăngten lưỡng cực điện-từ một đoạn g , có vai trò phối hợp trở kháng với trở kháng vào của phần bức xạ, một đoạn ghép tín hiệu có bẻ gấp để tăng khoảng cách giữa hai đoạn tiếp điện nhằm tăng hệ số cách ly giữa hai ăngten và được mô hình hóa bởi thành phần thành phần C_f trong mạch tương đương, đoạn hở mạch kết hợp với thành kim loại thẳng đứng của cặp lưỡng cực điện-từ hoạt động như một đoạn mạch hở mạch để bù lại điện cảm do phần tiếp điện đưa vào. Đường truyền tín hiệu dạng bước nhảy có vai trò phối hợp trở kháng cho ăngten trong băng thông rộng. Bên cạnh đó, hai đoạn tiếp điện dạng bước nhảy có chiều cao khác nhau và phần ghép tín hiệu được bẻ gấp để giảm ảnh hưởng tương hỗ giữa hai ăngten dưới -30 dB trong toàn bộ dải tần từ 1600 MHz đến 2800 MHz.

Tám phản xạ để gá ăngten lên làm từ các tấm thép không gỉ. Các ăngten được đặt cách nhau một khoảng xác định, tương đương $0,5\lambda$ tại tần số trung tâm. Tám phản xạ cũng đóng vai trò giúp giảm tỷ số búp sóng đuôi và tăng độ tăng ích của ăngten, góp phần điều chỉnh độ rộng của búp sóng chính. Tám phản xạ 3 cũng có thể được đục các lỗ gắn vít và các đầu của cáp nối để dẫn tín hiệu tới các ăngten.

Vỏ của ăngten bảo vệ ăngten khỏi các ảnh hưởng của môi trường trong suốt dòng đời anten như: mưa, nắng, bụi, độ ẩm, ... mà không làm ảnh hưởng tới các đặc tính của ăngten sử dụng nhựa có gia cường sợi thủy tinh hoặc UPVC

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1a: là hình vẽ cấu trúc tổng thể của một ăngten lưỡng cực điện-từ hình thất nơ,

Hình 1b: là hình vẽ mô tả cấu tạo chi tiết của ăngten lưỡng cực điện-từ hình thất nơ,

Hình 2a: Là hình vẽ mô tả thành phần bức xạ của của ăngten lưỡng cực điện-từ hình thất nơ,

Hình 2b là dạng đồ thị bức xạ trên mặt phẳng E và H của ăngten lưỡng cực điện-từ hình thất nơ,

Hình 3a: là hình vẽ mô tả cấu trúc của cặp hai ăngten lưỡng cực điện-từ hình thất nơ kép băng thông rộng,

Hình 3b: là hình vẽ mô tả chi tiết cấu trúc của một ăngten lưỡng cực điện hình thất nơ,

Hình 3c: là hình vẽ mô tả chi tiết cấu trúc của cặp hai đoạn tiếp điện dạng bước nhảy hình chữ L bề gấp ở phần ghép tín hiệu,

Hình 4: là hình vẽ mô tả sơ đồ mạch điện tương đương của ăngten lưỡng cực điện-từ hình thất nơ kép được tiếp điện bằng mạch tiếp điện dạng bước nhảy hình chữ L bề gấp ở phần ghép tín hiệu,

Hình 5: là hình vẽ thể hiện kết quả mô phỏng hệ số phản xạ và hệ số cách ly của ăngten lưỡng cực điện-từ hình thất nơ kép trong ví dụ thực hiện sáng chế,

Hình 6a: là hình vẽ thể hiện kết quả mô phỏng đồ thị bức xạ của ví dụ thiết kế ở tần số 1,7 GHz,

Hình 6b: là hình vẽ thể hiện kết quả mô phỏng đồ thị bức xạ của ví dụ thiết kế ở tần số 2,2 GHz,

Hình 6c: là hình vẽ thể hiện kết quả mô phỏng đồ thị bức xạ của ví dụ thiết kế ở tần số 2,7 GHz,

Hình 7a: là hình vẽ thể hiện kết quả mô phỏng hệ số phản xạ và cách ly của ăngten lưỡng cực điện hình thất nơ kép,

Hình 7b: là hình vẽ thể hiện kết quả mô phỏng hệ số phản xạ và cách ly của ăngten lưỡng cực điện hình thất nơ đơn.

Mô tả chi tiết sáng chế

Cấu trúc của ăngten dạng thất nơ kép hai hướng phân cực băng thông rộng cho trạm thu phát sóng vô tuyến 3G/4G/5G theo sáng chế được mô tả trong Hình 1a bao gồm có bốn thành phần: phần bức xạ 1, phần tiếp điện 2, tấm phản xạ 4 và vỏ 3. Phần bức xạ 1 và phần tiếp điện 2 được đặt trên tấm phản xạ 4 là một tấm hình vuông có kích thước một cạnh là X_g tương đương với một phần hai bước sóng tại tần số thấp nhất và có bốn thành kim loại bao quanh có chiều cao H_r . Ăngten và tấm phản xạ được đặt trong vỏ 3 ăngten làm từ vật liệu Fiberglass hoặc UPVC hoặc tương đương. Cụ thể các chi tiết này như sau:

Tham chiếu Hình 1b, phần bức xạ 1 của ăngten là hai ăngten lưỡng cực điện-từ Hình 2a có hình dạng thất nơ kép (hai tầng nơ ghép vào nhau) 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 2 dạng bước nhảy bề gấp để đạt được băng thông rộng. Một ăngten lưỡng cực điện-từ (tham chiếu Hình 2a) hoạt động bằng cách kích hoạt đồng thời thành phần lưỡng cực điện 1-1 và thành phần lưỡng cực từ 1-2 để cung cấp các mặt phẳng E (mặt phẳng điện trường) và H (mặt phẳng từ trường) giống hệt nhau của các mẫu bức xạ như được trình bày trong Hình 2b.

Chính cấu trúc dạng thất nơ kép (hai tầng nơ ghép vào nhau) cho phép ăngten hoạt động được ở một dải tần số rộng từ đó tạo ra băng thông rộng và cũng là điểm mới trong sáng chế này. Trong Hình 7 là kết quả mô phỏng cho sự cải thiện lớn về băng thông của cấu trúc thất nơ kép (Hình 7a) so với cấu trúc thất nơ đơn (Hình 7b). Lí do là cấu trúc thất nơ kép không chỉ phụ thuộc vào chiều dài mà còn phụ thuộc vào góc mở, do đó nó không phụ thuộc hoàn toàn vào bước sóng hay chính là tần số, nghĩa là nó có thể cộng hưởng ở nhiều tần số khác nhau với giá trị về chiều dài và góc mở phù hợp. Lưỡng cực điện 1-1 hình thất nơ có chiều rộng W_b , chiều dài L_b và góc θ tương ứng của hình thất nơ. Tại tần số và trở kháng hoạt động của lưỡng cực điện 1-1 dựa trên hai tham số chính là góc θ và chiều dài L_b và được xác định bởi công thức thực nghiệm do tác giả tự sáng tạo ra như sau:

$$L_b = \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda_0}{2} - D_f \right) \quad (1)$$

Trong đó λ_0 là chiều dài bước sóng tương ứng tại tần số hoạt động f_r và c là vận tốc lan truyền sóng điện từ trong không khí.

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

Kích thước của lưỡng cực từ hb tại tần số hoạt động f_r tương ứng được xác định bởi công thức sau:

$$hb = \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda_0}{4} - D_f \right) \quad (3)$$

Trong đó:

hb là chiều cao của lưỡng cực từ,

f_r là tần số cộng hưởng của ăngten,

D_f là khoảng cách từ hai lỗ xuyên đoạn tiếp điện của lưỡng cực điện hình thắt nơ (Hình 3b).

Trong sáng chế này, áp dụng các công thức từ (1-3) cho tần số hoạt động từ 1600 MHz tới 28 MHz với trường hợp $D_f=18\text{mm}$ ta được:

$f_r = 1600 \text{ MHz}$ có: $W_b = 34 \text{ mm}$, $L_b=44 \text{ mm}$ và $R=50 \text{ mm}$

$f_r = 2800 \text{ MHz}$ có $W'_b = 38 \text{ mm}$, $L'_b = 28 \text{ mm}$ với $R'=20 \text{ mm}$

Trong khi đó, lưỡng cực từ 1-2 bao gồm hai bức tường kim loại dựng thẳng đứng kết hợp với phần kim loại phía dưới kết hợp với điện trường sinh ra giữa hai tấm kim loại thẳng đứng 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. Các thông số này cần phải lựa chọn sao cho với tần số cộng hưởng trùng với tần số cộng hưởng của ăngten lưỡng cực điện-từ hình 2a dạng hình thắt nơ và được xác định theo công thức (3) với giá trị $hb = 45 \text{ mm}$.

Phần tiếp điện 2 bao gồm hai đoạn tiếp điện 2-1, 2-2 sử dụng cấu trúc cấp nguồn dạng bước nhảy hình chữ L được trình bày trong Hình 3a cho phép thay đổi băng thông trở kháng từ 25,5% tới 114%. Trong đó, mỗi đoạn tiếp điện bao gồm một đường truyền tín hiệu dạng bước nhảy hình chữ L (tương đương với thành phần L_f trong mạch tương đương) đặt song song và cách cánh tay của cặp ăngten lưỡng cực điện-từ một đoạn g , có vai trò phối hợp trở kháng với trở kháng vào của phần bức xạ, một đoạn ghép tín hiệu có bề gấp để tăng khoảng cách giữa hai đoạn tiếp điện nhằm tăng hệ số cách ly giữa hai ăngten và được mô hình hóa bởi thành phần thành phần C_f trong mạch tương đương, đoạn hở mạch kết hợp với thành kim loại thẳng đứng của cặp lưỡng cực điện-từ hoạt động như một đoạn mạch hở mạch để bù lại điện cảm do phần tiếp điện đưa vào. Mạch điện tương đương của phần tiếp điện 2 được chi tiết trong Hình 4, nối tiếp với lưỡng cực điện 1-1 được mô hình hóa tương đương với điện trở R_d mắc nối tiếp với cuộn cảm L_d và tụ C_d , trong khi đó lưỡng cực từ 1-2 tương đương với điện trở R_m , cuộn cảm L_m và tụ C_m mắc song song nhau. Từ mạch điện tương đương của đoạn tiếp điện ở Hình 4, tổng dẫn của mạch nhìn từ cổng đầu vào là phía mạch cấp nguồn của cấu trúc ăngten lưỡng cực điện hình thắt nơ kép ở Hình 4 được tính toán theo công thức sau:

$$\begin{aligned}
Y_{in} &\approx \left[\frac{1}{R_d + j \left(\omega L_d - \frac{1}{\omega C_d} \right)} \right] + \left[\frac{1}{R_m} + j \left(\omega C_m - \frac{1}{\omega L_m} \right) \right] \\
&\approx \left[\frac{1}{R_d} - j \left(\omega L_d - \frac{1}{\omega C_d} \right) \frac{1}{R_d^2} \right] \\
&\quad + \left[\frac{1}{R_m} + j \left(\omega C_m - \frac{1}{\omega L_m} \right) \right] \\
&= \left[\frac{1}{R_d} + \frac{1}{R_m} \right] - j \left[\left(\omega L_d - \frac{1}{\omega C_d} \right) \frac{1}{R_d^2} - \left(\omega C_m - \frac{1}{\omega L_m} \right) \right]
\end{aligned} \tag{4}$$

Trong đó:

Y_{in} là tổng dẫn của mạch nhìn từ cổng đầu vào là phía mạch cấp nguồn, với tổng dẫn được tính theo công thức $Y_{in}=1/Z_{in}$, Trong đó Z_{in} là tổng trở phức được tính theo định luật Ôm.

L_f, C_f là thành phần điện cảm và điện dung của đoạn tiếp điện,

R_d, L_d, C_d là thành phần điện trở, điện cảm và điện dung của lưỡng cực điện,

R_m, L_m, C_m là thành phần điện trở, điện cảm và điện dung của lưỡng cực từ.

Từ công thức (4), chúng ta có thể thấy rằng phần ảo $\text{Im}(Y_{in}) = 0$ nếu $L_d C_d = L_m C_m$ và $R_d^2 = C_d / L_m$. Do đó, lưỡng cực điện và lưỡng cực từ thu được cộng hưởng ở cùng tần số. Sự chồng chất của các tần số cộng hưởng làm cho băng thông trở lên rộng hơn. Điều này chứng tỏ lưỡng cực điện-từ có băng thông rộng.

Tấm phản xạ 4 để gá ăngten lên làm từ các tấm thép không gỉ. Các ăngten được đặt cách nhau một khoảng xác định, tương đương $0,5\lambda$ tại tần số trung tâm. Tấm phản xạ cũng đóng vai trò giúp giảm tỷ số búp sóng đuôi và tăng độ tăng ích của ăngten, góp phần điều chỉnh độ rộng của búp sóng chính. Tấm phản xạ 4 cũng có thể được đục các lỗ gắn vít và các đầu của cáp nối để dẫn tín hiệu tới các ăngten.

Vỏ 3 của ăngten bảo vệ ăngten khỏi các ảnh hưởng của môi trường trong suốt dòng đời anten như: mưa, nắng, bụi, độ ẩm, ... mà không làm ảnh hưởng tới các đặc tính của ăngten sử dụng nhựa có gia cường sợi thủy tinh hoặc UPVC.

Với cấu tạo như trên, nguyên lý hoạt động của ăngten dạng thắt nơ kép hai hướng phân cực băng thông rộng cho trạm thu phát sóng vô tuyến 3G/4G/5G là việc sử dụng kết hợp một ăngten lưỡng cực điện với một ăngten lưỡng cực từ (Hình 2a) có chiều dài xấp xỉ nửa bước sóng. Theo Hình 2b, khi có nguồn kích thích truyền tới lưỡng cực điện-từ đồng thời (tương ứng với mật độ dòng điện J và mật độ dòng từ M). Lưỡng cực điện hình thắt nơ kép có đồ thị bức hình dạng số tám và hình dạng chữ O lần lượt trong các mặt phẳng E và H của ăngten được mô tả trong Hình 2b. Trong khi đó, lưỡng cực từ cho dạng bức xạ hình dạng chữ O và hình dạng số tám trong các mặt phẳng E và H tương ứng của nó. Do đó, cấu trúc một ăngten lưỡng cực điện-từ cho đồ thị bức xạ là kết hợp của hình

dạng chữ O và hình dạng số tám cho kết quả hình trái tim với búp sóng ngược về phía sau bị triệt tiêu đáng kể (kết quả tổng hợp bức xạ được mô tả trong Hình 2b). Tần số hoạt động của ăngten được xác định bởi: chiều dài của lưỡng cực từ tương đương với chiều cao của chân từ hb và khoảng cách khe D_f ; chiều dài của lưỡng cực điện tương đương với chiều dài L_b , chiều rộng W_b và góc θ của hình thắt nơ. Ăngten trong sáng chế đạt được băng thông rất rộng nhờ lựa chọn kích thước của lưỡng cực điện và lưỡng cực từ phù hợp. Bên cạnh đó, ăngten được phối hợp trở kháng với cổng cấp nguồn 50 Ôm thông qua: chiều rộng và chiều dài phù hợp của đoạn phối hợp trở kháng dạng bước nhảy trên đoạn tiếp điện wb_{23} , hb_{23} và wb_{13} , hb_{13} và khoảng cách giữa nó với cánh tay của cặp lưỡng cực từ g ; và đoạn hình chữ L (hb_{21}). Sự cách ly giữa hai cổng được tăng cường khi đoạn ghép tín hiệu đặt vuông góc nhau và ở cách xa nhau, tỷ lệ thuận với chiều cao giữa hai đoạn ghép tín hiệu cho hai ăngten lưỡng cực điện-từ 2-1a và 2-2a trong Hình 1b. Trong sáng chế này, để tăng khoảng cách giữa hai đoạn ghép tín hiệu của hai đoạn tiếp điện, chúng tôi đã bẻ gấp đoạn $h=4,2$ mm trên tiếp điện 1 như trong Hình 3.

Phần tiếp điện 2 của ăngten có dạng bước nhảy hình chữ L bẻ gấp ở phần ghép tín hiệu được đột dập nên giá thành sản xuất hàng loạt rẻ do chỉ mất một chi phí làm khuôn cho ăngten lưỡng cực điện-từ hình thắt nơ. Phần tiếp điện 2 dạng bước nhảy bao gồm hai đoạn tiếp điện 2-1, 2-2, mỗi đoạn bao gồm một đường truyền tín hiệu 2-1b, 2-2b (Hình 1b) dạng bước nhảy hình chữ L, một đường ghép tín hiệu 2-1a, 2-2a trên Hình 1b, một đoạn hờ mạch 2-1c, 2-2c. Đường truyền tín hiệu 2-1b, 2-2b dạng bước nhảy hình chữ L đặt song song và cách cánh tay của cặp ăngten lưỡng cực điện-từ một đoạn g , có vai trò phối hợp trở kháng với trở kháng vào của phần bức xạ, đường truyền tín hiệu 2-1b, 2-2b hoạt động như một đường vi mạch với chất nền không khí có trở kháng đặc trưng 50 Ôm, có nhiệm vụ truyền tín hiệu điện từ cấp đồng trục tới đường ghép tín hiệu 2-1a 2-2a của đoạn tiếp điện giúp ghép nối năng lượng điện với cặp lưỡng cực điện-từ. Bên cạnh đó, hai đoạn tiếp điện 2-1 2-2 dạng bước nhảy có chiều cao khác nhau và phần ghép tín hiệu 2-1a, 2-2a được bẻ gấp để giảm ảnh hưởng tương hỗ giữa hai ăngten dưới -30 dB trong toàn bộ dải tần từ 1600 MHz đến 2800 MHz. Cuối cùng, đoạn hờ mạch 2-1c, 2-2c của đoạn tiếp điện kết hợp với thành kim loại thẳng đứng của cặp lưỡng cực điện-từ hoạt động như một đoạn mạch hờ mạch để bù lại điện cảm do phần tiếp điện đưa vào. Khoảng cách giữa phần tiếp điện 2 với cặp lưỡng cực điện-từ (phần bức xạ) được biểu diễn bằng khe g tương đương với đường truyền tín hiệu với lớp điện môi là không khí. Chiều rộng và chiều dài của đoạn bước nhảy trên đoạn tiếp điện thứ nhất 2-1 và đoạn tiếp điện thứ hai 2-2 lần lượt là wb_{23} , hb_{23} và wb_{13} , hb_{13} , theo đó thì chiều rộng wb_{23} và wb_{13} tỷ lệ nghịch với trở kháng của đường truyền vi dải có bề dày đường truyền là 1mm và chất điện môi không khí dày $g=1$ mm. Trở kháng của đường truyền càng giảm khi chiều rộng wb_{23} và wb_{13} càng tăng, và ngược lại. Điện môi không khí thấp ($\epsilon_0=1$) đồng thời bề dày lớp không khí thấp ($g=1$ mm) làm cho suy hao tín hiệu thấp trên đường truyền và do đó làm tăng hiệu suất truyền tín hiệu tới phần tử bức xạ. Đoạn ghép tín hiệu có chiều rộng wb_{21} và wb_{22} và chiều dài hb_{21} quyết định trở kháng phối hợp với phần tử bức xạ. Vì

vậy các giá trị này cần phải được xác định để phối hợp trở kháng tốt nhất trong băng tần rộng.

Hình dáng của đoạn ghép tín hiệu ảnh hưởng lớn đến hệ số cách ly giữa hai cổng. Hệ số này được tăng cường khi đoạn ghép tín hiệu đặt vuông góc nhau và ở cách xa nhau và nó tỷ lệ thuận với chiều cao giữa hai đoạn ghép tín hiệu cho hai ăngten lưỡng cực điện-từ. Trong sáng chế này, để tăng khoảng cách giữa hai đoạn ghép tín hiệu của hai đoạn tiếp điện, chúng tôi đã bẻ gấp phần h trên đoạn tiếp điện thứ nhất 2-1 xuống phía dưới như trong Hình 3, nhờ đó, hệ số cách ly được nâng cao lớn hơn 30 dB trong toàn bộ dải tần số hoạt động của ăngten.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các tác giả đã tiến hành thiết kế thử nghiệm ăngten cho trạm thu phát góc 8T8R có băng rộng từ 1600 MHz đến 2800 MHz, có thể hoạt động trên các công nghệ 3G/4G/5G theo tiêu chuẩn quốc tế 3GPP sử dụng cấu trúc trong sáng chế. Cụ thể như sau:

Bảng 1: chỉ tiêu kỹ thuật chính của một phần tử Ăngten theo yêu cầu sau:

STT	Yêu cầu	Mô tả	Giá trị	Đơn vị
1	Dải tần số	Dải tần số cho băng tần 3G/4G theo chuẩn 3GPP	1690-2690	MHz
2	Băng thông	Yêu cầu Ăngten hỗ trợ 1000MHz	1000	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	$^{\circ}\text{C}$
5	Độ tăng ích lớn nhất (Peak Gain)	Độ tăng ích lớn nhất của 1 phần tử trên toàn bộ băng tần	$\geq 8,0$	dBi
6	Hệ số phản xạ tín hiệu	Hệ số phản xạ tín hiệu tại cổng đầu vào (Reflection coefficient)	≤ -15	dB
7	Hệ số cách ly	Hệ số cách ly giữa hai cổng trên cùng 1 phần tử	≥ 25	dB
8	Tỷ số búp sóng đuôi	Tỷ số búp sóng chính trên búp sóng đuôi.	≥ 15	dB
9	Tỷ số búp sóng phụ	Tỷ số búp sóng chính trên búp sóng lân cận	≥ 15	dB

Từ yêu cầu kỹ thuật trên nhóm tác giả đã thiết kế Ăngten lưỡng cực điện-từ hình thắt nơ kép với phân cực $\pm 45^\circ$.

Ăngten thiết kế được sử dụng bao gồm các chi tiết với các thông số cụ thể (từ Hình 3) được liệt kê trong bảng sau:

Bảng 2: Bảng tổng hợp thông số và giá trị của ăngten trong ví dụ thực hiện sáng chế

STT	Tham số	Giá trị	Đơn vị	Ghi chú
1	H_r	15,5	mm	Chiều cao tấm viền xung quanh tấm phản xạ
2	X_g	110	mm	Chiều rộng tấm phản xạ hình vuông
3	L	61	mm	Kích thước nơ to trên tấm kim loại, được đúc áp lực (Die casting aluminium) sử dụng vật liệu hợp kim nhôm sử dụng vật liệu ALDC12.1 hoặc ALSi10Mg
4	L_b	44	mm	
5	W_b	34	mm	
6	R	50	mm	
7	L'_b	28	mm	Kích thước phần nơ nhỏ đặt hai bên của nơ to đặt trên tấm kim loại, liền khối với nơ nhỏ, được đúc áp lực (Die casting aluminium) sử dụng vật liệu hợp kim nhôm sử dụng vật liệu ALDC12.1 hoặc ALSi10Mg
8	W'_b	38	mm	
9	R'	20	mm	
10	g	1	mm	Khe không khí giữa đoạn tiếp điện và cánh tay của lưỡng cực từ
11	hb	45	mm	Chiều dài cánh tay của lưỡng cực từ đồng thời là chiều cao của ăngten chân từ đặt trên tấm phản xạ. Ảnh hưởng trực tiếp đến hệ số cách ly trên hai cổng.
12	D_f	18	mm	Kích thước khe giữa hai tấm bức xạ hình thắt nơ
13	$w_{b_{23}}$	5,2	mm	Bề rộng của đoạn tiếp điện và phối hợp trở kháng cho ăngten 2
14	$w_{b_{13}}$	6	mm	Bề rộng của đoạn tiếp điện và phối hợp trở kháng cho ăngten 1
15	hb_{23}	19,7	mm	Chiều dài các đoạn mạch vi dải của mạch cấp nguồn từ cổng 2
16	hb_{13}	24	mm	Chiều dài các đoạn mạch vi dải của mạch cấp nguồn từ cổng 1
17	hb_{21}	10	mm	Đoạn chữ L trên các tiếp điện

STT	Tham số	Giá trị	Đơn vị	Ghi chú
18	wb_{21}	2,7	mm	Bề rộng đoạn ghép tín hiệu tới phần tức xạ trên đoạn tiếp điện 2
19	wb_{22}	1,5	mm	Bề rộng đoạn truyền tín hiệu trên đoạn tiếp điện 2
20	wb_{11}	4,7	mm	Bề rộng đoạn ghép tín hiệu trên đoạn tiếp điện 1 được đặt song song với đoạn ghép tín hiệu tới phần tức xạ trên đoạn tiếp điện 2. Ảnh hưởng trực tiếp đến hệ số cách ly trên hai cổng.
21	h	4	mm	Đoạn bề gập đoạn trên tiếp điện 1 được đặt song song với đoạn ghép tín hiệu tới phần tức xạ trên đoạn tiếp điện 2. Ảnh hưởng trực tiếp đến hệ số cách ly trên hai cổng.

Kết quả thực hiện ví dụ sáng chế được thể hiện qua bảng 3, 4 và Hình 5, 6

Bảng 3: bảng tổng hợp các đặc tính bức xạ của ăngten sáng chế ở một số điểm tần số

Tần số [GHz]	Cổng P 1			Cổng P2		
	Độ tăng ích cực đại (dBi)	Độ rộng búp sóng (độ)	Độ nghiêng búp sóng chính	Độ tăng ích cực đại (dBi)	Độ rộng búp sóng (độ)	Độ nghiêng búp sóng chính
1,7	8,07	73,6	0	8,06	73,9	0
1,8	8,27	72,2	1	8,22	72,5	0
2,1	8,66	67,9	2	8,62	68,2	2
2,3	8,99	65,1	3	8,98	65,1	3
2,6	9,47	60,2	3	9,4	59,5	3

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

STT	Kết quả	Mô tả	Giá trị	Đơn vị
1	Dải tần số	Dải tần số cho băng tần 3G/4G theo chuẩn 3GPP	1600-2800	MHz
2	Băng thông	Yêu cầu Ăngten hỗ trợ 1000MHz	1200	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	$^{\circ}\text{C}$
5	Độ tăng ích lớn nhất (Peak Gain)	Độ tăng ích lớn nhất của 1 phần tử trên toàn bộ băng tần	$\geq 8,0$	dBi
6	Hệ số phản xạ tín hiệu	Hệ số phản xạ tín hiệu tại cổng đầu vào (Reflection coefficient)	≤ -15	dB
7	Hệ số cách ly	Hệ số cách ly giữa hai cổng trên cùng 1 phần tử	≥ 30	dB
8	Tỷ số búp sóng đuôi	Tỷ số búp sóng chính trên búp sóng đuôi.	≥ 15	dB
9	Tỷ số búp sóng phụ	Tỷ số búp sóng chính trên búp sóng lân cận	≥ 15	dB

Yêu cầu bảo hộ

1. Ăngten dạng thất nơ hai hướng phân cực băng thông rộng cho trạm thu phát sóng vô tuyến 3G/4G/5G, gồm các thành phần sau:

phần bức xạ của ăngten là hai ăngten lưỡng cực điện từ có hình dạng thất nơ kép (hai tầng nơ ghép vào nhau) được đặt vuông góc với nhau để tạo ra cấu trúc phân cực kép $\pm 45^\circ$ và được cấp nguồn bằng hai đoạn tiếp điện của phần tiếp điện dạng bước nhảy bé gấp để đạt được băng thông rộng; một ăngten lưỡng cực điện-từ hoạt động bằng cách kích hoạt đồng thời thành phần lưỡng cực điện và thành phần lưỡng cực từ để cung cấp các mặt phẳng E (mặt phẳng điện trường) và H (mặt phẳng từ trường) giống hệt nhau của các mẫu bức xạ; trong đó:

cấu trúc dạng thất nơ kép (hai tầng nơ ghép vào nhau) cho phép ăngten hoạt động được ở một dải tần số rộng từ đó tạo ra băng thông rộng và cũng là điểm mới trong sáng chế này; lý do là cấu trúc thất nơ kép không chỉ phụ thuộc vào chiều dài mà còn phụ thuộc vào góc mở, do đó nó không phụ thuộc hoàn toàn vào bước sóng hay chính là tần số, nghĩa là nó có thể cộng hưởng ở nhiều tần số khác nhau với giá trị về chiều dài và góc mở phù hợp; lưỡng cực điện hình thất nơ có chiều rộng W_b , chiều dài L_b và góc θ tương ứng của hình thất nơ; tại tần số và trở kháng hoạt động của lưỡng cực điện dựa trên hai tham số chính là góc θ và chiều dài L_b và được xác định bởi công thức thực nghiệm sau:

$$L_b = \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda_0}{2} - D_f \right)$$

trong đó λ_0 là chiều dài bước sóng tương ứng tại tần số hoạt động f_r và c là vận tốc lan truyền sóng điện từ trong không khí, trong đó:

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_r}$$

kích thước của lưỡng cực từ hb tại tần số hoạt động f_r tương ứng được xác định bởi công thức sau:

$$hb = \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda_0}{4} - D_f \right)$$

trong đó:

hb là chiều cao của lưỡng cực từ,

f_r là tần số cộng hưởng của ăngten,

D_f là khoảng cách từ hai lỗ xuyên đoạn tiếp điện của lưỡng cực điện hình thất nơ,

trong khi đó, lưỡng cực từ bao gồm hai bức tường kim loại dựng thẳng đứng kết hợp với phần kim loại phía dưới kết hợp với điện trường sinh ra giữa hai tấm kim loại thẳng đứng 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; các thông số này cần phải lựa chọn sao cho với tần số cộng hưởng trùng với tần số cộng hưởng của ăngten lưỡng cực điện từ hình 2a dạng hình thắt nơ và được xác định theo công thức thứ ba ở trên với giá trị $hb = 45 \text{ mm}$;

phần tiếp điện bao gồm hai đoạn tiếp điện sử dụng cấu trúc cấp nguồn dạng bước nhảy hình chữ L cho phép thay đổi băng thông trở kháng từ 25,5% tới 114%; trong đó, mỗi đoạn tiếp điện bao gồm một đường truyền tín hiệu dạng bước nhảy hình chữ L (tương đương với thành phần L_f trong mạch tương đương) đặt song song và cách cánh tay của cặp ăngten lưỡng cực điện-từ một đoạn g , có vai trò phối hợp trở kháng với trở kháng vào của phần bức xạ, một đoạn ghép tín hiệu có bề gập để tăng khoảng cách giữa hai đoạn tiếp điện nhằm tăng hệ số cách ly giữa hai ăngten và được mô hình hóa bởi thành phần thành phần C_f trong mạch tương đương, đoạn hở mạch kết hợp với thành kim loại thẳng đứng của cặp lưỡng cực điện-từ hoạt động như một đoạn mạch hở mạch để bù lại điện cảm do phần tiếp điện đưa vào; trong đó:

mạch điện tương đương của phần tiếp điện nối tiếp với lưỡng cực điện 1-1 được mô hình hóa tương đương với điện trở R_d mắc nối tiếp với cuộn cảm L_d và tụ C_d , trong khi đó lưỡng cực từ tương đương với điện trở R_m , cuộn cảm L_m và tụ C_m mắc song song nhau; từ mạch điện tương đương của đoạn tiếp điện, tổng dẫn của mạch nhìn từ cổng đầu vào là phía mạch cấp nguồn của cấu trúc ăngten lưỡng cực điện hình thắt nơ kép được tính toán theo công thức sau:

$$\begin{aligned} Y_{in} &\approx \left[\frac{1}{R_d + j \left(\omega L_d - \frac{1}{\omega C_d} \right)} \right] + \left[\frac{1}{R_m} + j \left(\omega C_m - \frac{1}{\omega L_m} \right) \right] \\ &\approx \left[\frac{1}{R_d} - j \left(\omega L_d - \frac{1}{\omega C_d} \right) \frac{1}{R_d^2} \right] \\ &\quad + \left[\frac{1}{R_m} + j \left(\omega C_m - \frac{1}{\omega L_m} \right) \right] \\ &= \left[\frac{1}{R_d} + \frac{1}{R_m} \right] \\ &\quad - j \left[\left(\omega L_d - \frac{1}{\omega C_d} \right) \frac{1}{R_d^2} - \left(\omega C_m - \frac{1}{\omega L_m} \right) \right] \end{aligned}$$

trong đó:

Y_{in} là tổng dẫn của mạch nhìn từ cổng đầu vào là phía mạch cấp nguồn, với tổng dẫn được tính theo công thức $Y_{in}=1/Z_{in}$, Trong đó Z_{in} là tổng trở phức được tính theo định luật Ôm;

L_f, C_f là thành phần điện cảm và điện dung của đoạn tiếp điện,

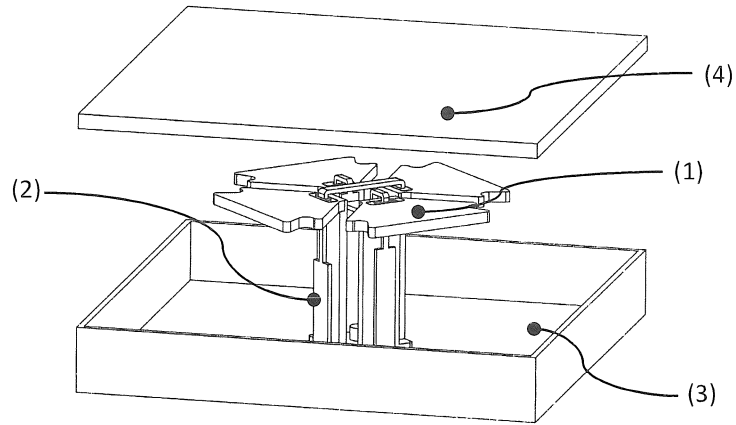
R_d, L_d, C_d là thành phần điện trở, điện cảm và điện dung của lưỡng cực điện,

R_m, L_m, C_m là thành phần điện trở, điện cảm và điện dung của lưỡng cực từ;

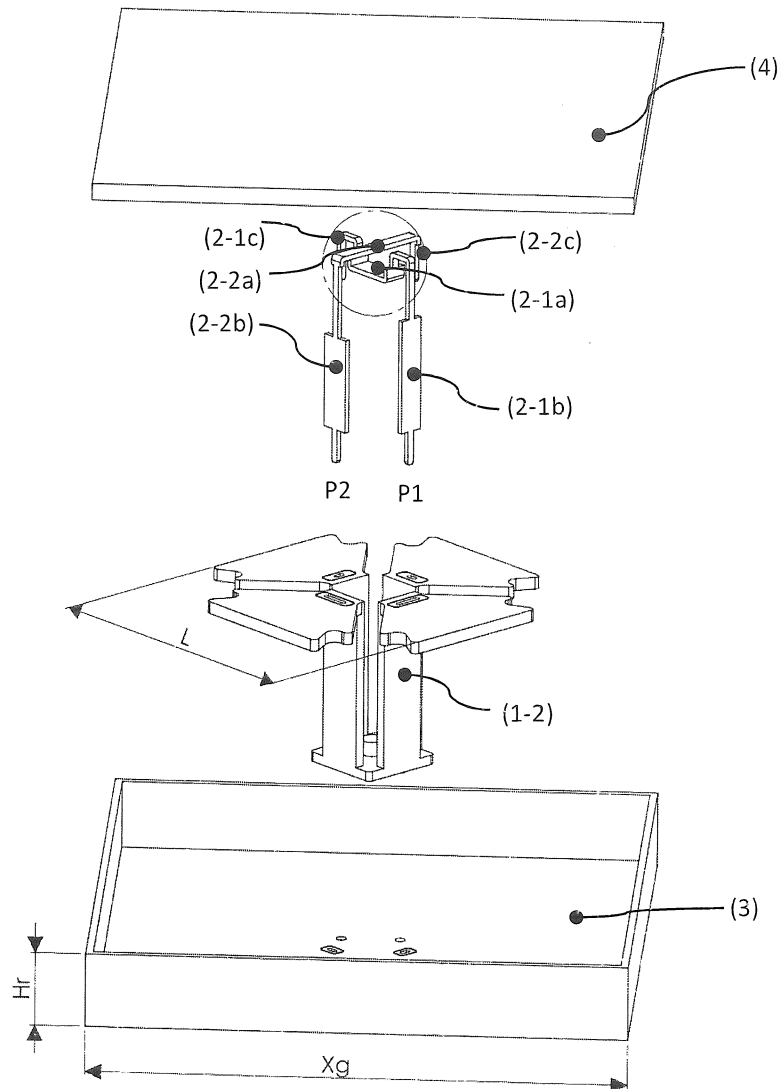
từ công thức trên, chúng ta có thể thấy rằng phần ảo $\text{Im}(Y_{in}) = 0$ nếu $L_d C_d = L_m C_m$ và $R_d^2 = C_d / L_m$; do đó, lưỡng cực điện và lưỡng cực từ thu được cộng hưởng ở cùng tần số; sự chồng chất của các tần số cộng hưởng làm cho băng thông trở lên rộng hơn; điều này chứng tỏ lưỡng cực điện-từ có băng thông rộng;

tấm phản xạ để gá ăngten lên làm từ các tấm thép không gỉ; các ăngten được đặt cách nhau một khoảng xác định, tương đương $0,5\lambda$ tại tần số trung tâm; tấm phản xạ cũng đóng vai trò giúp giảm tỷ số búp sóng đuôi và tăng độ tăng ích của ăngten, góp phần điều chỉnh độ rộng của búp sóng chính; tấm phản xạ cũng có thể được đục các lỗ gắn vít và các đầu của cáp nối để dẫn tín hiệu tới các ăngten;

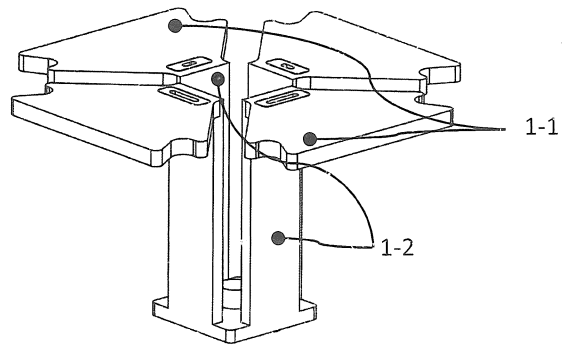
vỏ của ăngten bảo vệ ăngten khỏi các ảnh hưởng của môi trường trong suốt dòng đời anten như: mưa, nắng, bụi, độ ẩm, ... mà không làm ảnh hưởng tới các đặc tính của ăngten sử dụng nhựa có gia cường sợi thủy tinh hoặc UPVC.



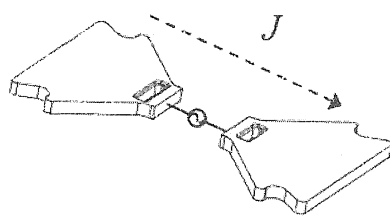
Hình 1a



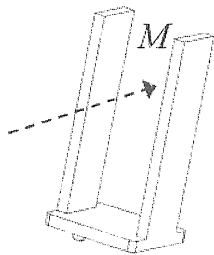
Hình 1b



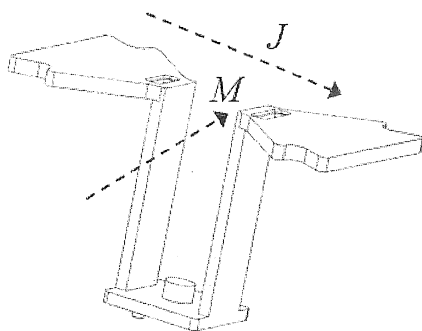
Hình 2a



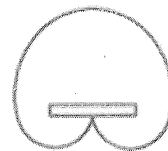
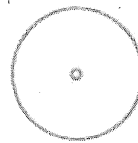
Lưỡng cực điện



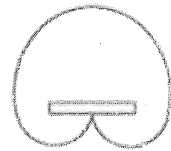
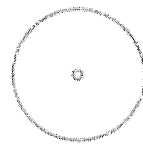
Lưỡng cực từ



Lưỡng cực điện từ

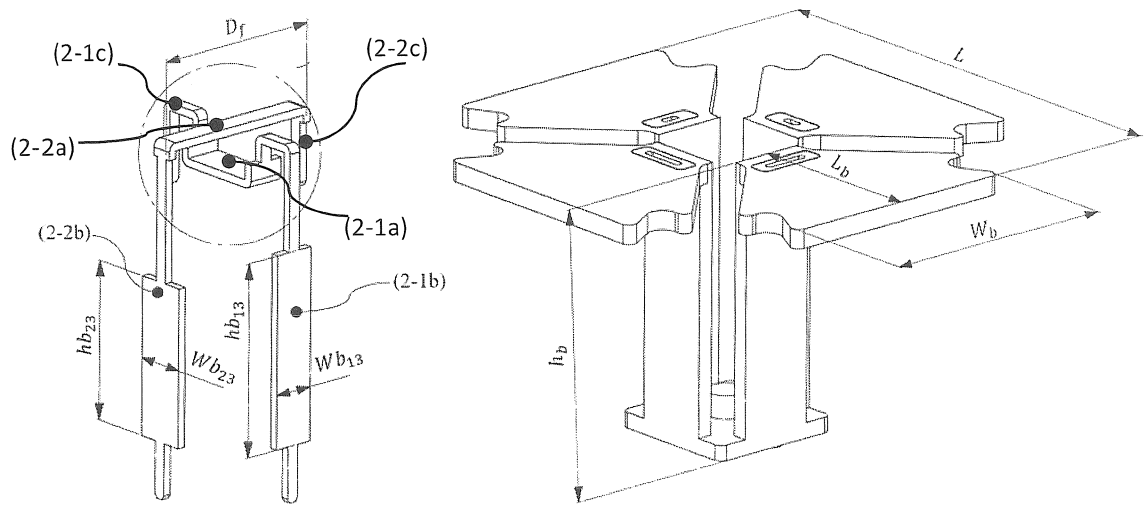


Mặt phẳng E

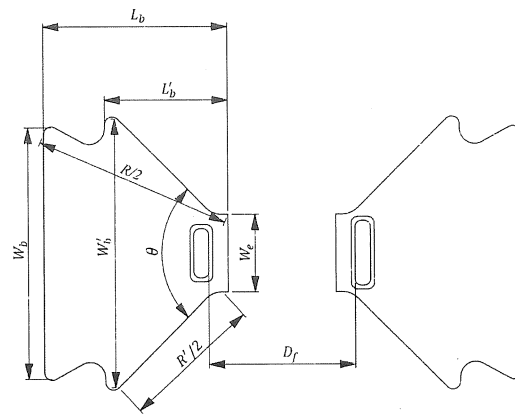


Mặt phẳng H

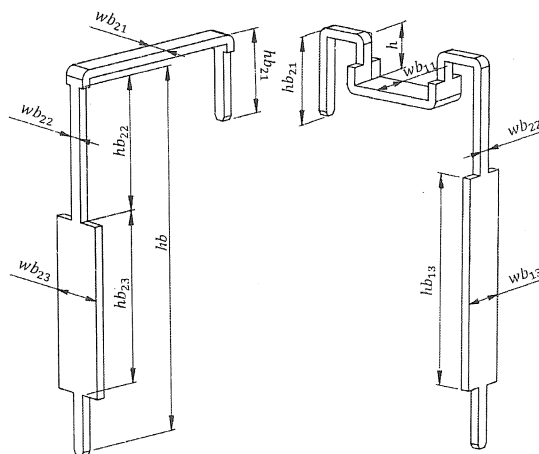
Hình 2b



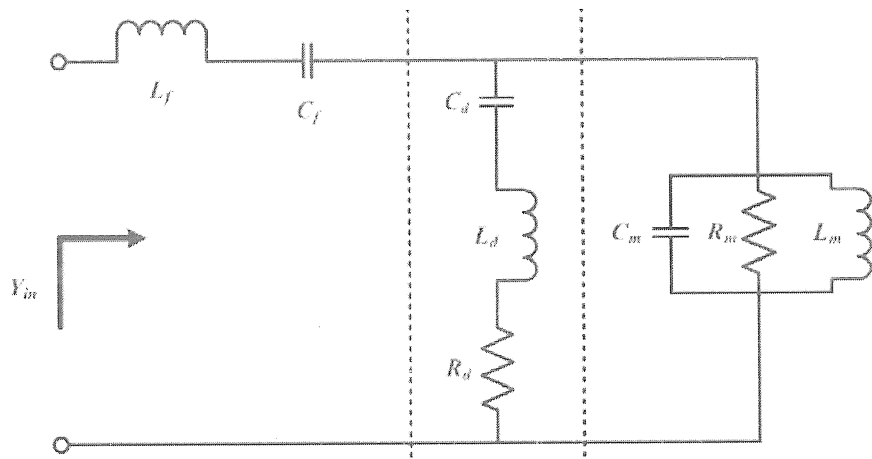
Hình 3a



Hình 3b

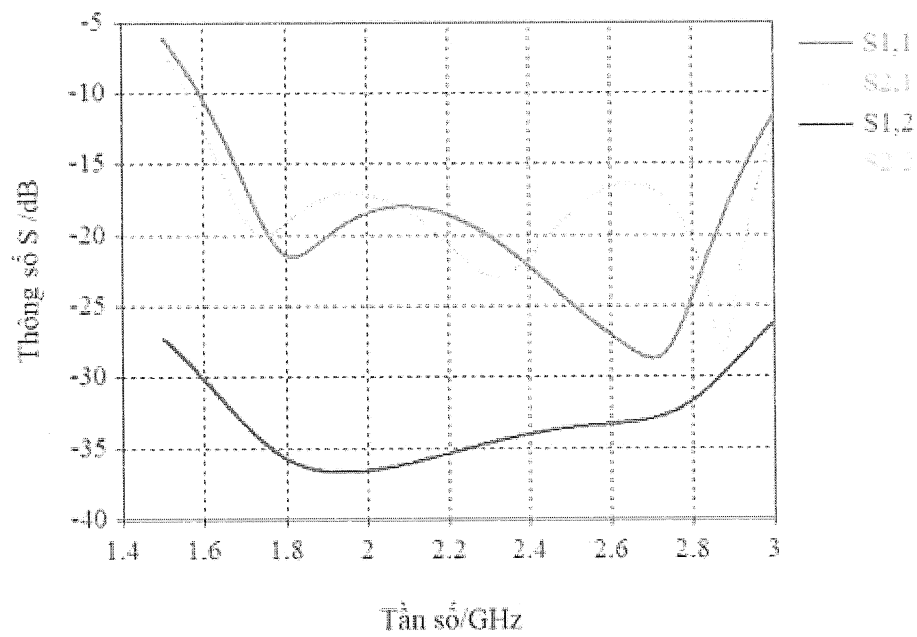


Hình 3c

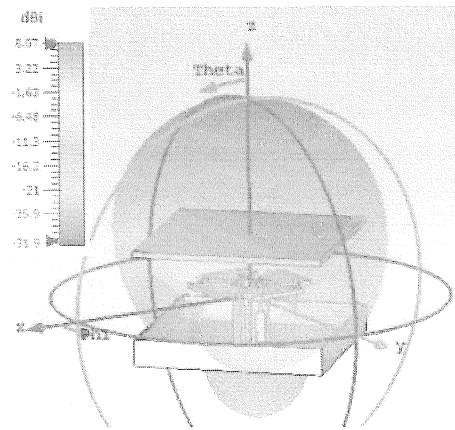
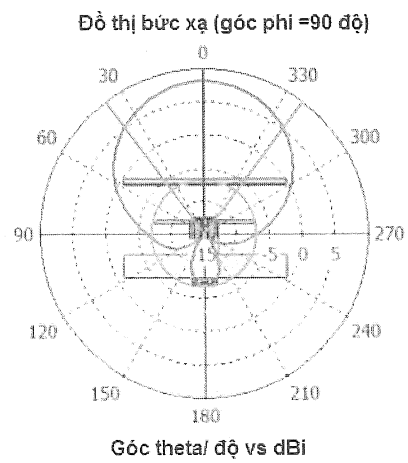


Mạch tiếp điện dạng bước nhảy hình chữ L bề gập ở phần ghép tín hiệu Lưỡng cực điện

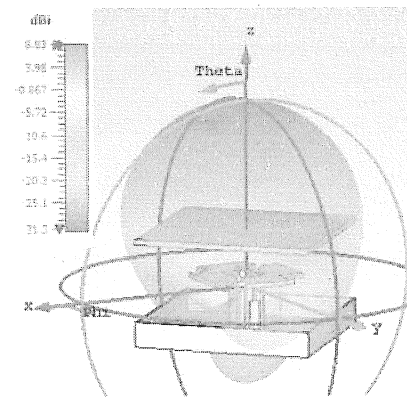
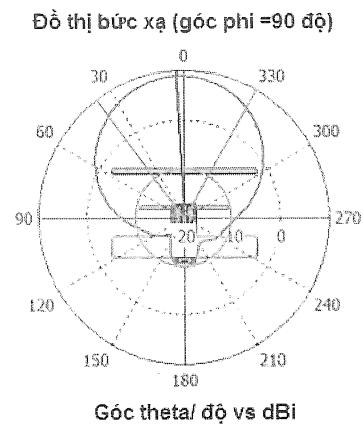
Hình 4



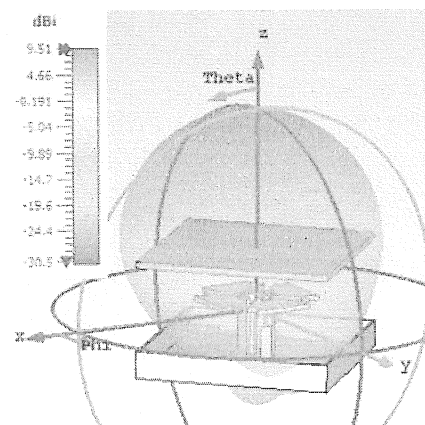
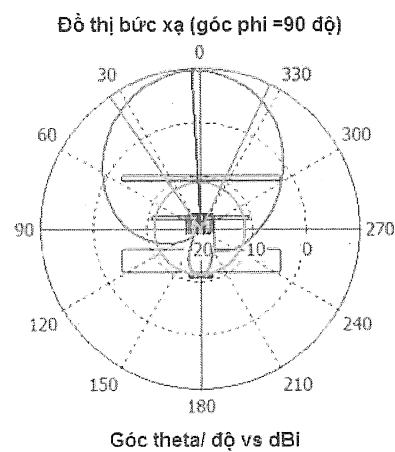
Hình 5



(6a)

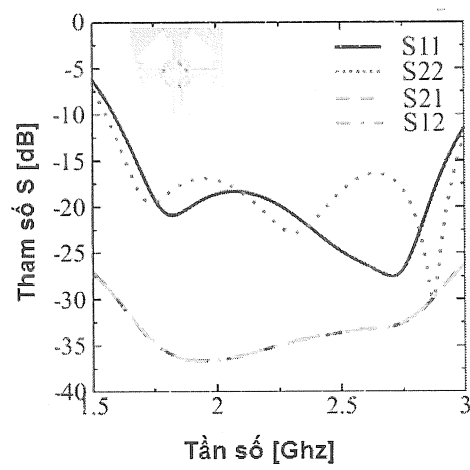


(6b)

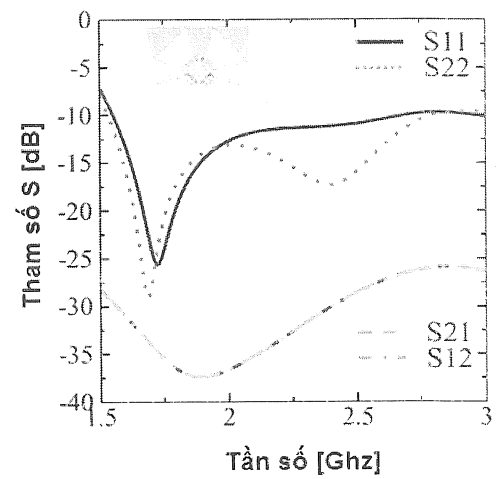


(6c)

Hình 6



(7a)



(7b)

Hình 7