

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các anten phản xạ. Cụ thể là, sáng chế đề cập tới anten phản xạ siêu bề mặt tạo cấu hình lại được tinh thể lỏng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các mạng không dây thế hệ tiếp theo có khả năng cao phụ thuộc vào tần số cao hơn, các sóng radio có độ dài bước sóng thấp hơn, bao gồm ví dụ sử dụng các kỹ thuật sóng mm nằm trong băng tần 24 -100 GHz. Tại các tần số này, góc mở lớn hơn và nhiều anten có hướng hơn có khả năng cao được sử dụng để bù các tổn thất lan truyền cao hơn. Các kỹ thuật chung cho các anten sóng mm, có góc mở lớn có dạng thấu kính và các anten phản xạ. Các anten phản xạ đã được sử dụng cho các ứng dụng truyền thông trong nhiều năm. Có các loại khác nhau của các anten phản xạ, bao gồm các bộ phản xạ hội tụ cơ bản, các bộ phản xạ hội tụ lệch, các anten phản xạ kép, v.v.. Tất cả các bộ phản xạ này sử dụng một số dạng của bộ phản xạ kim loại cong và/hoặc các bộ phản xạ phụ để tạo ra cấu trúc chuẩn trực chùm RF, chẳng hạn như các bộ phản xạ parabol được sử dụng phổ biến nhất và các bộ phản xạ kép Cassegrain. Các anten phản xạ này có tính đơn giản, chi phí thấp và hiệu suất anten cao. Tuy nhiên, do sử dụng bộ phản xạ có dạng cong, các anten này có xu hướng là có kích thước lớn và có thể tạo ra một cách đặc trưng chỉ chùm cố định với một phễu hội tụ.

Do đó, anten phản xạ tạo cấu hình lại được, có hiệu quả không gian thích hợp cho các ứng dụng độ dài bước sóng nhỏ được yêu cầu.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Bản mô tả sáng chế mô tả các phương án ví dụ của anten phản xạ phẳng lái chùm được mà sử dụng bộ phản xạ siêu bề mặt được phủ tinh thể lỏng. Các phương án được mô tả ở đây có thể, ví dụ, ứng dụng được cho sự thực hiện các loại anten phản xạ, bao gồm các bộ phản xạ hội tụ cơ bản, các bộ phản xạ

hội tụ lệch, và các anten phản xạ hội tụ kép. Thay vì sử dụng bề mặt kim loại cong như trong các anten phản xạ thông thường, các phương án được mô tả ở đây sử dụng siêu bề mặt dạng phẳng điều hướng được kiểu điện tử làm bộ phản xạ chính, mà pha phản xạ của nó có thể được tạo cấu hình lại kiểu điện tử để cho phép tạo chùm và lái chùm hiệu quả. Cấu hình này có thể, trong một số sự ứng dụng, cho phép anten thu gọn có hiệu quả về chi phí và hiệu quả về không gian mà được làm thích ứng khi ứng dụng độ dài sóng nhỏ, tần số cao và có thể được tạo cấu hình lại động.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất anten phản xạ mà bao gồm phễu hội tụ dùng để tạo tín hiệu tần số radio (RF), và bộ phản xạ siêu bề mặt dùng để phản xạ tín hiệu RF bắt nguồn từ phễu hội tụ. Bộ phản xạ siêu bề mặt bao gồm mảng của các ô mà mỗi ô có khối tinh thể lỏng có trị số điện môi điều khiển được cho phép pha phản xạ của các ô được điều hướng có chọn lọc để lái chùm hiệu quả tín hiệu RF được phản xạ.

Một cách tùy chọn, trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên, anten là bộ phản xạ hội tụ cơ bản có phễu hội tụ tạo ra tín hiệu RF về phía bộ phản xạ siêu bề mặt.

Một cách tùy chọn, trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên, phễu hội tụ thẳng hàng với hoặc lệch khỏi tâm của bộ phản xạ siêu bề mặt.

Một cách tùy chọn, trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên, anten là anten phản xạ kép có phễu hội tụ tạo ra tín hiệu RF về phía bộ phản xạ phụ mà phản xạ tín hiệu RF về phía bộ phản xạ siêu bề mặt.

Một cách tùy chọn, trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên, bộ phản xạ siêu bề mặt bao gồm các nền hai mặt thứ nhất và thứ hai xác định vùng trung gian giữa chúng chứa tinh thể lỏng trong pha nematic. Nền thứ nhất có mảng vi dải dạng tấm thứ nhất được tạo ra trên một phía của nó mà đối diện nền thứ hai, mảng vi dải dạng tấm thứ nhất bao gồm mảng hai chiều của các tấm vi dải mà mỗi tấm được kết nối về điện với điện thế chung. Nền thứ hai có mảng vi dải dạng tấm thứ hai được tạo ra trên một phía của nó mà đối diện nền thứ nhất,

mảng vi dải dạng tấm thứ hai bao gồm mảng hai chiều của các tấm vi dải mỗi có đầu cực dẫn điện tương ứng. Mảng vi dải dạng tấm thứ nhất và mảng vi dải dạng tấm thứ hai được căn chỉnh để tạo ra mảng của các ô, mỗi ô bao gồm tấm vi dải của mảng vi dải dạng tấm thứ nhất được bố trí cách quãng đối diện với tấm vi dải của mảng vi dải dạng tấm thứ hai với khối tinh thể lỏng được bố trí ở giữa. Đầu cực dẫn điện tới tấm vi dải của mảng vi dải dạng tấm thứ hai cho phép điện áp điều khiển được đặt lên ô để điều khiển trị số điện môi của khối tinh thể lỏng, nhờ đó cho phép pha phản xạ của ô được điều hướng có chọn lọc.

Một cách tùy chọn, trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên, bộ phản xạ siêu bề mặt bao gồm lưới dây dẫn được tạo thành mạng trên nền thứ nhất, mỗi tấm vi dải của mảng vi dải dạng tấm thứ nhất được kết nối về điện với điểm tương ứng của lưới dây dẫn được tạo thành mạng để cung cấp điện thế chung.

Một cách tùy chọn, trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên, lưới dây dẫn được tạo thành mạng được tạo ra trên một phía của nền thứ nhất mà đối diện phía mà trên đó mảng vi dải dạng tấm thứ nhất được tạo ra, mỗi tấm vi dải của mảng vi dải dạng tấm thứ nhất được kết nối về điện với lưới dây dẫn được tạo thành mạng bởi lỗ thông được mạ tương ứng mà xuyên qua nền thứ nhất.

Một cách tùy chọn, trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên, các nền hai mặt thứ nhất và thứ hai được tạo ra từ các bảng mạch in phẳng.

Một cách tùy chọn, trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên, mỗi độ dày trong số độ dày của nền thứ nhất và độ dày của vùng trung gian chứa tinh thể lỏng nhỏ hơn $1/20$ của độ dài sóng hoạt động nhỏ nhất mong muốn của sóng tới.

Một cách tùy chọn, trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên, tính chu kỳ của các ô nhỏ hơn $1/4$ của độ dài sóng hoạt động nhỏ nhất mong muốn của sóng tới.

Một cách tùy chọn, trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên, anten phản xạ còn bao gồm bộ điều khiển được kết nối hoạt động được với bộ phản xạ siêu bề mặt để điều hướng có chọn lọc pha phản xạ của các ô.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp lái chùm mà bao gồm các bước: tạo ra tín hiệu RF tại phễu hội tụ đối với sự áp dụng cho bộ phản xạ siêu bề mặt bao gồm mảng hai chiều của các ô mà mỗi ô bao gồm khối tinh thể lỏng; phản xạ tín hiệu ngắt RF được áp dụng của bộ phản xạ siêu bề mặt; và điều chỉnh các điện áp tới các đầu cực điều khiển kết hợp với nhiều ô trong số các ô của siêu bề mặt để điều chỉnh pha của tín hiệu RF được phản xạ bằng cách điều chỉnh sự định hướng của các phân tử của tinh thể lỏng trong mỗi ô.

Một cách tùy chọn, trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên, phễu hội tụ tạo tín hiệu RF về phía bộ phản xạ siêu bề mặt.

Một cách tùy chọn, trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên, phễu hội tụ tạo tín hiệu RF về phía bộ phản xạ phụ mà hướng tín hiệu RF về phía bộ phản xạ siêu bề mặt.

Theo khía cạnh ví dụ khác, anten phản xạ mà bao gồm bộ phản xạ siêu bề mặt tạo cấu hình lại được dùng để phản xạ các tín hiệu RF, bộ phản xạ siêu bề mặt bao gồm mảng của các ô mà mỗi ô có pha phản xạ điều hướng được. Anten cũng bao gồm bộ điều khiển được tạo cấu hình để áp dụng các tín hiệu điều khiển tới mảng của các ô để điều hướng pha phản xạ của các ô để lái chùm có chọn lọc các tín hiệu RF được phản xạ từ bộ phản xạ siêu bề mặt, và cấu trúc phễu hội tụ để thực hiện ít nhất một trong số: cấp các tín hiệu RF tới bộ phản xạ siêu bề mặt; và thu các tín hiệu RF được phản xạ từ bộ phản xạ siêu bề mặt.

Một cách tùy chọn, trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên, mỗi ô có khối tinh thể lỏng có trị số điện môi mà điều khiển được bởi các tín hiệu điều khiển.

Một cách tùy chọn, trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên, anten là anten phản xạ hội tụ cơ bản có cấu trúc phễu hội tụ được bố trí để cấp các tín

hiệu RF trực tiếp về phía hoặc thu các tín hiệu RF trực tiếp từ bộ phản xạ siêu bề mặt.

Một cách tùy chọn, trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên, cấu trúc phễu hội tụ lệch khỏi tâm của bộ phản xạ siêu bề mặt.

Một cách tùy chọn, trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên, anten là anten phản xạ kép có phễu hội tụ tạo ra tín hiệu RF về phía bộ phản xạ phụ mà phản xạ tín hiệu RF về phía bộ phản xạ siêu bề mặt.

Một cách tùy chọn, trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên, bộ phản xạ siêu bề mặt bao gồm: các nền hai mặt thứ nhất và thứ hai xác định vùng trung gian giữa chúng chứa tinh thể lỏng trong pha nematic; nền thứ nhất có mảng vi dải dạng tấm thứ nhất được tạo ra trên một phía của nó mà đối diện nền thứ hai, mảng vi dải dạng tấm thứ nhất bao gồm mảng hai chiều của các tấm vi dải mà mỗi tấm được kết nối về điện với điện thế chung; và nền hai mặt thứ hai có mảng vi dải dạng tấm thứ hai được tạo ra trên một phía của nó mà đối diện nền thứ nhất, mảng vi dải dạng tấm thứ hai bao gồm mảng hai chiều của các tấm vi dải mà mỗi tấm có đầu cực dẫn điện tương ứng; mảng vi dải dạng tấm thứ nhất và mảng vi dải dạng tấm thứ hai được căn chỉnh để tạo ra mảng của các ô, mỗi ô bao gồm tấm vi dải của mảng vi dải dạng tấm thứ nhất được bố trí cách quãng đối diện với tấm vi dải của mảng vi dải dạng tấm thứ hai với khối tinh thể lỏng được bố trí ở giữa, đầu cực dẫn điện tới tấm vi dải của mảng vi dải dạng tấm thứ hai cho phép điện áp điều khiển từ bộ điều khiển được đặt lên ô để điều khiển trị số điện môi của khối tinh thể lỏng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sự tham khảo sẽ được thực hiện, bằng cách lấy ví dụ, ở các hình vẽ kèm theo mà thể hiện các phương án ví dụ của sáng chế, và trong đó:

Fig.1 là hình chiếu bằng của bộ phản xạ siêu bề mặt điều hướng được tinh thể lỏng;

Fig.2 là hình chiếu từ dưới lên của bộ phản xạ siêu bề mặt điều hướng được tinh thể lỏng trên Fig.1;

Fig.3 là hình chiếu mặt cắt ngang phía bên của bộ phản xạ siêu bề mặt điều hướng được tinh thể lỏng trên Fig.1;

Fig.4 là hình chiếu mặt cắt ngang phía bên của ô đơn vị của bộ phản xạ siêu bề mặt điều hướng được tinh thể lỏng trên Fig.4;

Fig.5 là hình chiếu bằng của các phần tử được lựa chọn của ô đơn vị của bộ phản xạ siêu bề mặt điều hướng được tinh thể lỏng trên Fig.1;

Fig.6 là sự minh họa giản lược của anten phản xạ siêu bề mặt lá chòm được hội tụ cơ bản, mà ở đó cấu trúc thấu hội tụ được đặt ở tâm phía trước của bộ phản xạ siêu bề mặt, theo các phương án ví dụ;

Fig.7 là sự minh họa giản lược của anten phản xạ siêu bề mặt lá chòm được hội tụ lệch, mà ở đó một thấu hội tụ được đặt tại vị trí lệch khỏi tâm trước của bộ phản xạ siêu bề mặt, theo các phương án ví dụ;

Fig.8 là sự minh họa giản lược của anten phản xạ siêu bề mặt bộ phản xạ kép mà ở đó bộ phản xạ phụ phẳng được đặt ở tâm phía trước của bộ phản xạ siêu bề mặt, theo các phương án ví dụ;

Fig.9 là hình chiếu phối cảnh giản lược của sự mô phỏng anten phản xạ siêu bề mặt bộ phản xạ kép trên Fig.8, thể hiện sự phân bố pha đặc trưng trên siêu bề mặt bộ phản xạ kép (góc nghiêng = 0 độ);

Fig.10 thể hiện sự mô phỏng của sự phân bố pha đặc trưng của anten siêu bề mặt bộ phản xạ kép trên Fig.8 (góc nghiêng = 0 độ);

Fig.11 thể hiện sự mô phỏng của sự phân bố pha đặc trưng của anten siêu bề mặt bộ phản xạ kép trên Fig.8 (góc nghiêng = 15 độ);

Fig.12 thể hiện sự mô phỏng sự phân bố hằng số điện môi tương đương của anten siêu bề mặt bộ phản xạ kép trên Fig.8 (góc nghiêng = 0 độ);

Fig.13 thể hiện sự mô phỏng sự phân bố hằng số điện môi tương đương của anten siêu bề mặt bộ phản xạ kép trên Fig.8 (góc nghiêng = 15 độ);

Fig.14 thể hiện sự mô phỏng đồ thị bức xạ của anten siêu bề mặt bộ phản xạ kép ví dụ trên Fig.8 (góc nghiêng = 0 độ);

Fig.15 thể hiện sự mô phỏng đồ thị bức xạ của anten siêu bề mặt bộ phản xạ kép ví dụ trên Fig.8 (góc nghiêng = 15 độ); và

Fig.16 là lưu đồ của phương pháp lái chùm theo các phương án ví dụ.

Các số chỉ dẫn tương tự có thể được sử dụng trong các hình vẽ khác nhau để biểu thị các thành phần tương tự nhau.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án ví dụ được mô tả dưới đây mà kết hợp kỹ thuật siêu bề mặt, và cụ thể là siêu bề mặt mà là cấu trúc theo chu kỳ hai chiều mà chứa các chất tán xạ nhỏ về điện có tính chu kỳ tương đối nhỏ khi được so sánh với độ dài bước sóng hoạt động. Siêu bề mặt có thể được sử dụng để cung cấp các đặc tính phản xạ và truyền theo nhu cầu của các sóng EM sử dụng cấu trúc kim loại theo mẫu cố định. Như được mô tả trong đơn sáng chế Mỹ số 62/398,141 nộp ngày 5 tháng 10, 2016, (được kết hợp vào đây để tham chiếu), siêu bề mặt tạo cấu hình lại được có thể đạt được bằng cách phủ lên siêu bề mặt với tinh thể lỏng nematic. Siêu bề mặt sử dụng tính dị hướng điện môi điều hướng được của các tinh thể lỏng để thu được các bộ phản xạ siêu bề mặt dạng phẳng điều hướng được pha. Bằng cách thay đổi các điện áp DC trên các tấm vi dải của các ô đơn vị, hằng số điện môi tương đương, và do đó độ chênh lệch pha tại các vị trí khác nhau của siêu bề mặt có thể được thay đổi như mong muốn. Mô hình này kết hợp các đặc tính của siêu bề mặt với các đặc tính duy nhất của tinh thể lỏng điều hướng được kiểu điện tử cho phép tạo cấu hình lại thời gian thực của siêu bề mặt để đạt được các anten phản xạ, phẳng, lái chùm được.

Bản mô tả sáng chế mô tả các phương án ví dụ của anten phản xạ, phẳng, lái chùm được mà sử dụng siêu bề mặt được phủ tinh thể lỏng. Các phương án được mô tả ở đây có thể, ví dụ, ứng dụng được cho sự thực hiện các loại của các anten phản xạ, bao gồm các bộ phản xạ hội tụ cơ bản, các bộ phản xạ hội tụ lệch, và các anten phản xạ hội tụ kép. Thay vì sử dụng bề mặt kim loại cong như trong các anten phản xạ thông thường, các phương án được mô tả ở đây sử dụng siêu bề mặt dạng phẳng điều hướng được kiểu

điện tử làm bộ phản xạ chính, mà pha phản xạ của nó có thể được tạo cấu hình lại kiểu điện tử để cho phép tạo chùm và lái chùm hiệu quả. Trong các phương án ví dụ, siêu bề mặt dạng phẳng được phủ bằng tinh thể lỏng, được đặt giữa hai lớp mỏng vi dải dạng tấm, mà tạo ra mảng của các ô điều khiển được riêng rẽ. Hằng số điện môi tương đương giữa hai lớp tấm vi dải tại mỗi ô đơn vị có thể được điều hướng riêng rẽ bằng cách thay đổi trường tĩnh điện giữa các tấm do tính dị hướng của tinh thể lỏng. Do đó, tần số cộng hưởng tại mỗi ô đơn vị có thể được điều hướng riêng rẽ và theo kiểu điện tử bằng cách điều chỉnh điện áp DC tại mỗi ô. Do pha phản xạ được xác định bởi tần số của sóng tới so với tần số cộng hưởng, bề mặt này có thể được điều hướng để tạo ra bộ chuyển pha 2D được phân phối. Do đó, sóng tới có thể được định hướng lại bằng cách điều chỉnh các điện áp DC của các ô đơn vị của siêu bề mặt để đưa sự phân phối pha thích hợp cho hướng mong muốn của sóng được phản xạ.

Xét về vấn đề này, các phương án ví dụ của bộ phản xạ siêu bề mặt điều hướng được kiểu điện tử 100 mà có thể được sử dụng để thực hiện anten phản xạ được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.5. Bộ phản xạ siêu bề mặt 100 là tấm điều hướng được phủ tinh thể lỏng mà tạo ra pha phản xạ mà có thể được tạo cấu hình lại kiểu điện tử để cho phép anten lái chùm hiệu quả. Bộ phản xạ siêu bề mặt 100 là bề mặt trở kháng cao và bao gồm bề mặt hoặc mặt phía trên 102 (được thể hiện trên Fig.1), bề mặt hoặc mặt đáy 104 (được thể hiện trên Fig.2), và bao gồm mảng của các ô định địa chỉ được 106 dùng cho sự ứng dụng anten lái chùm phản xạ. Trong phương án ví dụ, các ô 106 được bố trí để tạo ra cấu trúc theo chu kỳ hai chiều thực hiện mảng của các chất tán xạ nhỏ về điện. Các kích thước của các ô 106 được lựa chọn sao cho tính chu kỳ của mảng ô tương đối nhỏ khi được so sánh với độ dài bước sóng hoạt động của các sóng radio mà bộ phản xạ siêu bề mặt 100 mong muốn để phản xạ. Trong một số ví dụ, các ô có tính chu kỳ mà nhỏ hơn một phần tư độ dài bước sóng hoạt động nhỏ nhất mong muốn.

Sự thực hiện vật lý của bộ phản xạ siêu bề mặt 100 sau đây được mô tả theo các phương án ví dụ. Fig.3 minh họa hình chiếu mặt cắt phía bên của hàng của các ô 106 của bộ phản xạ siêu bề mặt 100, và Fig.4 thể hiện hình chiếu mặt cắt phía bên phóng to của một ô trong số các ô 106 như được chỉ báo bởi hộp thể hiện bởi nét đứt 4 trên Fig.3. Trong phương án được minh họa, bộ phản xạ siêu bề mặt 100 bao gồm bảng mạch in (PCB) hai mặt nhiều lớp phía trên 120 và PCB hai mặt nhiều lớp phía dưới 122, mà xác định tương đối các mặt phía trên và đáy 102, 104. Lớp có độ dài bước sóng hoạt động con của tinh thể lỏng điều hướng được kiểu điện tử (LC) 146 được bố trí giữa các PCB phía trên và phía dưới 120,122.

PCB phía trên 120 có lớp nền không dẫn điện trung tâm (được thể hiện trên phần gạch chéo trên Fig.3 và Fig.4). Lưới dây dẫn được tạo thành mạng 118 tạo ra lớp trên cùng của PCB 120, và mảng hai chiều của các tấm vi dải dẫn điện 140, mỗi trong số chúng được bao quanh bởi khe hoặc rãnh cách điện 148, tạo ra lớp đáy của PCB 120. Trong phương án được minh họa, mỗi tấm vi dải 140 được kết nối về điện bởi lỗ thông được mạ kim loại dẫn điện (PTH) thông qua 112 mà mở rộng từ tâm của tấm 140 thông qua lớp nền PCB 120 tới điểm giao cắt tương ứng của lưới dây dẫn 118 sao cho lưới dây dẫn 118 tạo ra tuyến phản hồi DC chung cho mỗi tấm vi dải 140. Fig.5 thể hiện hình chiếu bằng của lưới dây dẫn 118 và các lớp tấm vi dải 140 của một ô 106 (lớp nền của PCB 120 không được thể hiện trên Fig.5). Trong các phương án ví dụ, các mối nối PTH 112 có thể được tạo ra bằng cách tạo ra và mạ các lỗ thông qua lớp nền PCB 120, các tấm vi dải 140 có thể được tạo ra từ các khe nhô khắc ăn mòn 148 từ lớp dẫn điện trên bề mặt phía dưới của PCB 120, và lưới dây dẫn được tạo thành mạng 118 có thể được tạo ra tương tự bằng cách khắc ăn mòn lớp dẫn điện trên lớp phía trên của PCB 120.

PCB phía dưới 122 có lớp nền không dẫn điện trung tâm (được thể hiện trên phần gạch chéo trên Fig.3 và Fig.4). Mảng hai chiều của các tấm vi dải dẫn điện 142, mà mỗi mảng được bao quanh bởi khe hoặc rãnh cách điện 148 và tương ứng về hình dạng và tính chu kỳ tới các tấm vi dải PCB phía trên 140, tạo

ra lớp trên cùng của PCB phía dưới 122, và mặt phẳng tiếp đất dẫn điện 130 tạo ra lớp đáy của PCB 122. Mỗi tấm vi dải 142 được kết nối về điện với lỗ thông được mạ kim loại dẫn điện (PTH) tương ứng thông qua 114 mà mở rộng từ tâm của tấm 142 thông qua lớp nền PCB 122 tới lớp mặt phẳng tiếp đất 130. Mặt phẳng tiếp đất 130 bao gồm mảng của các lỗ mở trên lớp nền mà tạo ra khe hình tròn giữa mặt phẳng tiếp đất và các mối nối PTH 114 sao cho mặt phẳng tiếp đất 130 cách điện với mỗi mối nối PTH 114, cho phép điện áp điều khiển duy nhất được đặt lên mỗi mối nối PTH 114. Trong các phương án ví dụ, các mối nối PTH 114 có thể được tạo ra bằng cách tạo ra và mạ các lỗ thông qua lớp nền PCB 122, các tấm vi dải 142 có thể được tạo ra từ các khe nhờ khắc ăn mòn 148 từ lớp dẫn điện trên bề mặt phía trên của PCB 120, và mặt phẳng tiếp đất 130 có thể được tạo ra tương tự bằng cách khắc ăn mòn lớp dẫn điện trên lớp phía dưới của PCB 120 để tạo ra các lỗ mở cách điện quanh mỗi mối nối PTH 114.

Trong phương án ví dụ được mô tả trên đây, các điện áp điều khiển được cung cấp tới các tấm vi dải thấp hơn 142 thông qua các mối nối PTH 114 mà truy cập được thông qua mặt phẳng tiếp đất 130. Các phương án khác có thể có các cấu hình khác nhau, bao gồm lớp tuyến điều khiển mà có thể được tích hợp bên trong nền 122 để tạo ra các đầu cực điều khiển dẫn điện tới mỗi tấm vi dải 142.

Như được mô tả trên đây, các PCB phía trên và phía dưới 120, 122 được bố trí cách quãng đối diện nhau với lớp trung gian của tinh thể lỏng 146 được bố trí giữa chúng. Các tấm vi dải PCB phía trên 140 và các tấm vi dải PCB phía dưới 142 thẳng hàng với nhau từ mảng của các vùng ô 144, mỗi trong số chúng chứa khối tinh thể lỏng 146, do đó tạo ra mảng của các vùng ô LC điều khiển được riêng rẽ 144.

Do đó, như được hiểu từ Fig.4, mỗi ô đơn vị 106 bao gồm thể tích của tinh thể lỏng điều hướng được 146 mà được bố trí trong vùng 144 giữa tấm vi dải dẫn điện phía trên 140 và tấm vi dải dẫn điện phía dưới 142. Tấm vi dải dẫn điện phía trên 140 được kết nối bởi tuyến dẫn điện tương ứng (mối nối PTH 112) với điện thế chung, cụ thể là lưới dây dẫn 118, và tấm vi dải dẫn điện phía

dưới 142 được kết nối với đầu cực điều khiển (mỗi nối PTH 114) mà cho phép điện áp điều khiển duy nhất từ nguồn điện áp DC thích hợp 160 được đặt lên tấm vi dải 142.

Bộ phản xạ siêu bề mặt 100 có tần số cộng hưởng mà có thể phụ thuộc hình dạng của các ô 106 và các đặc tính điện môi của các vật liệu được sử dụng trong các PCB 120, 122. Trong các phương án ví dụ, các tấm vi dải 140, 142 có các bề mặt hình chữ nhật (ví dụ hình vuông) có kích thước tiêu chuẩn nhỏ nhất mà nhỏ hơn $\frac{1}{4}$ độ dài bước sóng hoạt động nhỏ nhất mong muốn, tuy nhiên các cấu hình tấm vi dải khác có thể được sử dụng. Trong các phương án ví dụ, các tấm vi dải 140, 142 có thể có các kích thước mà nhỏ hơn một phần tư độ dài bước sóng của độ dài bước sóng hoạt động mong muốn của bộ phản xạ siêu bề mặt 100. Trong phương án ví dụ, lưới dây dẫn 118 có tính chu kỳ và các kích thước lưới mà tương ứng với các kích thước của các tấm vi dải 140, có điểm giao cắt lưới xảy ra trên điểm tâm của mỗi tấm vi dải 140.

Như được lưu ý trên đây, trong ít nhất một số ví dụ, bộ phản xạ siêu bề mặt 100 được minh họa trên các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.5 đề xuất cấu trúc trong đó sự khắc ăn mòn có thể được sử dụng để tạo ra các thành phần của các bảng PCB 120, 122. Trong khi lắp ráp, tinh thể lỏng 146 có thể được đặt giữa các PCB 120, 122, mà sau đó có thể được cố định với nhau.

Trong các phương án ví dụ, tinh thể lỏng 146 là tinh thể lỏng nematic mà có trạng thái dạng keo nematic trung gian giữa pha kết tinh rắn và lỏng tại khoảng nhiệt độ hoạt động mong muốn của bộ phản xạ siêu bề mặt 100. Các ví dụ của tinh thể lỏng bao gồm, ví dụ, tinh thể lỏng GT3-23001 và tinh thể lỏng BL038 của Merck Group. Tinh thể lỏng 146 trong trạng thái nematic có các đặc tính dị hướng điện môi ở các tần số sóng cực ngắn, hằng số điện môi tương đương của nó có thể được điều chỉnh bằng cách thiết đặt các sự định hướng khác nhau của các phân tử của tinh thể lỏng 146 tương ứng với trục tham chiếu của nó.

Tại các tần số sóng cực ngắn, tinh thể lỏng 146 có thể thay đổi các đặc tính điện môi của nó do các sự định hướng khác nhau của các phân tử 602 gây ra

bởi sự áp dụng trường tĩnh điện giữa các tấm vi dải 140 và 142. Do đó, hằng số điện môi giữa các tấm vi dải 140 và 142 tại mỗi ô đơn vị 106 có thể được điều hướng bằng cách thay đổi điện áp DC được áp dụng cho tấm 142, cho phép pha phản xạ tại mỗi ô đơn vị đơn lẻ 106 được điều khiển. Các ô đơn vị 106 có thể được điều khiển chung sao cho bộ phản xạ siêu bề mặt 100 hoạt động như bộ chuyển pha theo không gian được phân phối mà tương tác với sóng tới và tạo ra sóng phản xạ bằng cách thay đổi pha qua góc mở của nó. Do pha phản xạ được xác định bởi tần số của sóng tới so với tần số cộng hưởng, bộ phản xạ siêu bề mặt 100 có thể được điều hướng để tạo ra bộ chuyển pha 2D được phân phối. Do đó, sóng tới có thể được định hướng lại bằng cách điều chỉnh các điện áp DC của các ô đơn vị 106 để đưa sự phân phối pha thích hợp cho hướng mong muốn của sóng được phản xạ.

Trong các phương án ví dụ, bộ phản xạ siêu bề mặt 100 có mật độ tương đối cao/tính chu kỳ nhỏ của các ô 106. Trong phương án ví dụ, mà ở đó λ thể hiện tần số hoạt động mong muốn nhỏ nhất, PCB trên cùng 120 tương đối mỏng, có độ dày $h1 < \lambda/20$ và tinh thể lỏng 146 trong vùng ô 144 có độ dày là $h2 < \lambda/20$ (tức là khe giữa các tấm vi dải đối diện 140 và 142). Các độ dày $h1$ và $h2$ có thể khác nhau. Trong các phương án ví dụ PCB đáy 122 có độ dày xác định $h3 < \lambda/4$.

Sẽ được hiểu rằng pha phản xạ của sóng tới tại bề mặt của bộ phản xạ siêu bề mặt 100 có thể được điều khiển bằng cách thay đổi các điện áp DC được áp dụng cho các ô đơn vị 106 sao cho sự lái chùm liên tiếp của sóng EM có thể đạt được bằng cách điều chỉnh sự phân phối điện áp DC tới các ô đơn vị 106 thông qua bộ phản xạ siêu bề mặt 100.

Các phương án ví dụ của các anten phản xạ siêu bề mặt tạo cấu hình lại được LC sẽ được mô tả dưới đây. Mặc dù các phương án anten phản xạ được mô tả dưới đây kết hợp bộ phản xạ siêu bề mặt tạo cấu hình lại được LC 100, có thể là các cấu hình siêu bề mặt tạo cấu hình lại được LC khác có thể cũng thích hợp để sử dụng như bộ phản xạ trong các anten được mô tả dưới đây.

Đối với các bộ phản xạ parabol, nhiều loại của cấu hình phễu hội tụ có thể là được sử dụng với các bộ phản xạ siêu bề mặt dạng phẳng. Các hình vẽ từ Fig.6 đến Fig.8 thể hiện một số cấu hình anten khả dụng đối với các anten phản xạ siêu bề mặt lá chòm được, theo các phương án ví dụ. Fig.6 minh họa anten siêu bề mặt lá chòm được hội tụ cơ bản 170, mà ở đó cấu trúc phễu hội tụ 172 dùng để tạo tín hiệu RF được đặt ở tâm phía trước của bộ phản xạ siêu bề mặt 100. Fig.7 thể hiện anten phản xạ siêu bề mặt lá chòm được hội tụ lệch 180, mà ở đó một cấu trúc phễu hội tụ RF 172 được đặt tại vị trí lệch khỏi tâm trước của bộ phản xạ siêu bề mặt 100. Fig.8 thể hiện anten siêu bề mặt bộ phản xạ kép 190 có cấu trúc phễu hội tụ RF trung tâm 192, mà ở đó bộ phản xạ phụ phẳng 194 được đặt ở tâm phía trước của bộ phản xạ siêu bề mặt 100.

Theo mỗi cấu hình trên Fig.6, Fig.7 và Fig.8, bộ phản xạ siêu bề mặt dạng phẳng được phủ tinh thể lỏng 100 được sử dụng để tạo ra sự phân phối pha parabol cần thiết (được thể hiện bởi parabol 174) đi qua bề mặt của bộ phản xạ siêu bề mặt, bao gồm độ lệch pha được yêu cầu để chuẩn trực chùm và nghiêng chùm có thể, θ_0 , được yêu cầu để cung cấp mặt sóng phản xạ được thể hiện bởi đường 176. Sự phân phối pha được yêu cầu trên bộ phản xạ siêu bề mặt có thể được tính toán sử dụng độ trễ tuyến của sự lan truyền sóng giữa cấu trúc phễu hội tụ 172, 192 và bộ phản xạ siêu bề mặt 100. Trong các phương án ví dụ, bộ điều khiển 165 được tạo cấu hình để điều khiển điện áp DC được đặt lên mỗi ô đơn vị 106 trong bộ phản xạ siêu bề mặt 100 để đạt được sự phân phối pha được yêu cầu.

Dựa trên Fig.8, ví dụ của anten phản xạ siêu bề mặt hội tụ cơ bản 190 sẽ được mô tả chi tiết hơn, tuy nhiên được chú ý rằng các thông số hình học thông thường được bàn luận dưới đây liên quan đến anten phản xạ kép trên Fig.8 cũng áp dụng được cho một trong số các anten phản xạ trên Fig.6 và Fig.7. Trong trường hợp anten hội tụ cơ bản trên Fig.6, cấu trúc phễu hội tụ 172 được đặt tại tiêu điểm của bộ phản xạ siêu bề mặt 100. Trong trường hợp trên Fig.8 mà ở đó bộ phản xạ kép được sử dụng, bộ phản xạ phụ kim loại phẳng 194 được sử dụng và bộ phản xạ siêu bề mặt 100 được thiết kế để có sự phân phối pha 174

sao cho tiêu điểm F_p của nó nằm tại ảnh phản xạ của tâm pha của cấu trúc bộ phản xạ phụ 194. Dựa trên Fig.8, các thông số hình học của bộ phản xạ siêu bề mặt 100 có thể được tính toán sử dụng các mối tương quan sau đây:

$$\varphi_0 = \tan^{-1}\left(\frac{D_m}{2 \cdot F_m}\right)$$

$$\frac{D_m}{F_m} = \frac{D_s}{F_s}$$

$$L_s = F_m - F_s$$

Trong đó:

D_m = kích thước nhỏ nhất của bề mặt phản xạ của bộ phản xạ siêu bề mặt 100 (ví dụ kích thước nhỏ hơn của chiều rộng hoặc chiều dài trong trường hợp của bộ phản xạ siêu bề mặt hình chữ nhật, bán kính trong trường hợp của bộ phản xạ hình tròn);

D_s = kích thước nhỏ nhất của bề mặt phản xạ của siêu bề mặt bộ phản xạ phụ phẳng 194 (ví dụ kích thước nhỏ hơn của chiều rộng hoặc chiều dài trong trường hợp của bộ phản xạ siêu bề mặt hình chữ nhật, bán kính trong trường hợp của bộ phản xạ hình tròn);

F_s = khoảng cách của bộ phản xạ phụ phẳng 194 từ đầu cuối của cấu trúc phễu hội tụ 192

= khoảng cách của bộ phản xạ phụ phẳng 194 từ tiêu điểm F_p ;

F_m = tiêu cự (khoảng cách tiêu chuẩn của tiêu điểm F_p từ bề mặt phản xạ của bộ phản xạ siêu bề mặt 100)

Dựa trên kích thước của bộ phản xạ siêu bề mặt (D_m) và tiêu cự (F_m) của nó, cùng với góc nghiêng được yêu cầu (θ_0), sự phân phối pha ban đầu $\phi(x_i, y_i)$ (mà ở đó x_i, y_i thể hiện vị trí ô trong bộ phản xạ siêu bề mặt) dùng cho các ô đơn vị 106 của bộ phản xạ siêu bề mặt 100 có thể được tính toán bởi bộ điều khiển 165 sử dụng độ trễ tuyến:

$$\phi(x_i, y_i) = \frac{2\pi}{\lambda_0} * \left[\sqrt{F_m^2 + \left(\frac{D_m}{2}\right)^2} - r_i + x_i * \tan(\theta_0) \right]$$

Trong đó $r_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + F_m^2}$

Bộ điều khiển 165 có thể đặt các điện áp DC lên các ô đơn vị 106 được yêu cầu để đạt được sự phân phối pha được tính toán. Trong các ví dụ, các sự tính toán có thể đang diễn ra để cung cấp sự bù pha thích ứng thông qua bộ phản xạ siêu bề mặt 100, cho phép bộ phản xạ được tạo hình liên tục cho độ dốc biên độ tối ưu để tạo ra đặc tính chùm tối ưu. Trong các phương án ví dụ, bộ điều khiển 265 bao gồm bộ xử lý và bộ lưu trữ số được liên kết mà lưu trữ các lệnh và dữ liệu dùng cho bộ xử lý các phép tính chức năng lái chùm được mô tả ở đây. Trong một số ví dụ, bộ điều khiển 265 có thể bao gồm bộ điều khiển logic lập trình được.

Trong các phương án ví dụ, các anten phản xạ siêu bề mặt 170, 180, và 190 có thể được hoạt động để cả truyền và thu các tín hiệu RF. Trong trường hợp của sự truyền tín hiệu RF, cấu trúc phổ hội tụ RF 172, 192 chuyển đổi các dòng điện từ mạch bộ truyền thành các sóng RF không dây mà được phản xạ bởi bộ phản xạ siêu bề mặt 100, và trong trường hợp thu nhận tín hiệu RF, cấu trúc phổ hội tụ RF 172, 192 chuyển đổi các sóng RF được phản xạ bởi bộ phản xạ siêu bề mặt 100 thành các dòng điện dùng cho mạch bộ thu. Trong một số ví dụ, các anten phản xạ siêu bề mặt 170, 180, và 190 có thể được sử dụng cho các anten chỉ dùng để truyền hoặc chỉ dùng để thu.

Bằng cách lấy ví dụ, Fig.9 thể hiện ví dụ của anten phản xạ kép 190 sử dụng bộ phản xạ siêu bề mặt được phủ tinh thể lỏng có bộ phản xạ phụ phẳng 100. Ví dụ này được mô phỏng sử dụng bộ mô phỏng EM phân tử xác định sóng đầy đủ, HFSS. Kích thước của siêu bề mặt là $D_m=88\text{mm}$ với tiêu cự là $F_m=30\text{mm}$. Kích thước bộ phản xạ phụ 194 là 20mm với $L_s=23,2\text{mm}$. Fig.10 và Fig.11 thể hiện sự phân bố pha phản xạ được mô phỏng qua các ô 106 trên bộ phản xạ siêu bề mặt 100 đối với các trường hợp góc nghiêng 0 độ và 15 độ. Fig.12 và Fig.13 đưa ra sự phân bố hằng số điện môi tương đương được mô phỏng của tinh thể lỏng trong các ô 106 của bộ phản xạ siêu bề mặt 100 đối với

góc nghiêng 0 độ và 15 độ. Fig.14 và Fig.15 đưa ra các đồ thị bức xạ được mô phỏng của anten siêu bề mặt bộ phản xạ kép 190.

Fig.16 thể hiện phương pháp lái chùm mà có thể được thực hiện sử dụng anten phản xạ chẳng hạn như anten 170, 180 hoặc 190 theo các phương án ví dụ. Như được chỉ báo ở bước 1602, phương pháp bao gồm bước tạo ra tín hiệu RF tại phễu hội tụ (ví dụ cấu trúc phễu hội tụ 172 hoặc 192) đối với sự áp dụng cho bộ phản xạ siêu bề mặt 100 bao gồm mảng hai chiều của các ô 106 mà mỗi ô bao gồm khối tinh thể lỏng 146. Phương pháp cũng bao gồm bước phản xạ tín hiệu ngắt RF được áp dụng của bộ phản xạ siêu bề mặt 100 (bước 1604) và điều chỉnh các điện áp tới các đầu cực điều khiển 114 kết hợp với nhiều ô trong số các ô của siêu bề mặt để điều chỉnh pha của tín hiệu RF được phản xạ bằng cách điều chỉnh sự định hướng của các phân tử của tinh thể lỏng nằm trong mỗi ô (bước 1606).

Sáng chế có thể được sử dụng theo dạng cụ thể khác mà không chệch khỏi đối tượng yêu cầu bảo hộ. Các phương án ví dụ được mô tả được xem xét trong tất cả các khía cạnh chỉ là để minh họa và không có mục đích giới hạn. Các đặc tính được lựa chọn từ một hoặc nhiều phương án được mô tả trên đây có thể được kết hợp để tạo ra các phương án thay thế không được mô tả rõ ràng, các đặc tính thích hợp cho các sự kết hợp này được hiểu là nằm trong phạm vi của sáng chế này. Ví dụ, mặc dù các kích cỡ và hình dạng cụ thể của các ô 106 được bộc lộ ở đây, các kích cỡ và hình dạng khác có thể được sử dụng.

Mặc dù các phương án ví dụ bộc lộ các ô định địa chỉ được riêng lẻ, các phương án khác có thể có các ô mà có thể định địa chỉ được bởi hàng hoặc cột hoặc theo cách kết hợp.

Mặc dù các phương án ví dụ được mô tả có dựa trên sự định hướng cụ thể (ví dụ phía trên và phía dưới), nó được sử dụng đơn giản để giúp hiểu dễ dàng khi mô tả các hình vẽ tham chiếu. Siêu bề mặt có thể có sự định hướng bất kỳ.

Tất cả các trị số và các khoảng con nằm trong các khoảng được bộc lộ cũng được bộc lộ. Tương tự, trong khi các hệ thống, các thiết bị và các quy trình được bộc lộ và thể hiện ở đây có thể bao gồm số lượng cụ thể của các phần tử/các thành phần, các hệ thống, các thiết bị và các bộ phận lắp ráp có thể được cải biến để bao gồm nhiều hơn hoặc ít hơn các phần tử/các thành phần này. Ví dụ, trong khi bất kỳ các phần tử/các thành phần được bộc lộ có thể được xem là đơn lẻ, các phương án được bộc lộ ở đây có thể được cải biến để bao gồm nhiều phần tử/thành phần này. Đối tượng được mô tả ở đây có mục đích bao gồm và chứa tất cả các sự thay đổi thích hợp về kỹ thuật.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Anten phản xạ, anten này bao gồm:

phễu hội tụ (172) dùng để tạo tín hiệu tần số radio (RF-Radio frequency);
và

bộ phản xạ siêu bề mặt (100) dùng để phản xạ tín hiệu RF bắt nguồn từ phễu hội tụ (172), bộ phản xạ siêu bề mặt (100) bao gồm mảng của các ô mà mỗi ô có khối tinh thể lỏng có trị số điện môi điều khiển được cho phép pha phản xạ của các ô được điều hướng có chọn lọc để lái chùm hiệu quả tín hiệu RF được phản xạ,

trong đó, bộ phản xạ siêu bề mặt (100) bao gồm:

các nền hai mặt thứ nhất và thứ hai xác định vùng trung gian giữa chúng chứa tinh thể lỏng trong pha nematic;

nền thứ nhất có mảng vi dải dạng tấm thứ nhất (140) được tạo ra trên một phía của nó mà đối diện nền thứ hai, mảng vi dải dạng tấm thứ nhất (140) bao gồm mảng hai chiều của các tấm vi dải mà mỗi tấm được kết nối về điện với điện thể chung; và

nền hai mặt thứ hai có mảng vi dải dạng tấm thứ hai (142) được tạo ra trên một phía của nó mà đối diện nền thứ nhất, mảng vi dải dạng tấm thứ hai (142) bao gồm mảng hai chiều của các tấm vi dải mà mỗi tấm có đầu cực dẫn điện tương ứng; mảng vi dải dạng tấm thứ nhất (140) và mảng vi dải dạng tấm thứ hai (142) được căn chỉnh để tạo ra mảng của các ô, mỗi ô bao gồm tấm vi dải của mảng vi dải dạng tấm thứ nhất (140) được bố trí cách quãng đối diện với tấm vi dải của mảng vi dải dạng tấm thứ hai (142) với khối tinh thể lỏng được bố trí ở giữa, đầu cực dẫn điện tới tấm vi dải của mảng vi dải dạng tấm thứ hai (142) cho phép điện áp điều khiển được đặt lên ô để điều khiển trị số điện môi của khối tinh thể lỏng, nhờ đó cho phép pha phản xạ của ô được điều hướng có chọn lọc,

trong đó bộ phản xạ siêu bề mặt bao gồm lưới dây dẫn được tạo thành mạng (118) trên nền thứ nhất, mỗi tấm vi dải của mảng vi dải dạng tấm thứ nhất

(140) được kết nối về điện với điểm tương ứng của lưới dây dẫn được tạo thành mạng (118) để cung cấp điện thế chung.

2. Anten phản xạ theo điểm 1, trong đó anten này là anten phản xạ hội tụ cơ bản có phễu hội tụ tạo ra tín hiệu RF hướng về phía bộ phản xạ siêu bề mặt.

3. Anten phản xạ theo điểm 2, trong đó phễu hội tụ lệch khỏi tâm của bộ phản xạ siêu bề mặt.

4. Anten phản xạ theo điểm 1, trong đó anten này là anten phản xạ kép có phễu hội tụ tạo ra tín hiệu RF hướng về phía bộ phản xạ phụ mà phản xạ tín hiệu RF hướng về phía bộ phản xạ siêu bề mặt.

5. Anten phản xạ theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 4, trong đó lưới dây dẫn được tạo thành mạng được tạo ra trên một phía của nền thứ nhất mà đối diện phía mà trên đó mảng vi dải dạng tấm thứ nhất được tạo ra, mỗi tấm vi dải của mảng vi dải dạng tấm thứ nhất được kết nối về điện với lưới dây dẫn được tạo thành mạng bởi lỗ thông được mạ tương ứng mà xuyên qua nền thứ nhất.

1/9

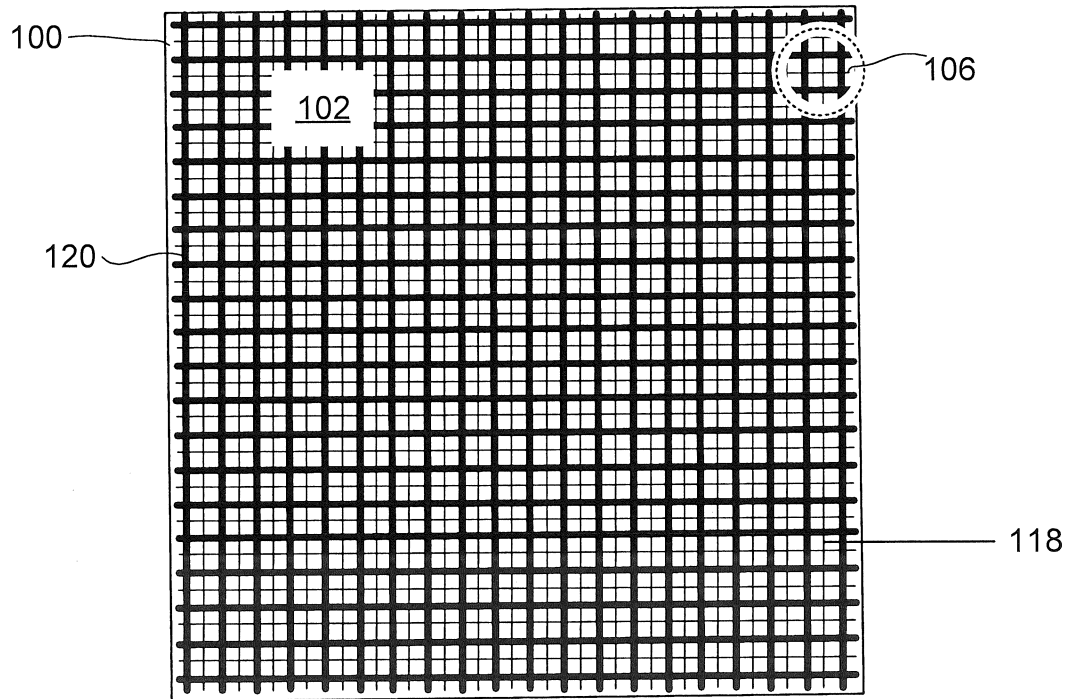


FIG. 1

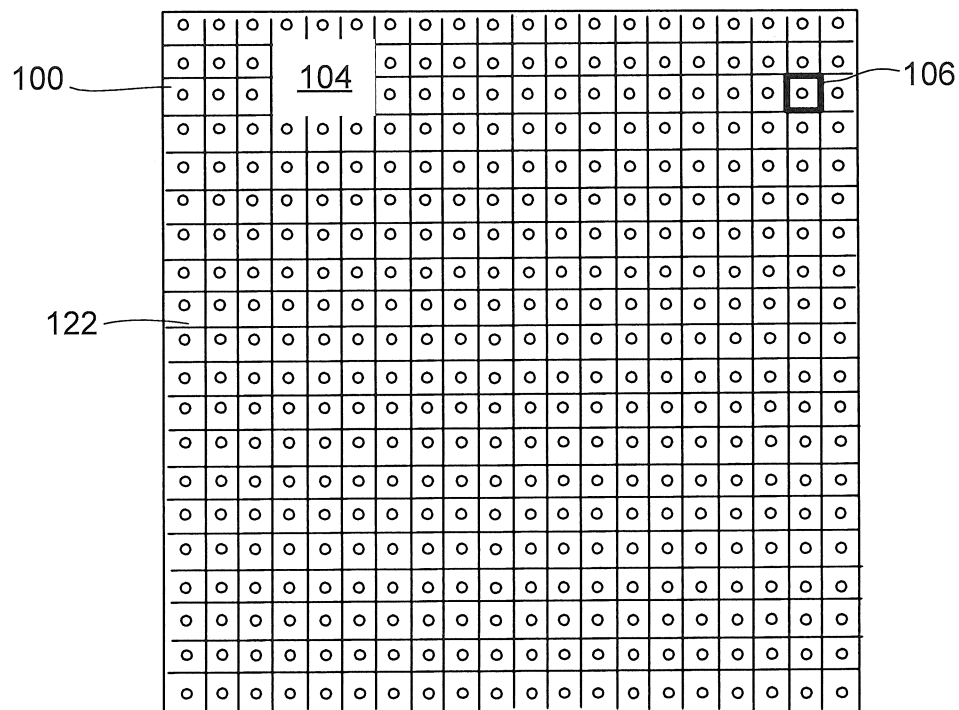
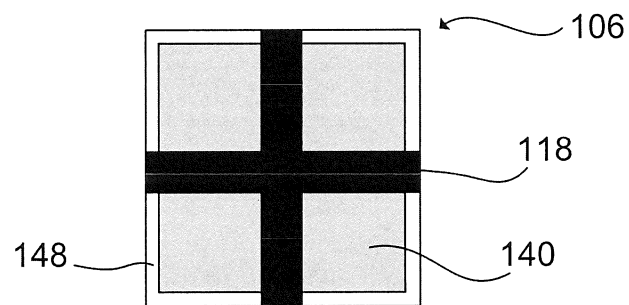
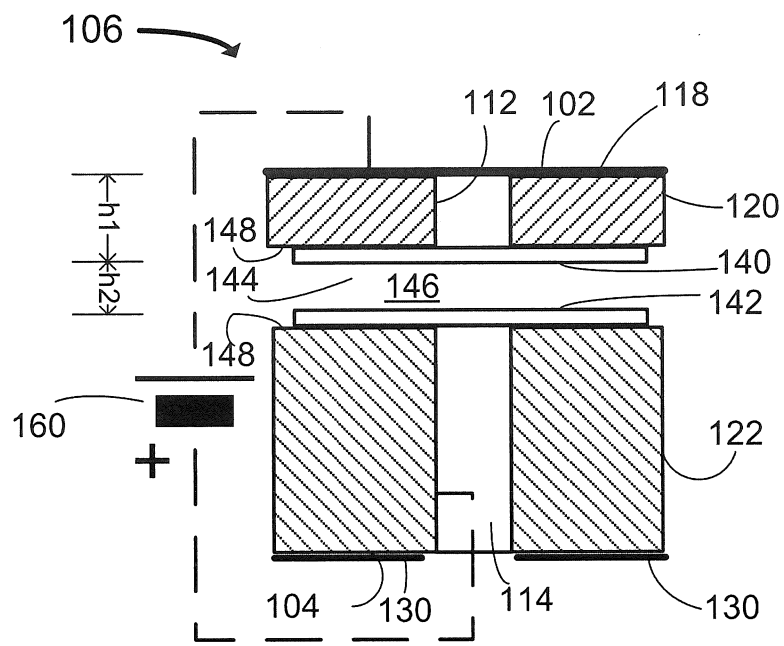
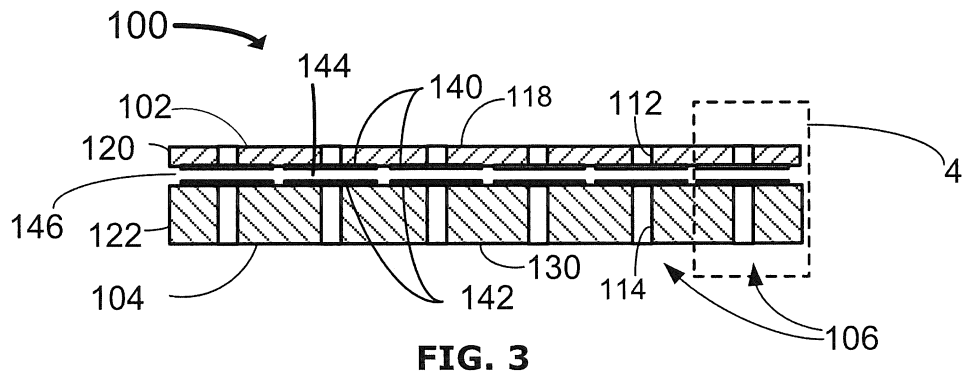


FIG. 2

2/9



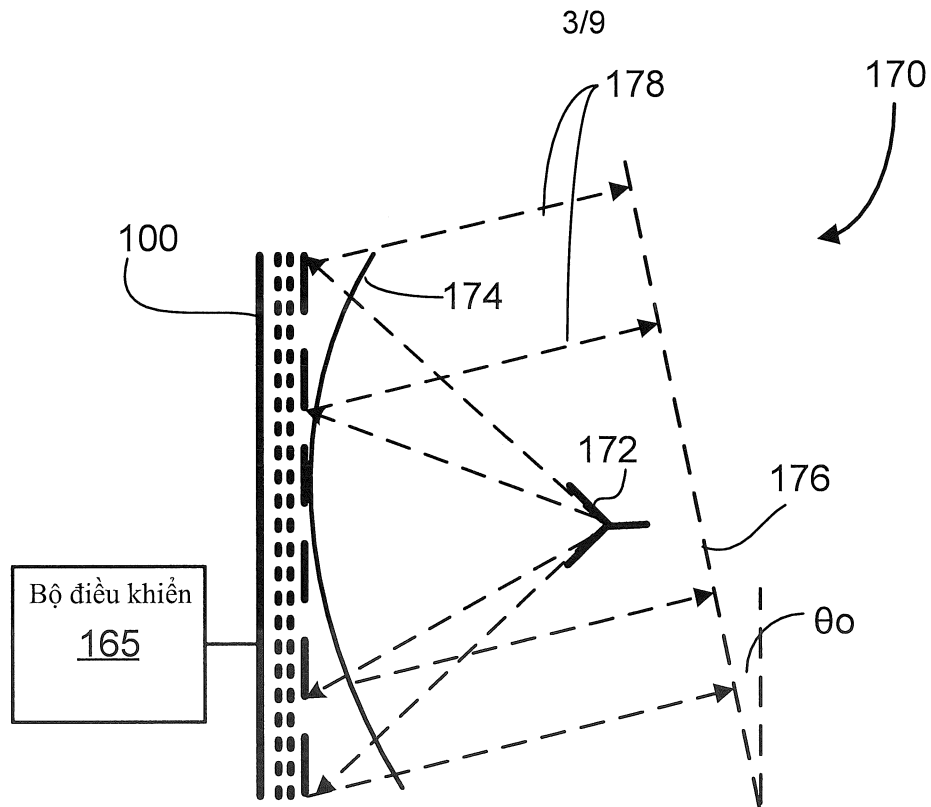


FIG. 6

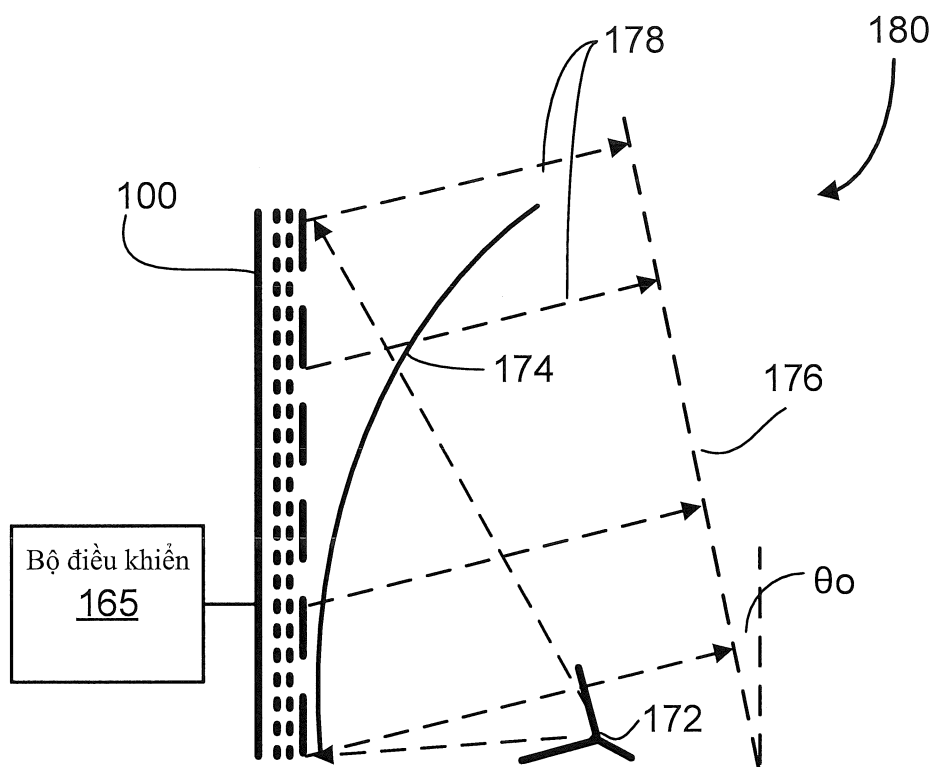


FIG. 7

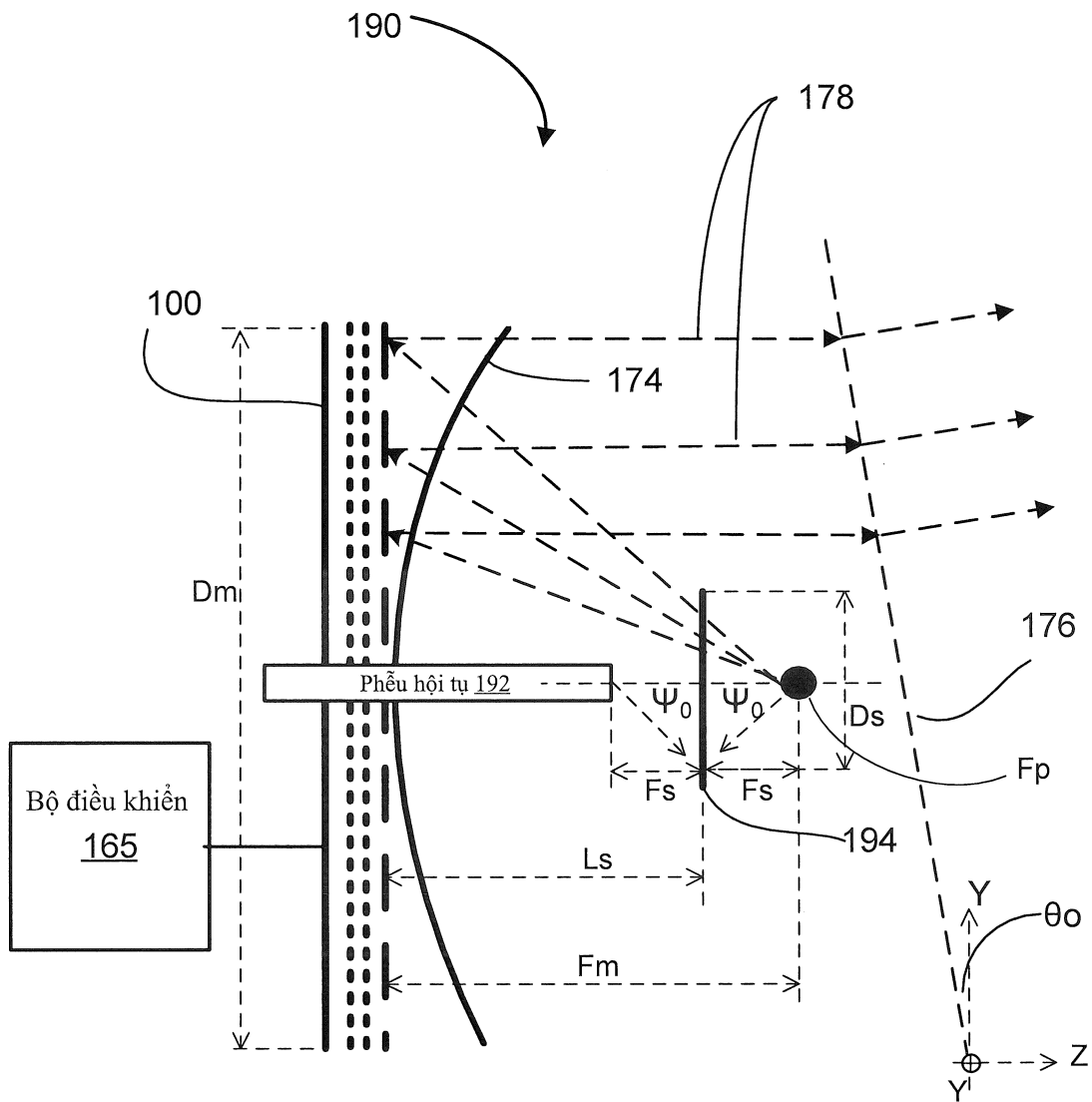


FIG. 8

5/9

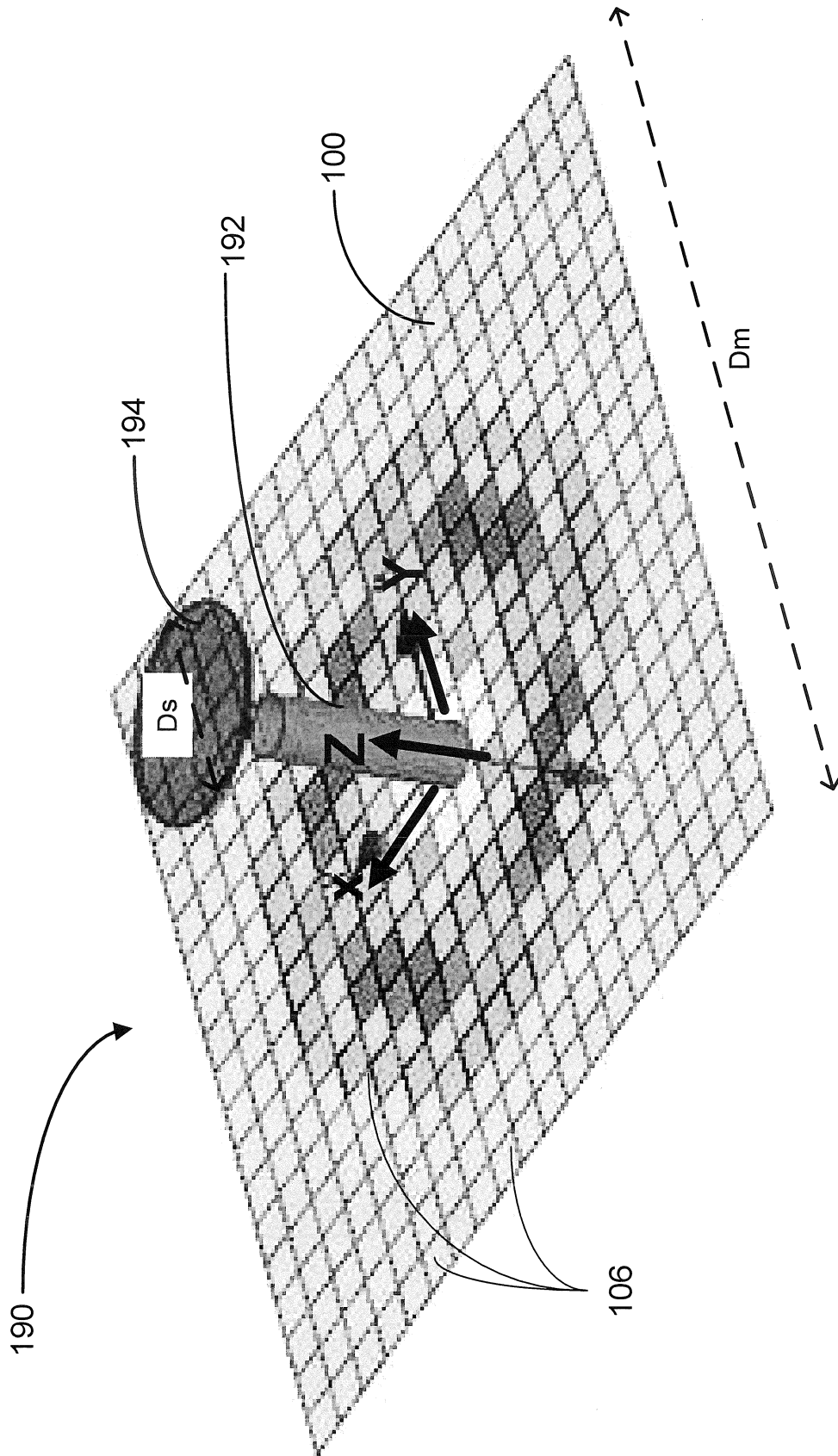


FIG. 9

6/9

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	13	43	66	79	79	66	43	13	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-48	-88	-121	-144	-159	-159	-144	-121	-88	-48	0	0	0	0	0
0	0	0	9	66	116	159	194	219	235	235	219	194	159	116	66	9	0	0	0	0
0	0	0	66	125	179	224	261	289	305	305	289	261	224	179	125	66	0	0	0	0
0	0	-48	116	179	235	283	322	352	362	362	352	322	283	235	179	116	-48	0	0	0
0	-13	-88	159	224	283	334	362	377	387	387	377	362	334	283	224	159	-88	-13	0	0
0	-43	-121	194	261	322	362	387	397	407	407	397	387	362	322	261	194	-121	-43	0	0
0	-66	-144	219	289	352	387	407	417	427	427	417	407	387	352	289	219	-144	-66	0	0
0	-79	-159	235	305	362	397	417	427	437	437	427	417	397	362	305	235	-159	-79	0	0
0	-79	-159	235	305	362	397	417	427	437	437	427	417	397	362	305	235	-159	-79	0	0
0	-66	-144	219	289	352	387	407	417	427	427	417	407	387	352	289	219	-144	-66	0	0
0	-43	-121	194	261	322	362	387	397	407	407	397	387	362	322	261	194	-121	-43	0	0
0	-13	-88	159	224	283	334	362	377	387	387	377	362	334	283	224	159	-88	-13	0	0
0	0	-48	116	179	235	283	322	352	362	362	352	322	283	235	179	116	-48	0	0	0
0	0	0	66	125	179	224	261	289	305	305	289	261	224	179	125	66	0	0	0	0
0	0	0	0	9	66	116	159	194	219	235	235	219	194	159	116	66	9	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-48	-88	-121	-144	-159	-159	-144	-121	-88	-48	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	13	43	66	79	79	66	43	13	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FIG. 10

0	0	-28	-82	-131	-174	-210	-238	-259	-272	-272	-259	-238	-210	-174	-131	-82	-28	0	0
0	0	-70	-127	-178	-223	-261	-292	-314	-327	-327	-314	-292	-261	-223	-178	-127	-70	0	0
0	-42	-107	-167	-221	-268	-309	-341	-35	-20	-20	-5	-341	-309	-268	-221	-167	-107	-42	0
0	-71	-139	-202	-259	-309	-352	-37	-52	-60	-60	-52	-37	-352	-309	-259	-202	-139	-71	0
21	-95	-166	-231	-291	-344	-30	-67	-94	-111	-111	-94	-67	-30	-344	-291	-231	-166	-95	21
-36	-113	-186	-254	-317	-313	-61	-100	-130	-147	-147	-130	-100	-61	-317	-254	-186	-113	-36	
-44	-123	-199	-269	-335	-33	-84	-126	-157	-176	-176	-157	-126	-84	-33	-335	-269	-199	-123	-44
-45	-126	-203	-276	-344	-45	-98	-142	-175	-195	-195	-175	-142	-98	-45	-344	-276	-203	-126	-45
-38	-121	-200	-274	-344	-47	-102	-147	-181	-203	-203	-181	-147	-102	-47	-344	-274	-200	-121	-38
-23	-107	-187	-262	-333	-37	-93	-140	-175	-197	-197	-175	-140	-93	-37	-333	-262	-187	-107	-23
0	-51	-131	-207	-278	-342	-38	-85	-120	-142	-142	-120	-85	-38	-342	-278	-207	-131	-51	0
0	-10	-89	-164	-233	-296	-351	-37	-71	-92	-92	-71	-37	-351	-296	-233	-164	-89	-10	0
0	0	-38	-111	-179	-240	-293	-337	-9	-30	-30	-9	-337	-293	-240	-179	-111	-38	0	0
0	0	0	-49	-114	-173	-224	-265	-296	-315	-315	-296	-265	-224	-173	-114	-49	0	0	0
0	0	0	0	-41	-97	-145	-185	-214	-232	-232	-214	-185	-145	-97	-41	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-13	-59	-96	-123	-140	-140	-123	-96	-59	-13	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	-1	-26	-42	-42	-26	-1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FIG. 11

7/9

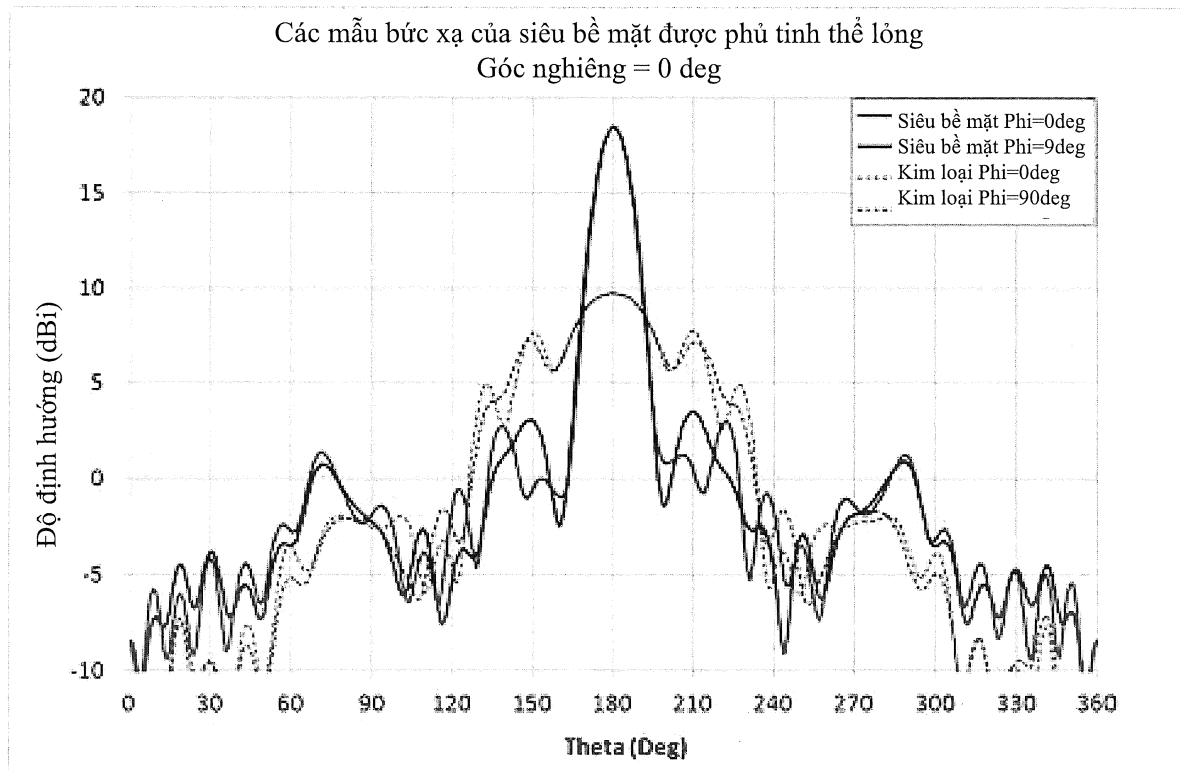
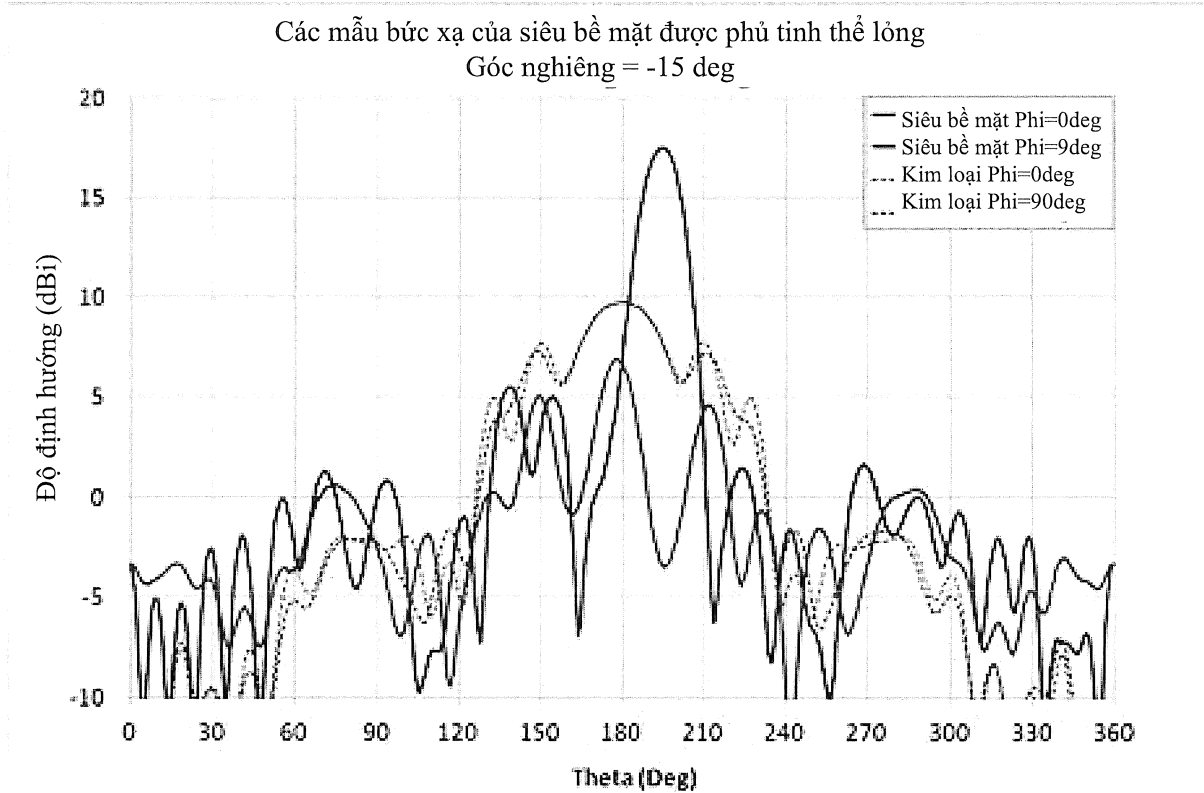
2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.65	2.75	2.80	2.85	2.85	2.80	2.75	2.65	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.80	2.85	2.85	2.85	2.90	2.90	2.90	2.85	2.85	2.80	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
2.50	2.50	2.50	2.60	2.80	2.85	2.90	2.90	2.90	2.95	2.95	2.90	2.90	2.90	2.85	2.80	2.60	2.50	2.50	2.50
2.50	2.50	2.50	2.80	2.85	2.90	2.95	3.00	3.00	3.10	3.10	3.00	2.95	2.90	2.85	2.80	2.50	2.50	2.50	2.50
2.50	2.50	2.80	2.85	2.90	2.95	3.00	3.20	3.20	2.60	2.60	3.20	3.20	3.00	2.95	2.90	2.85	2.80	2.50	2.50
2.50	2.65	2.85	2.90	2.90	3.00	3.20	2.65	2.80	2.80	2.80	2.80	2.65	3.20	3.00	2.90	2.85	2.65	2.50	2.50
2.50	2.75	2.85	2.90	2.95	3.20	2.65	2.80	2.85	2.85	2.85	2.85	2.80	2.65	3.20	2.95	2.90	2.85	2.75	2.50
2.50	2.80	2.85	2.90	3.00	3.20	2.80	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.80	3.20	3.00	2.90	2.85	2.60	2.50
2.50	2.85	2.90	2.95	3.10	2.60	2.80	2.85	2.85	2.90	2.90	2.85	2.85	2.80	2.60	3.10	2.95	2.90	2.85	2.50
2.50	2.85	2.90	2.95	3.10	2.60	2.80	2.85	2.85	2.90	2.90	2.85	2.85	2.80	2.60	3.10	2.95	2.90	2.85	2.50
2.50	2.80	2.85	2.90	3.00	3.20	2.80	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.80	3.20	3.00	2.90	2.85	2.80	2.50
2.50	2.75	2.85	2.90	2.95	3.20	2.65	2.80	2.85	2.85	2.85	2.85	2.80	2.65	3.20	2.95	2.90	2.85	2.75	2.50
2.50	2.65	2.85	2.90	2.90	3.00	3.20	2.65	2.80	2.80	2.80	2.65	3.20	3.00	2.90	2.90	2.85	2.65	2.50	2.50
2.50	2.50	2.80	2.85	2.90	2.95	3.00	3.20	3.20	2.60	2.60	3.20	3.20	3.00	2.95	2.90	2.85	2.80	2.50	2.50
2.50	2.50	2.50	2.80	2.85	2.90	2.90	2.95	3.00	3.10	3.10	3.00	2.95	2.90	2.90	2.85	2.80	2.50	2.50	2.50
2.50	2.50	2.50	2.50	2.60	2.80	2.85	2.90	2.90	2.95	2.95	2.90	2.90	2.85	2.80	2.60	2.50	2.50	2.50	2.50
2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.80	2.85	2.85	2.85	2.90	2.90	2.85	2.85	2.85	2.80	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.65	2.75	2.80	2.85	2.85	2.80	2.75	2.65	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50

FIG. 12

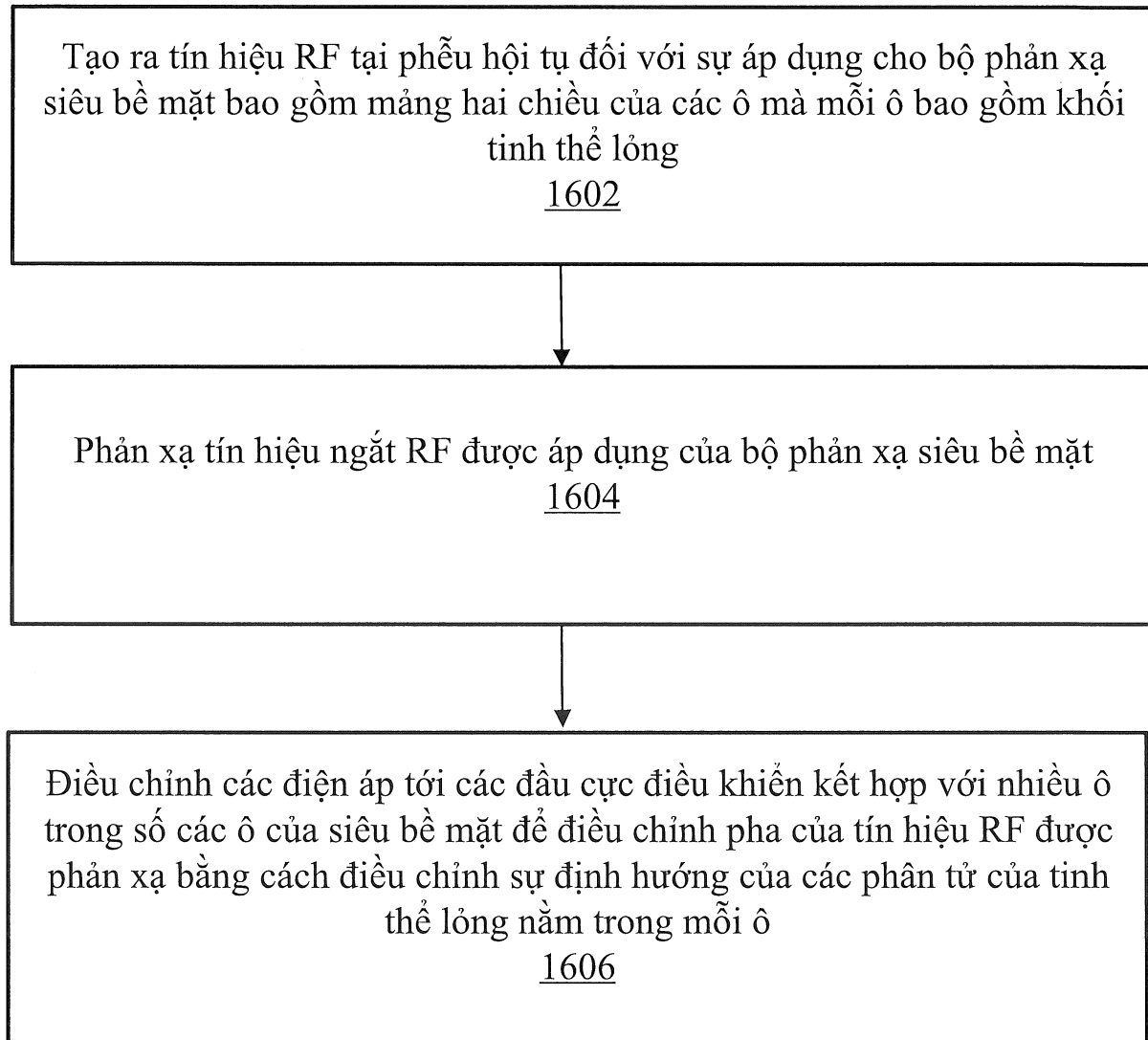
2.50	2.50	2.75	2.85	2.85	2.90	2.90	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95	2.90	2.90	2.85	2.85	2.75	2.50	2.50
2.50	2.60	2.80	2.85	2.90	2.90	2.95	3.00	3.15	3.20	3.20	3.15	3.00	2.95	2.90	2.90	2.85	2.80	2.60	2.50
2.50	2.75	2.85	2.90	2.90	2.95	3.10	3.20	2.50	2.70	2.70	2.50	3.20	3.10	2.95	2.90	2.85	2.75	2.50	2.50
2.50	2.80	2.85	2.90	2.95	3.10	3.20	2.70	2.80	2.80	2.80	2.70	3.20	3.10	2.95	2.90	2.85	2.80	2.50	2.50
2.70	2.85	2.90	2.95	3.00	3.20	2.75	2.80	2.85	2.85	2.85	2.85	2.80	2.75	3.20	3.00	2.95	2.90	2.85	2.70
2.75	2.85	2.90	2.95	3.15	2.65	2.80	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.80	2.65	3.15	2.95	2.90	2.85	2.75
2.75	2.85	2.90	2.95	3.20	2.75	2.85	2.85	2.90	2.90	2.90	2.90	2.85	2.85	2.75	3.20	2.95	2.90	2.85	2.75
2.80	2.85	2.90	3.00	3.20	2.80	2.85	2.85	2.90	2.90	2.90	2.90	2.85	2.85	2.80	3.20	3.00	2.90	2.85	2.80
2.75	2.85	2.90	3.00	3.20	2.80	2.85	2.85	2.90	2.90	2.90	2.90	2.85	2.85	2.80	3.20	3.00	2.90	2.85	2.75
2.70	2.85	2.90	2.95	3.20	2.75	2.85	2.85	2.90	2.90	2.90	2.90	2.85	2.85	2.75	3.20	2.95	2.90	2.85	2.70
2.50	2.80	2.85	2.90	3.00	3.20	2.75	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.75	3.20	3.00	2.90	2.85	2.50
2.50	2.60	2.85	2.90	2.95	3.05	3.20	2.75	2.80	2.85	2.85	2.80	2.75	3.20	3.05	2.95	2.90	2.85	2.60	2.50
2.50	2.50	2.75	2.85	2.90	2.95	3.00	3.20	2.60	2.75	2.75	2.60	3.20	3.00	2.95	2.90	2.85	2.75	2.50	2.50
2.50	2.50	2.50	2.80	2.85	2.90	2.90	2.95	3.05	3.15	3.15	3.05	2.95	2.90	2.90	2.85	2.80	2.50	2.50	2.50
2.50	2.50	2.50	2.50	2.75	2.85	2.85	2.90	2.90	2.95	2.95	2.90	2.90	2.85	2.85	2.75	2.50	2.50	2.50	2.50
2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.65	2.80	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.80	2.65	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.70	2.75	2.75	2.70	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50

FIG. 13

8/9

**FIG. 14****FIG. 15**

9/9

**FIG. 16**