

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 642 282**

51 Int. Cl.:

H01Q 9/04 (2006.01)

H01Q 9/28 (2006.01)

H01Q 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.11.2010 PCT/GB2010/051967**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.06.2011 WO11064587**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2010 E 10785503 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.08.2017 EP 2504886**

54 Título: **Antena de radar**

30 Prioridad:

27.11.2009 GB 0920920
27.11.2009 EP 09252695

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.11.2017

73 Titular/es:

BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB

72 Inventor/es:

LEWIS, GARETH MICHAEL;
LEWIS, ROBERT ALAN;
PANAGHISTON, GARY DAVID;
TWEEN, LARRY BRIAN y
GUY, RONALD FRANK MICHAEL

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 642 282 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Antena de radar

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere a antenas de radar u otras antenas de microondas. Por "antena de microondas" se debe entender una que tiene una frecuencia de operación de al menos 300 MHz. La invención es particularmente, pero no exclusivamente, adecuada para matrices con control de fase.

10 Los sistemas de antena de matriz con control de fase son bien conocidos en la técnica de antenas. Tales antenas comprenden generalmente una pluralidad de antenas radiantes que son controlables individualmente con respecto a la fase y amplitud relativas. El patrón de antena de la matriz está determinado selectivamente por la geometría de las antenas individuales y las relaciones de fase/amplitud seleccionadas entre las antenas. Elementos radiantes típicos para tales sistemas de antena pueden comprender dipolos, ranuras o cualquier otra disposición adecuada.

Las antenas de microondas incluyen una amplia variedad de diseños para diversas aplicaciones, tales como recepción de satélites, radiodifusión remota o comunicación militar. Para aplicaciones de perfil bajo pueden usarse antenas de circuito impreso.

15 Técnica relacionada

20 Un diagrama esquemático de una matriz de dipolos fuertemente acoplados de perfil bajo está ilustrado en la figura 1. Esta matriz particular comprende una disposición periódica de dipolos, cada uno con una extensión (periodicidad) de alrededor de 10 mm. El objetivo de anchura de banda de la matriz de antena es de aproximadamente 2 GHz a 18 GHz. Tales antenas son más atractivas para uso en una antena de perfil bajo que antenas que usan elementos de Vivaldi, por ejemplo, que son mucho más altos para un rango similar de frecuencias.

Una matriz de dipolos así forma habitualmente parte de una estructura estratificada, que incluye un sustrato dieléctrico sobre el cual está impresa la matriz de dipolos y un material espaciador dieléctrico que separa la matriz de dipolos del plano de tierra. Pueden ser incluidas también otras capas de dieléctrico para mejorar el rendimiento para ángulos de barrido amplios.

25 Sin embargo, hay un problema con el uso de una matriz de dipolos altamente acoplados de este tipo para aplicaciones que requieren una antena de perfil bajo. Tales antenas tienen una así denominada estructura de alimentación "vertical" para conectar los elementos de la matriz de dipolos a un circuito director que se extiende a través del plano de tierra. Por "vertical" se debe entender sustancialmente normal o perpendicular al plano de la matriz de dipolos.

30 Un problema surge con la alimentación de una matriz plana de dipolos, por ejemplo, debido que la estructura de alimentación vertical soportará corrientes indeseadas. En una matriz de barrido, estas corrientes indeseadas están presentes incluso cuando se usa una estructura de alimentación equilibrada tal como una línea de transmisión de doble cable. Estas corrientes son excitadas a las frecuencias y para el rango de ángulos de barrido sobre los cuales operará efectivamente la antena.

35 Con el fin de evitar el problema de tales corrientes de modo común indeseadas debido a la estructura de alimentación sería posible alimentar una matriz de dipolos utilizando una fibra óptica que alimenta un dispositivo activo. Sin embargo, esta solución sería cara y estará en gran medida restringida a aplicaciones sólo de recepción debido a la limitada potencia de transmisión. Además, aunque una estructura de alimentación óptica podría ser posible a frecuencia más bajas que implican estructuras de dipolo más grandes debido a longitudes de onda más grandes, esto será menos factible para estructuras de dipolo más pequeñas tales como aquéllas que operan en torno a 10 GHz.

Es deseable producir una antena de matriz con control de fase que tenga una anchura de banda grande y un rango de barrido grande al tiempo que también tenga un perfil bajo y sea de peso reducido. Por supuesto, es también deseable producir una antena así a un coste tan bajo como sea posible.

45 Nuestra solicitud de patente en tramitación junto con la presente, publicada como WO 2009/047553, busca proporcionar una solución a este problema de corrientes de modo común indeseadas rodeando al menos parcialmente cada estructura de alimentación con un elemento de ferrita para suprimir las corrientes indeseadas sobre la estructura de alimentación. La presente invención ofrece una aproximación alternativa.

50 El documento US2008/0136710 da a conocer un dispositivo de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. En un aspecto, la invención proporciona una antena de radar u otra antena de microondas según se describe en la reivindicación 1. La invención también proporciona una matriz de antena (que puede ser una matriz con control de fase) con un número de elementos de antena según se ha expuesto anteriormente. Las siguientes características opcionales pueden estar incluidas en el elemento de antena o la matriz, según sea apropiado.

El sustrato dieléctrico puede presentar selectivamente una impedancia a campos eléctricos polarizados en una primera dirección, paralela a la estructura de alimentación, que es relativamente alta en comparación con una impedancia presentada a campos eléctricos polarizados ortogonalmente a esa primera dirección.

5 El sustrato dieléctrico comprende elementos eléctricamente conductores alargados que tienen sus ejes longitudinales generalmente alineados en la primera dirección, y que están distribuidos a través del sustrato dieléctrico. Las patillas pueden estar distribuidas por lo tanto rodeando la estructura de alimentación. Una distribución así de los elementos eléctricamente conductores a través del sustrato puede procurar que los elementos eléctricamente conductores estén dispuestos debajo de un elemento de antena, o en otras palabras: el eje de los elementos conductores puede ser coincidente con el elemento de antena.

10 Los elementos alargados pueden presentar una impedancia relativamente alta a campos eléctricos polarizados en esa primera dirección.

Los elementos de antena pueden estar separados en al menos una dirección, siendo el espaciado de los elementos alargados, en esa al menos una dirección, regular de un elemento a otro y un submúltiplo de la dimensión (periodicidad) de los elementos de antena en esa al menos una dirección.

15 De este modo, las antenas pueden estar separadas en dos direcciones ortogonales, siendo el espaciado de los elementos alargados en cada una de las dos direcciones ortogonales un submúltiplo de la dimensión (periodicidad) de los elementos de antena en cada una de estas dos direcciones ortogonales.

Dicho espaciado de los elementos alargados puede ser de la mitad a un octavo y preferiblemente un cuarto de la respectiva dimensión de los elementos de antena.

20 Los elementos alargados pueden estar separados por una distancia varias veces menor, por ejemplo 4 a 16 veces menor, preferiblemente 8 veces menor que la longitud de onda más corta de las señales para cuya transmisión o recepción está diseñada la antena.

Los elementos de antena pueden comprender pares de dipolos, uno de cuyos dipolos está alineado en una segunda dirección, y el otro de los cuales está alineado ortogonalmente a las direcciones primera y segunda.

25 Los elementos alargados pueden extenderse sólo parcialmente a través del grosor del sustrato dieléctrico normalmente al elemento de antena.

El material dieléctrico puede extenderse desde el elemento de antena a un plano de tierra dispuesto de forma sustancialmente paralela a dicho elemento de antena, en que los elementos alargados tienen extremos separados de al menos uno de entre el sustrato y el plano de tierra.

30 La longitud de los elementos alargados puede ser de entre el 50% y el 90% de la distancia entre el elemento de antena y el plano de tierra, y preferiblemente de alrededor del 70%. Los elementos alargados pueden tener forma de varilla.

Los elementos alargados pueden ser de sección circular y tener una relación de longitud a diámetro en el rango de entre 5 y 15 a 1, y preferiblemente de 7 a 1.

35 Los elementos alargados en operación pueden acoplarse capacitivamente al plano de tierra.

Los elementos alargados pueden estar hechos de cobre o aluminio u otros materiales eléctricamente conductores.

El sustrato dieléctrico puede estar hecho de un material de constante dieléctrica relativamente baja, preferiblemente escogido de entre materiales espumados de baja densidad tales como espuma de poliuretano de celdas cerradas.

La invención será descrita ahora meramente a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

40 la figura 1 es una ilustración de un ejemplo de una matriz de dipolos altamente acoplados para uso en una antena de matriz con control de fase;

la figura 2 es un segundo ejemplo de una matriz de dipolos altamente acoplados para uso en una antena de matriz con control de fase;

45 la figura 3 es una ilustración de un elemento de antena que muestra varias capas en una estructura de antena;

la figura 4a es una ilustración de corrientes equilibradas en una estructura de alimentación;

la figura 4b es un ejemplo de una corriente no equilibrada en una estructura de alimentación, y

las figuras 5 y 6 son una ilustración de una realización de las presentes invenciones, en que la figura 6 es un corte por la línea 6-6 de la figura 5.

Descripción detallada

5 La figura 1 ilustra esquemáticamente una matriz de dipolos altamente acoplados 11 que comprende una disposición
 10 periódica sustancialmente plana de elementos de antena 12. Cada elemento de antena 12 comprende cuatro brazos
 conductores 13 que forman dos antenas de dipolos ortogonales y proporcionan polarización dual. Los elementos en
 forma de T 14 al final de cada brazo 13 incrementan la capacidad en serie entre elementos de antena 12 adyacentes
 con el fin de mejorar la anchura de banda de la antena. Cada brazo conductor tiene una parte de alimentación 15
 situada en el centro del elemento de antena 12 para recibir una señal eléctrica. No se muestra un sustrato dieléctrico
 para soportar la matriz de dipolos 11 (como es convencional en antenas de circuito impreso).

15 La figura 2 ilustra esquemáticamente un segundo ejemplo de una matriz de dipolos altamente acoplados 21 que
 comprende una disposición periódica sustancialmente plana de elementos de antena 22 soportados por un sustrato
 dieléctrico delgado (no mostrado en la figura 2). Cada elemento de antena 22 comprende cuatro brazos conductores
 23 sustancialmente idénticos que forman dos antenas de dipolos ortogonales y proporcionan polarización dual. Los
 elementos de acoplamiento de líneas paralelas 24 que están previstos por el lado del sustrato dieléctrico delgado
 que está opuesto al de los elementos de dipolo sirven para incrementar la capacidad en serie entre elementos de
 antena 22 adyacentes con el fin de mejorar la anchura de banda de la antena. Se muestra un corte Z-Z de la matriz
 de antena en la figura 2 (con el grosor de los brazos 23 y el elemento de acoplamiento 24 fuertemente exagerado)
 para ilustrar una vista lateral de un elemento de acoplamiento 24.

20 Se apreciará que la disposición mostrada en la figura 2 no es tan conveniente como la disposición mostrada en la
 figura 1 si se desea producir una matriz de dipolos que abarque más de una sección de sustrato ya que un elemento
 de acoplamiento 24 tendría que abarcar dos secciones de sustrato.

25 La figura 3 es una vista en perspectiva de un elemento de antena 22 mostrado en la figura 2 que ilustra las capas
 que son usadas en una simulación de antena. El elemento de antena 22 incluye una estructura de alimentación 32
 que comprende un cable coaxial que alimenta cada brazo conductor 23 (también se muestra un brazo conductor de
 cada uno de cuatro elementos de antena adyacentes). Una capa espaciadora 34 de un material dieléctrico separa la
 capa de brazos conductores 23 respecto a una capa de plano de tierra (no mostrada). Una capa de sustrato
 dieléctrico 36 relativamente delgada soporta los brazos conductores 23 y los elementos de acoplamiento 24.

30 Debido a que la capa de sustrato 36 tiene una constante dieléctrica de 2,2 y el aire tiene una constante dieléctrica de
 aproximadamente 1, están previstas capas dieléctricas adicionales – una primera capa dieléctrica 38 y una segunda
 capa dieléctrica 40 – para cubrir la capa de brazos conductores 23 para suavizar las diferencias en las propiedades
 dieléctricas entre el sustrato 36 y el aire y para mejorar el ángulo de barrido de una matriz de antena 21 constituida
 por una estructura periódica de los elementos de antena 22. En este ejemplo, una primera capa dieléctrica 38 que
 tiene una constante dieléctrica de 2,0 soporta una segunda capa dieléctrica 40 que tiene una constante dieléctrica
 35 de 1,33 entre la capa de sustrato 36 y el aire. En esta descripción, la estructura de alimentación es denominada a
 veces estructura de alimentación vertical, aunque se apreciará que una matriz de antena 21 puede estar en
 cualquier orientación durante el uso.

40 El ángulo de barrido efectivo de una antena de matriz con control de fase está limitado por la relación de ondas
 estacionarias de tensión (VSWR, del inglés “Voltage Standing Wave Ratio”) alcanzada en la estructura de
 alimentación cuando son aplicadas fases a los elementos de antena con el fin de barrer en el plano del campo
 eléctrico (el plano E) y el plano del campo magnético (el plano H) que son ortogonales entre sí. Las predicciones del
 comportamiento de la relación VSWR pueden generarse usando software de modelado de antenas convencional.

Idealmente, la relación VSWR estaría por debajo de 2:1, pero una relación de 2,5:1 puede tolerarse para una
 operación con anchura de banda y ángulo de barrido muy grandes.

45 Relaciones VSWR excesivas pueden producirse debido a corrientes indeseadas en la estructura de alimentación 32.
 Las figuras 4a y 4b muestran brazos conductores 23 alimentados por una estructura de alimentación 32, en que
 cada brazo conductor 23 es alimentado por un cable coaxial 50. La figura 4a ilustra, por medio de flechas, corrientes
 equilibradas en la estructura de alimentación. La figura 4b, por otro lado, muestra corrientes no equilibradas o de
 modo común indeseadas, que si no son suprimidas provocarán ruido en las señales recibidas por los brazos
 50 conductores 23.

55 En una realización preferida de la invención, mostrada en las figuras 5 y 6, las corrientes de modo común
 indeseadas son suprimidas concentrando los campos eléctricos verticalmente polarizados y que se propagan
 horizontalmente, que las producen, hacia una matriz de varillas conductoras distribuidas a través del material
 dieléctrico de la capa espaciadora 34 que rodea y está separada de las estructuras de alimentación 32. Las
 dimensiones de las varillas son escogidas para provocar que las corrientes se disipen en vez de desplazarse en la

estructura de alimentación. Además, el espaciado y la distribución de las varillas son escogidos de modo que parezcan homogéneos frente a señales a las longitudes de onda operativas de la antena.

5 Con referencia a las figuras 5 y 6 (en las que objetos previamente descritos están etiquetados con los mismos números de referencia), se muestra una estructura de elementos de antena 60 en la que elementos conductores 63 de un elemento de antena 62 tienen forma triangular en esta realización de modo que se incrementa la capacidad en serie entre los elementos conductores 63 de los elementos de antena 62 adyacentes. Las capas dieléctricas 38 y 40 de la figura 3 están presentes también en esta estructura 60, aunque no se muestran. La estructura de alimentación 32 está situada en el centro de la estructura de elementos de antena 60 de un modo ya descrito con referencia a las figuras 1 y 3.

10 La estructura de alimentación 32 y los elementos conductores 63 en este ejemplo están dispuestos con un paso de 13 mm tanto en la dirección x como en la y en la capa de sustrato 36. De este modo, la periodicidad de los elementos de antena en una antena de matriz que comprende una disposición periódica de los elementos de antena cuadrados 62 es de 13 mm. La capa de sustrato 36 está situada 10,4 mm por encima del sustrato de base 46 que incluye un plano de tierra de línea plana.

15 La capa espaciadora 34 está hecha de un material con una constante dieléctrica relativamente baja (por ejemplo espuma de poliuretano, que tiene una constante dieléctrica que se aproxima a la del espacio libre, u otra espuma de baja densidad) en el cual está distribuida una matriz de varillas alargadas espaciadas de forma sustancialmente igual, verticales y paralelas 51, hechas por ejemplo de aleación de cobre o aluminio o de otro material eléctricamente conductor. Las varillas 51 están dispuestas con un paso de 3,25 mm en las direcciones x e y, un cuarto del paso (13 mm) de los elementos de antena 62. La matriz de antena está diseñada para uso a una frecuencia máxima de 11,5 GHz, equivalente a una longitud de onda de 26 mm. El paso de las varillas conductoras 51 es por lo tanto de un octavo de una longitud de onda y el de los elementos de antena es la mitad de la longitud de onda de las señales de frecuencia más alta para las que está diseñada la antena.

25 En este ejemplo, las varillas tienen una longitud de 7,2 mm y tienen una sección circular con un diámetro de 1,0 mm. Su relación de longitud a diámetro es por lo tanto de 7,2:1. Las varillas 51 están suspendidas en el material dieléctrico 34 de modo que el extremo inferior de cada varilla 51 está a 0,7 mm del plano de tierra y el extremo superior está a 2,5 mm del lado inferior de la capa de sustrato 36. El extremo inferior de la varilla 51 está acoplado capacitivamente al plano de tierra debido a su proximidad a él y actúa en combinación con la inductancia de la varilla 51 para formar un circuito sintonizado que disipa la energía en los campos eléctricos indeseados. Debido al hueco relativamente grande entre la parte superior de las varillas 51 y los elementos de antena 62, hay un acoplamiento despreciable entre ellos.

30 La forma alargada de las varillas 51 y su orientación vertical paralela entre los elementos conductores 63 y la capa de plano de tierra 46 resultan en que la capa dieléctrica 34 tiene propiedades diferentes en la dirección z (normal a los elementos conductores 63) en comparación con sus propiedades en las direcciones x e y. Esto permite que los campos verticalmente polarizados induzcan corrientes de modo común indeseadas que hay que suprimir, al tiempo que tienen poco efecto en los campos horizontalmente polarizados asociados con las corrientes inducidas en los elementos conductores 63 de los elementos de antena 62 que son necesarias para transmisión y recepción.

35 Para facilitar la fabricación, la capa espaciadora comprende partes superior e inferior 52, 54, mostradas en la figura 6, cada una con una matriz de agujeros ciegos para recibir las varillas 51. Las varillas son situadas en la parte inferior 54 y luego la parte superior 52 es colocada encima y ligada a la parte inferior 54, o viceversa.

40 Se apreciará que pueden introducirse diversas alteraciones, modificaciones, y/o adiciones en las construcciones, disposiciones y dimensiones de las partes anteriormente descritas sin apartarse del alcance de la presente invención definido en las reivindicaciones adjuntas.

45 Aunque la invención ha sido discutida con referencia específica a cables coaxiales, otras estructuras de alimentación verticales, por ejemplo línea plana o cualquier otro conductor eléctrico que alimenta una matriz de antena en paralelo, pueden beneficiarse de la invención.

Aunque la invención ha sido descrita usando dos capas dieléctricas 38, 40 entre la matriz de antena y el aire, pueden usarse menos, más, o ninguna capa dieléctrica. Además, las partes 52, 54 de la capa dieléctrica 34 pueden estar hechas de materiales diferentes.

50 Aunque la invención ha sido descrita en el contexto de matrices de antenas que tienen cuatro brazos (elementos) conductores, la invención puede beneficiar también a matrices de elementos de antena que tienen dos brazos conductores y puede beneficiar también a otros tipos de estructuras de antena o de matriz de antena en las que se requiere una estructura de alimentación eléctrica paralela (o "vertical").

55 Las dimensiones y propiedades materiales anteriormente descritas se refieren a una antena de matriz a modo de ejemplo específica. Sin embargo, son posibles variaciones, de acuerdo con el rango de operación de frecuencias

buscado de la antena, que serían entendidas por una persona con experiencia ordinaria en la técnica y que caen dentro del alcance de la presente invención definido en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Antena de radar u otra antena de microondas para una matriz con control de fase que comprende al menos un elemento de antena (12, 22, 62), un plano de tierra (46), una estructura de alimentación (15, 32) para el elemento que se extiende hasta el elemento de antena normalmente a él a través de un sustrato dieléctrico (34), y en que el sustrato dieléctrico comprende una matriz de elementos alargados, eléctricamente conductores y discretos (51) distribuidos a través del sustrato dieléctrico, estando los elementos alargados separados de la estructura de alimentación y dispuestos con sus ejes longitudinales alineados en una primera dirección que es paralela a la estructura de alimentación, de tal modo que el sustrato dieléctrico es anisótropo con lo que se reducen corrientes de modo común indeseadas en la estructura de alimentación, **caracterizada porque** los elementos alargados tienen extremos separados del plano de tierra de tal modo que, en operación, se acoplan capacitivamente al plano de tierra.
2. Antena de radar u otra antena de microondas según la reivindicación 1, en que la matriz de elementos eléctricamente conductores y discretos está dispuesta debajo del al menos un elemento de antena.
3. Antena según la reivindicación 1 ó 2, en que los elementos alargados presentan una impedancia relativamente alta a campos eléctricos polarizados en dicha primera dirección.
4. Antena según las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en que los elementos alargados están separados por una distancia que es varias veces menor, por ejemplo 4 a 16 veces menor.
5. Antena según las reivindicaciones 4, en que los elementos alargados están separados por una distancia que es 8 veces menor que la longitud de onda más corta de las señales para cuya transmisión o recepción está diseñada la antena.
6. Antena según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que el al menos un elemento de antena comprende pares de dipolos, uno de cuyos dipolos está alineado en una segunda dirección, ortogonal a dicha primera dirección, y el otro de los cuales está alineado ortogonalmente a dichas direcciones primera y segunda.
7. Antena según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que los elementos alargados se extienden sólo parcialmente a través del grosor del sustrato dieléctrico, normalmente al elemento de antena.
8. Antena según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que los elementos alargados están dispuestos entre el elemento de antena y el plano de tierra.
9. Antena según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que el sustrato dieléctrico se extiende desde los dipolos del elemento de antena hasta un plano de tierra dispuesto de forma sustancialmente paralela a dichos dipolos, comprendiendo el sustrato dieléctrico un material de constante dieléctrica relativamente baja, escogido preferiblemente de entre espumas de poliuretano de baja densidad con constante dieléctrica baja.
10. Antena según la reivindicación 7, 8 ó 9, en que la longitud de los elementos alargados es de entre el 50% y el 90% de la distancia entre los dipolos y el plano de tierra.
11. Antena según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que los elementos alargados son de sección circular y tienen una relación de longitud a diámetro en el rango de 5 a 15 y preferiblemente 7 a 1.
12. Antena según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que los elementos alargados tienen forma de varilla.
13. Matriz de antena que comprende una pluralidad de elementos de antena según cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
14. Matriz según la reivindicación 13, en que los elementos de antena están separados regularmente en al menos una dirección, siendo el espaciado de los elementos alargados, en dicha al menos una dirección, regular de elemento de antena a elemento de antena y un submúltiplo de la dimensión de los elementos de antena en dicha al menos una dirección.
15. Matriz según la reivindicación 14, en que los elementos de antena están separados regularmente en dos direcciones ortogonales, siendo el espaciado de los elementos alargados en cada una de dichas dos direcciones ortogonales de la mitad a un octavo y preferiblemente un cuarto de la respectiva dimensión de los elementos de antena.

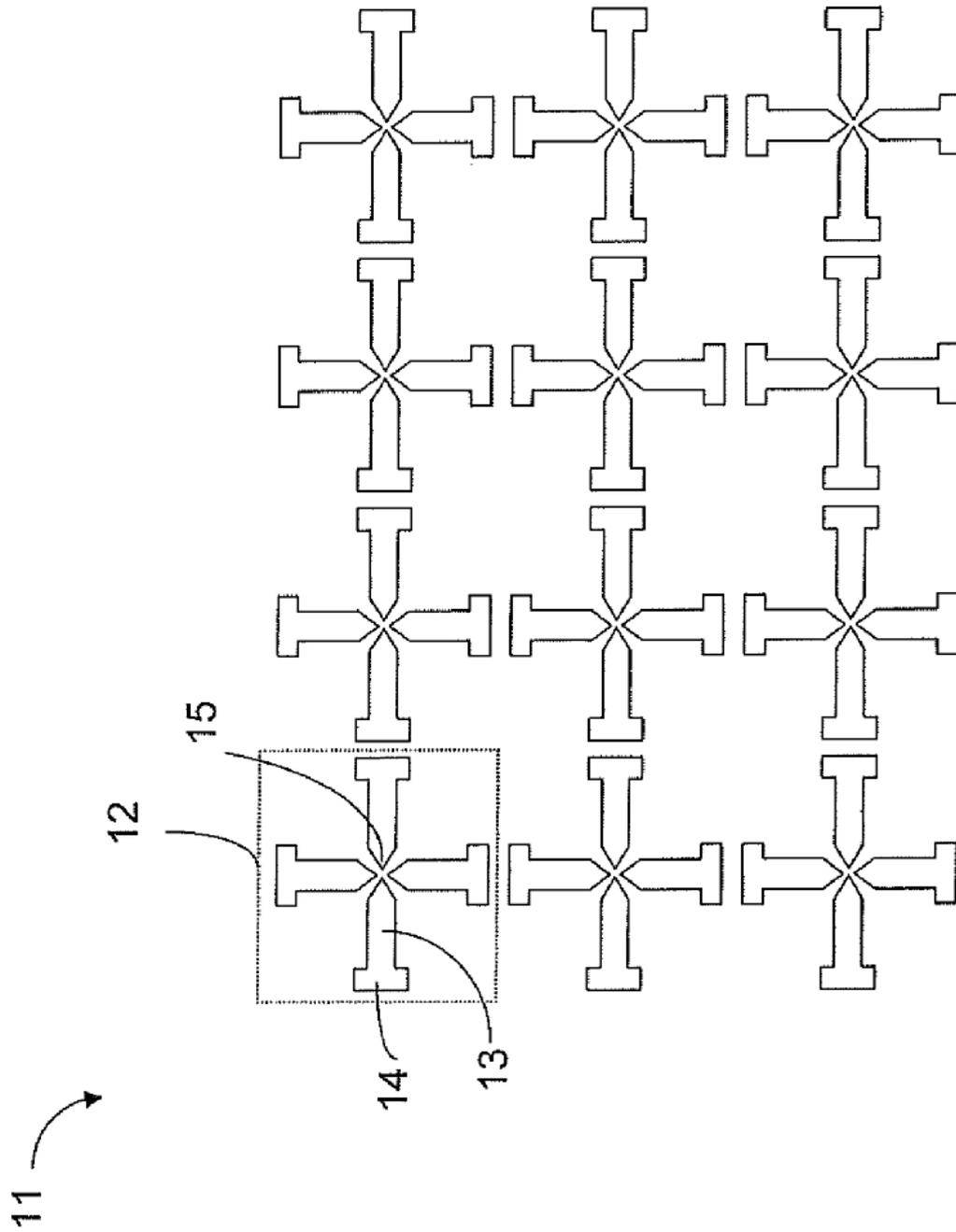


Fig. 1

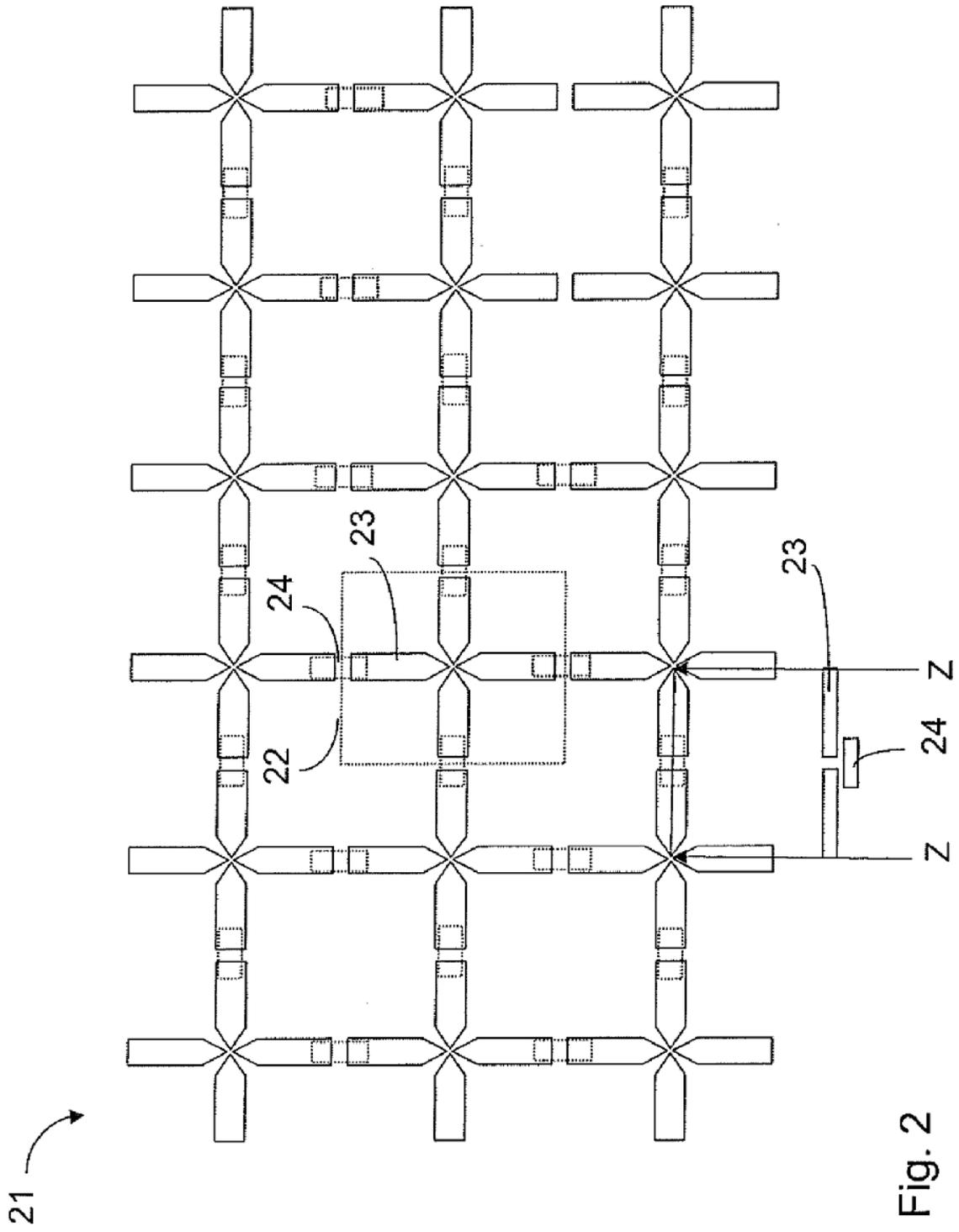


Fig. 2

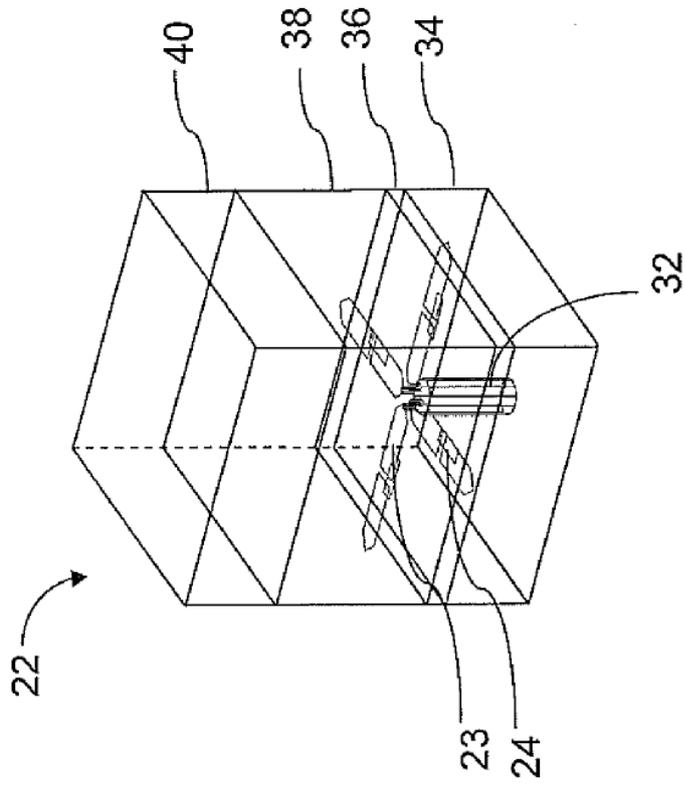
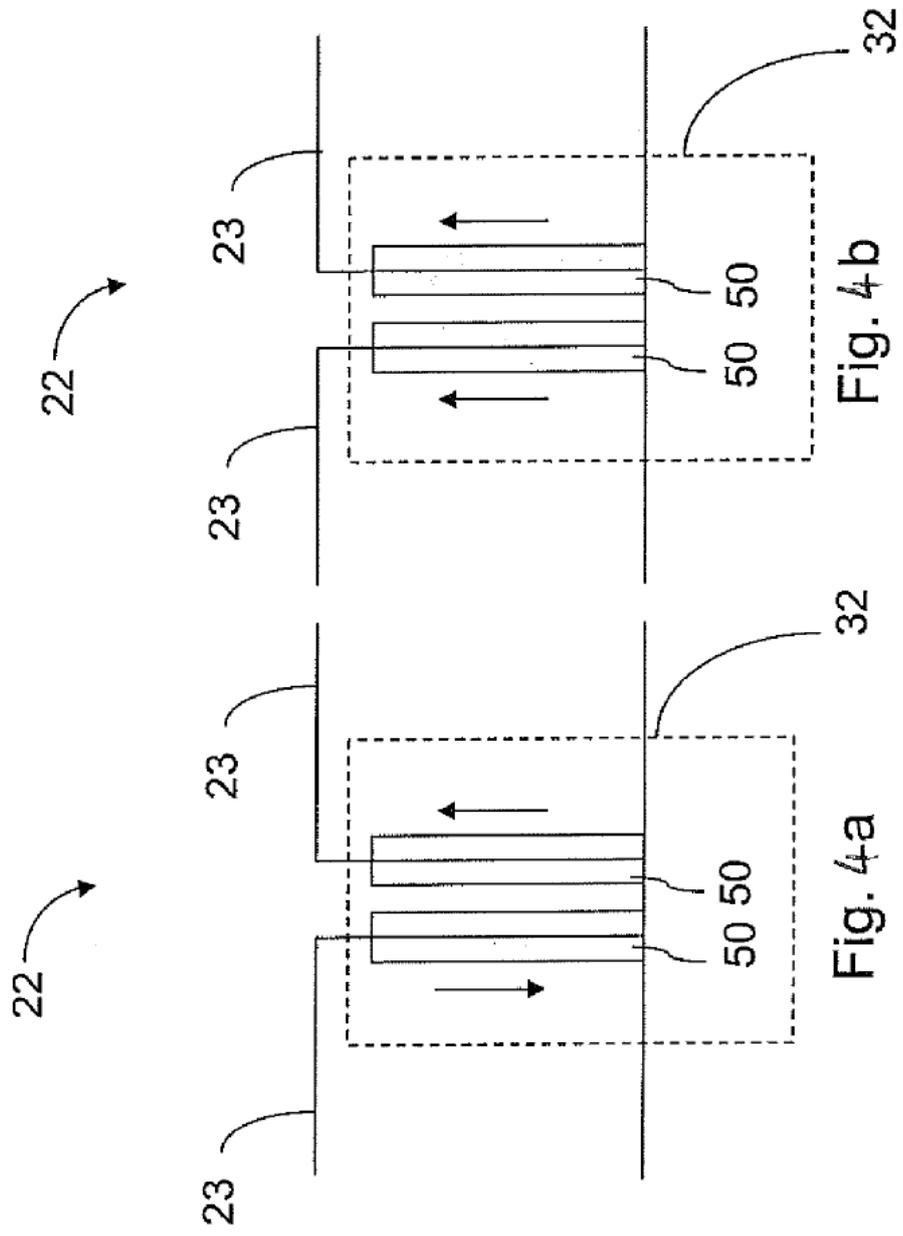


Fig. 3



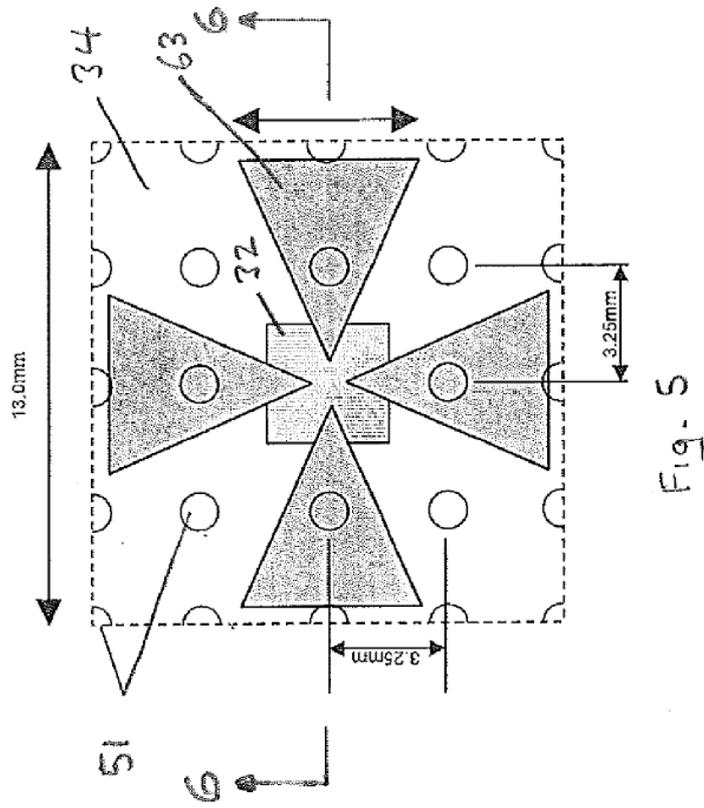


Fig. 5

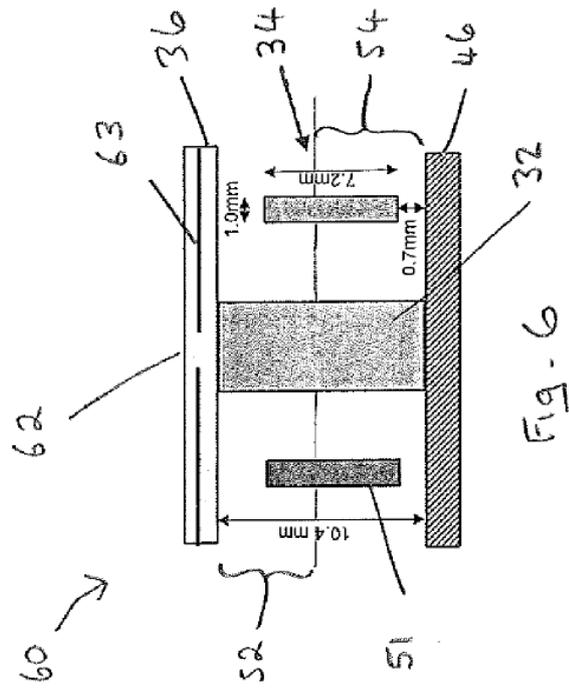


Fig. 6