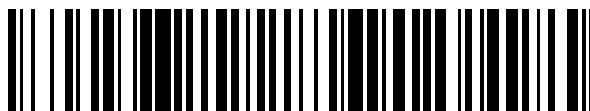


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 700 351**

51 Int. Cl.:

H01P 1/20 (2006.01)

H01P 3/00 (2006.01)

H01Q 13/08 (2006.01)

H01Q 15/00 (2006.01)

H03H 7/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.06.2009 E 09163463 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.07.2018 EP 2221923**

54 Título: **Antena y placa de circuito impreso que usan estructura de guía de ondas**

30 Prioridad:

24.02.2009 JP 2009041356

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

15.02.2019

73 Titular/es:

**NEC CORPORATION (100.0%)
7-1, Shiba 5-chome Minato-ku
Tokyo 108-8001, JP**

72 Inventor/es:

**TOYAO, HIROSHI y
ANDO, NORIAKI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 700 351 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 y placa de circuito impreso que usan estructura de guía de ondas

La presente invención se refiere a estructuras de guía de ondas para su uso en la propagación de ondas electromagnéticas tales como microondas y ondas milimétricas, y en particular a estructuras de brecha de banda electromagnética (EBG) para suprimir la propagación de ondas electromagnéticas en bandas de frecuencia específicas. Específicamente, la presente invención se refiere a antenas y placas de circuito impreso que usan una estructura de guía de ondas, así como a dispositivos electrónicos que incluyen placas de circuitos impresos.

Se han desarrollado y descrito en varios documentos diversas tecnologías relativas a estructuras de guías de ondas, placas de circuitos impresos y antenas para evitar la propagación de ondas electromagnéticas en bandas de frecuencia específicas, por ejemplo en los documentos US 2005/019051 A1 (Documento de Patente 1), US 2005/0205292 A1 (Documento de Patente 2) y US 2007/0176827 A1 (Documento de Patente 3).

También se hace referencia al documento JP 2006-253929 A, al documento US 2006/0044210 A, al documento US 2007/0285336 A así como a Li Yang et al. "A Spiral Electromagnetic Bandgap (EBG) Structure and its Application in Microstrip Antenna Arrays" MICROWAVE CONFERENCE PROCEEDINGS, 2005 IEEE, vol. 3, páginas 1-4. Estos documentos describen varias estructuras EBG.

Recientemente, se han proporcionado métodos para controlar artificialmente las dispersiones de frecuencia de ondas electromagnéticas mediante el uso de parches conductores alineados repetitivamente. Entre esas estructuras, las estructuras que tienen brechas de banda en las dispersiones de frecuencia se denominan como estructuras EBG, que se aplican de forma esperable a filtros para suprimir la propagación de ruido no deseado en placas de circuitos impresos o sustratos de paquetes de dispositivos.

El Documento de Patente 1 enseña una estructura EBG para reducir la propagación del ruido entre placas paralelas. La estructura EBG incluye parches conductores que están alineados en una tercera capa entre placas paralelas y que sirven como capacitancias para un plano conductor de las placas paralelas, y derivaciones (o admitancias) para conectar los parches conductores a otro plano conductor de las placas paralelas, en donde las derivaciones se alinean repetitivamente de una manera unidimensional o de una manera bidimensional a lo largo de las placas paralelas. Debido a las brechas de banda que se producen en las bandas de frecuencia en las que las derivaciones sirven como inductancias en la estructura EBG, es posible establecer brechas de banda vacías al controlar las frecuencias de resonancia LC en serie de las derivaciones.

Asegurar capacitancias e inductancias adecuadas en la estructura EBG anterior conduce a aumentar las áreas de parches conductores o a aumentar las longitudes de las vías conductoras, lo que a su vez hace que sea difícil reducir el tamaño de las estructuras.

El Documento de Patente 2 enseña una estructura en la que los condensadores de chip están montados en la superficie y están conectados en paralelo entre planos conductores y parches conductores. Esta estructura aumenta las capacitancias sin aumentar las áreas de los parches conductores.

Sin embargo, el Documento de Patente 2 describe que el uso de condensadores de chip aumenta la cantidad de piezas para aumentar así el costo de fabricación.

En las circunstancias anteriores, el inventor ha reconocido que es necesario fabricar una estructura EBG (o una estructura de guía de ondas) y una placa de circuito impreso con un tamaño reducido, sin usar componentes de chip, y con un bajo costo de fabricación.

Convencionalmente, se han desarrollado antenas de panel plano para microondas y ondas milimétricas, y en particular, se han desarrollado estructuras de antenas de tamaño pequeño y de baja frecuencia que utilizan la tecnología de meta-material. Esta tecnología es ventajosa para reducir los tamaños de los dispositivos de comunicación inalámbrica para su uso en la recepción/transmisión de ondas electromagnéticas, tales como microondas y ondas milimétricas.

La relación entre el número de onda (o longitud de onda) y la frecuencia en ondas electromagnéticas que se propagan a través de los medios dieléctricos, se conoce como características de dispersión del medio. Recientemente, se han desarrollado y estudiado tecnologías de meta-materiales en las que los patrones conductores o las estructuras conductoras se alinean de forma repetitiva para así controlar artificialmente las características de dispersión en la propagación de ondas electromagnéticas a través de estructuras en diversos campos de aplicación de la ingeniería.

Es posible reducir el tamaño de las antenas mediante el uso de la tecnología de meta-materiales. El Documento de Patente 3 enseña una estructura de antena de pequeño tamaño basada en los principios de los compuestos a mano derecha o a mano izquierda (CRLH) que muestra la propiedad a mano derecha o la propiedad a mano izquierda debida a la frecuencia de funcionamiento.

- La antena del Documento de Patente 3 emplea una estructura de línea CRLH que alinea repetitivamente una multitud de estructuras unitarias que incluyen planos conductores, parches conductores dispuestos en paralelo con planos conductores y vías conductoras conectadas entre planos conductores y parches conductores, que utilizan así una resonancia relacionada con la longitud de la estructura de línea CRLH en el rango de frecuencias a mano izquierda. Los medios convencionales (por ejemplo, los medios a mano derecha) sufren del gran tamaño de una estructura de antena porque la longitud de onda de las ondas electromagnéticas se hace más larga a medida que la frecuencia disminuye. Por el contrario, los medios a la mano izquierda son capaces de reducir el tamaño de una estructura de antena porque la longitud de onda de las ondas electromagnéticas se hace menor a medida que la frecuencia disminuye.
- El Documento de Patente 3 enseña que con el propósito de disminuir el rango de frecuencia que asegura el funcionamiento del medio a la mano izquierda, se dispone un elemento conductor entre el plano conductor y el parche conductor para así aumentar la capacitancia formada entre parches conductores adyacentes. Para el mismo propósito, se forma una rendija en la proximidad de la conexión entre el plano conductor y la vía conductora para formar así una línea coplanaria, lo que así aumenta la inductancia formada entre el plano conductor y el parche conductor.
- El inventor ha reconocido que los medios a la mano izquierda del Documento de Patente 3 que utilizan la estructura repetitiva no pueden funcionar como antenas en un rango de baja frecuencia bajo frecuencias de corte de los mismos. En resumen, la estructura de antena del Documento de Patente 3 adolece de la limitación en la reducción de frecuencias. Por esta razón, es difícil diseñar antenas de pequeño tamaño que funcionen en bajas frecuencias basadas en la tecnología convencional.
- Se hace referencia al documento JP2008236027 en el que se describe una estructura de guía de ondas que comprende una primera línea de transmisión y una segunda línea de transmisión. La presente invención busca resolver el problema anterior o mejorar el problema al menos en parte.
- La presente invención está dirigida a una estructura de guía de ondas que comprende:
- un primer plano conductor; un segundo plano conductor; y una multitud de estructuras unitarias, en las que el segundo plano conductor está dispuesto opuesto al primer plano conductor, y cada una de las estructuras unitarias comprende: una primera línea de transmisión; una segunda línea de transmisión; y una vía conductora, en la que la primera línea de transmisión y la segunda línea de transmisión están dispuestas en una misma capa o en diferentes capas, en la que la misma capa es opuesta al segundo plano conductor, y las diferentes capas son opuestas al segundo plano conductor, y la primera línea de transmisión comprende: un primer extremo; y
 - un segundo extremo, en el que el primer extremo es un extremo abierto, y el segundo extremo está conectado eléctricamente al primer plano conductor a través de la vía conductora, y la segunda línea de transmisión comprende: un tercer extremo; y un cuarto extremo; donde el tercer extremo es un extremo abierto, y el cuarto extremo está conectado eléctricamente al primer plano conductor a través de la vía conductora, y la primera línea de transmisión y la segunda línea de transmisión tienen diferentes longitudes.
- Las características y ventajas anteriores de la presente invención serán más evidentes a partir de la siguiente descripción de ciertas realizaciones preferidas tomadas junto con los dibujos adjuntos, en los que:
- La Fig. 1 es una vista en sección transversal de una estructura de EBG utilizada para explicar una estructura de guía de ondas según un primer ejemplo;
- La Fig. 2 es una vista en planta de la estructura EBG correspondiente a la estructura de guía de ondas del primer ejemplo;
- La Fig. 3 es un diagrama de circuito que muestra un circuito equivalente de la estructura EBG;
- La Fig. 4 es un gráfico que representa la parte imaginaria de la admitancia en la estructura EBG;
- La Fig. 5 es un gráfico que muestra los resultados de cálculo con respecto a la pérdida de inserción en la propagación de ondas electromagnéticas a través de la estructura EBG;
- La Fig. 6 es una vista en sección transversal que muestra una estructura EBG que incluye una capa dieléctrica adicional depositada encima de las líneas de transmisión;
- La figura 7A es una vista en planta que muestra líneas de transmisión en forma de espiral.
- La figura 7B es una vista en planta que muestra líneas de transmisión serpenteantes.
- La Fig. 8 es una vista en planta que muestra una estructura EBG en la que las líneas de transmisión están alineadas para desviarse alrededor de un componente X;

- La Fig. 9 es una vista en sección transversal de una estructura EBG utilizada para explicar una estructura de guía de ondas según un segundo ejemplo;
- La Fig. 10 es una vista en sección transversal que muestra una variante de la estructura EBG que se muestra en la Fig. 9;
- 5 La Fig. 11 es una vista en sección transversal de una estructura EBG utilizada para explicar una estructura de guía de ondas según un tercer ejemplo;
- La Fig. 12 es una vista en sección transversal que muestra una variante de la estructura EBG que se muestra en la Fig. 11;
- 10 La Fig. 13 es una vista en sección transversal de una estructura EBG utilizada para explicar una estructura de guía de ondas según un cuarto ejemplo;
- La Fig. 14 es un diagrama de un circuito que muestra un circuito equivalente de la estructura EBG que se muestra en la Fig. 13.
- La Fig. 15 es una vista en sección transversal que muestra una primera variante del cuarto ejemplo que se crea sobre la base de la estructura EBG del segundo ejemplo;
- 15 La Fig. 16 es una vista en sección transversal que muestra una segunda variante del cuarto ejemplo que se crea sobre la base de la estructura EBG del tercer ejemplo;
- La Fig. 17 es una vista en sección transversal de una estructura EBG utilizada para explicar una estructura de guía de ondas según un quinto ejemplo;
- La Fig. 18 es una vista en planta de la estructura EBG que se muestra en la Fig. 17;
- 20 La Fig. 19 es una vista en sección transversal que muestra una variante del quinto ejemplo que se crea sobre la base de la estructura EBG que se muestra en la Fig. 15;
- La Fig. 20 es una vista en planta que muestra otra variante del quinto ejemplo que incluye líneas de transmisión en forma de espiral;
- La Fig. 21 es una vista en planta que muestra una placa de circuito impreso que incorpora la estructura EBG según un sexto ejemplo;
- 25 La Fig. 22 es una vista en sección transversal de la placa de circuito impreso mostrada en la Fig. 21;
- La Fig. 23 es una vista en planta que muestra una variante del sexto ejemplo;
- La Fig. 24 es una vista en planta que muestra una placa de circuito impreso según un séptimo ejemplo;
- La Fig. 25 es una vista en planta que muestra una primera variante del séptimo ejemplo en el que dos tipos de estructuras EBG se alinean alternativamente en la dirección de propagación del ruido;
- 30 La Fig. 26 es una vista en planta que muestra una segunda variante del séptimo ejemplo en el que dos tipos de estructuras EBG se alinean en un patrón de cuadros;
- La Fig. 27 es una vista en planta fragmentada que muestra la primera realización;
- La Fig. 28 es una vista en sección transversal que muestra una realización de la presente invención;
- 35 La Fig. 29 es una vista en perspectiva que muestra una antena según un octavo ejemplo;
- La Fig. 30 es una vista en planta de la antena vista en la dirección del eje Z.
- La Fig. 31 es una vista en planta de la antena a través de un parche conductor visto en la dirección del eje Z.
- La Fig. 32 es una vista en planta del plano conductor incluido en la antena;
- La Fig. 33 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea A-A en las Figs. 30 y 31;
- 40 La Fig. 34 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea B-B en las Figs. 30 y 31;
- La Fig. 35 es un diagrama de un circuito que muestra un circuito equivalente de una estructura de meta-material aplicada a la antena de la Fig. 29;
- La Fig. 36 es un gráfico que muestra las características de dispersión de la estructura de meta-material;

La Fig. 37 es un gráfico que muestra el resultado del análisis electromagnético tridimensional relativo al parámetro S con respecto a la antena de la Fig. 29;

La Fig. 38 es un gráfico circular que muestra el resultado del análisis electromagnético relativo a la directividad de la emisión en la primera frecuencia de resonancia de una primera banda con respecto a la antena de la figura 29;

- 5 La Fig. 39 es un gráfico circular que muestra el resultado del análisis electromagnético relativo a la directividad de la emisión en la primera frecuencia de resonancia de una segunda banda con respecto a la antena de la figura 29;

La Fig. 40 es una vista en planta que muestra un alineamiento 4x2 de derivaciones en el parche conductor;

La Fig. 41 es una vista en planta que muestra un alineamiento 4x1 de derivaciones en el parche conductor;

La Fig. 42 es una vista en planta que muestra una derivación única formada en el parche conductor;

- 10 La Fig. 43 es una vista en planta que muestra que las líneas de transmisión de forma lineal están alineadas en el parche conductor;

La Fig. 44 es una vista en planta fragmentada que muestra una ramificación de las líneas de transmisión;

La Fig. 45 es una vista en planta que muestra un parche conductor de forma rectangular;

- 15 La Fig. 46 es una vista en sección transversal que muestra que la vía conductora mostrada en la Fig. 33 se reemplaza con una vía directa;

La Fig. 47 es una vista en planta que muestra una antena según un noveno ejemplo;

La Fig. 48 es una vista en planta de la antena que excluye las líneas de transmisión visualizadas en la dirección del eje Z;

La Fig. 49 es una vista en planta de una plano conductor incluido en la antena de la Fig. 47;

- 20 La Fig. 50 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea A-A en las Figs. 47 a 49;

La Fig. 51 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea B-B en las Figs. 47 a 49.

La Fig. 52 es una vista en sección transversal que muestra una antena según un décimo ejemplo en el plano X-Z;

La Fig. 53 es una vista en sección transversal que muestra una antena según un decimoprimer ejemplo en el plano X-Z;

- 25 La Fig. 54 es una vista en sección transversal que muestra una antena según un duodécimo ejemplo en el plano X-Z;

La Fig. 55 es una vista en perspectiva que muestra una antena según un decimotercer ejemplo;

La Fig. 56 es una vista en perspectiva que muestra una antena según una variante del decimotercer ejemplo;

La Fig. 57 es una vista en planta que muestra una antena según un decimocuarto ejemplo; y

- 30 La Fig. 58 es una vista en planta que muestra una antena según un decimoquinto ejemplo.

En la siguiente descripción relativa a estructuras de guía de ondas y placas de circuito impreso según la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, se hará referencia a una dirección vertical en la Fig. 1 como a una dirección del espesor de una placa.

1. Primer ejemplo

- 35 La Fig. 1 es una vista en sección transversal de una estructura EBG según un primer ejemplo.

La Fig. 2 es una vista en planta de la estructura EBG; y la Fig. 1 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea A-A en la Fig. 1.

- 40 La estructura EBG (o la estructura de guía de ondas) del primer ejemplo es una estructura conductora de placas paralelas; como se muestra en la Fig. 1, e incluye los planos conductores primero y segundo 1 y 2, que están alineados en paralelo con una distancia entre ellos en la dirección del espesor, así como una estructura unitaria 3. La estructura unitaria 3 incluye una línea de transmisión 4, que se coloca en una capa diferente de las capas del primer y segundo planos 1 y 2, y una vía conductora 5 para conectar eléctricamente la línea de transmisión 4 y el primer plano conductor 1.

Específicamente, la estructura EBG incluye una primera capa dieléctrica 6, y una segunda capa dieléctrica 7 que está dispuesta sobre una superficie superior de la primera capa dieléctrica 6 en la dirección del espesor, en la que el primer plano conductor 1 está dispuesto en una superficie inferior de la primera capa dieléctrica 6 en la dirección del espesor, y el segundo plano conductor 2 está dispuesto entre la primera capa dieléctrica 6 y la segunda capa dieléctrica 7. La vía conductiva 5 se alarga en la dirección del espesor desde la superficie superior del segundo plano conductor 2 a la superficie inferior del primer plano conductor 1. La línea de transmisión 4 está dispuesta en la superficie superior de la segunda capa dieléctrica 7 en la dirección del espesor. Es decir, la línea de transmisión 4 está dispuesta para orientarse frente al segundo plano conductor 2 fuera de una región circunscrita entre el primer plano conductor 1 y el segundo plano conductor 2.

La línea de transmisión 4 utiliza el segundo plano conductor 2 con una ruta de retorno, en el que uno de sus extremos (es decir, un extremo del lado derecho en la Fig. 1) sirve como un extremo abierto de modo que la línea de transmisión 4 sirve como un conector abierto. El otro extremo de la línea de transmisión 4 (es decir, un extremo del lado izquierdo en la Fig. 1) está conectado eléctricamente a una almohadilla 8 que está formada en el mismo plano que la línea de transmisión 4 y que está conectada eléctricamente al primer plano conductor 1 a través de la vía conductora 5 alargada en la dirección del espesor. El segundo plano conductor 2 está equipado con un espacio libre 9 que se solapa con la vía conductora 5 en su posición, de modo que la vía conductora 5 está aislada eléctricamente y no se pone en contacto con el segundo plano conductor 2 por medio del espacio libre 9.

En la estructura EBG anterior, la línea de transmisión 4, la vía conductiva 5 y la almohadilla 8 están dedicadas a una derivación, que se combina con espacio libre 9 para formar así la estructura 3 unitaria. Una o más estructuras 3 unitarias se alinean de forma repetitiva en un punto reticular definido mediante un vector independiente $A=(A1,A2)$ y $B=(B1,B2)$ en el plano X-Y. El primer ejemplo de realización se refiere a una retícula tetragonal definida por $A=(a,0)$ y $B=(0, a)$ mostrada en la Fig. 2 como un punto reticular en modo básico. En la primera realización, la línea de transmisión 4 está inclinada a la retícula tetragonal de $A=(a,0)$ y $B=(0,a)$ en un cierto ángulo, en donde es posible asegurar una longitud larga d con respecto a la línea de transmisión 4 sin interferir con el espacio libre 9 en su periferia. Hablando estrictamente, la línea de transmisión 4 no está incluida en la sección transversal tomada a lo largo de la línea A-A en la Fig. 2; por razones de conveniencia, las líneas de transmisión 4 se ilustran usando líneas de puntos en la Fig. 1. Por razones de conveniencia, la Fig. 2 muestra el segundo plano conductor 2 a través del alcance en perspectiva de la segunda capa dieléctrica 7.

A continuación, se describirá un principio de funcionamiento básico de la estructura EBG anterior.

La Fig. 3 muestra un circuito equivalente a lo largo del eje X o del eje Y en la Fig. 2. La Fig. 4 es un gráfico para representar la parte imaginaria de una derivación en paralelo. La Fig. 5 es un gráfico que muestra los resultados de cálculo con respecto a una pérdida de inserción en la propagación de las ondas electromagnéticas a través de la estructura EBG del primer ejemplo. Cada unidad repetitiva 10 del circuito equivalente mostrado en la Fig. 3 está constituida por una impedancia en serie 11 y de una derivación en paralelo 12. La impedancia en serie incluye una inductancia 13 formada entre el primer y segundo planos conductores 1 y 2. La derivación en paralelo 12 incluye una capacitancia 14 formada entre el primer y segundo planos conductores 1 y 2, una inductancia 15 de la vía conductora 5 y las líneas de transmisión 4. El circuito equivalente global de la estructura EBG está formado por la conexión repetitiva de una o más unidades repetitivas 10.

En la estructura EBG, las brechas de banda se producen en bandas de frecuencia en las que las derivaciones en paralelo 12 sirven como inductancias. Una admitancia Y representativa de la derivación en paralelo 12 viene dada por la ecuación (1).

$$Y = \frac{1}{Z_{in} + j\omega L_{via}} + j\omega C_{plane} \quad (1)$$

Y : Admitancia

Z_{in} : impedancia de entrada de la línea de transmisión 4 en la vista de la almohadilla 8

ω : Frecuencia angular

L_{via} : Inductancia

C_{plane} : Capacitancia

La impedancia de entrada Z_{in} de la línea de transmisión 4 en la vista de la almohadilla 8 viene dada por la ecuación (2).

$$Z_{in} = Z_0 \times \frac{Z_T + jZ_0 \tan(\beta d)}{Z_0 + jZ_T \tan(\beta d)} \quad (2)$$

$$\beta = \omega \sqrt{\epsilon_{\text{eff}} \epsilon_0 \mu_0}$$

Z_{in} : Impedancia de entrada de la línea de transmisión 4 en la vista de la almohadilla 8

Z_0 : Impedancia característica

Z_T : Resistencia de terminación

5 d: Longitud de la línea de transmisión

ω : Frecuencia Angular

ϵ_{eff} : Constante dieléctrica efectiva

ϵ_0 : Constante dieléctrica de un vacío

μ_0 : Permeabilidad magnética de un vacío

10 La Fig. 4 muestra las curvas 16 de impedancia dependientes de la frecuencia basadas en la parte imaginaria de la admitancia Y calculada mediante las ecuaciones (1) y (2) que utilizan parámetros tales como la capacitancia 14 de 0,73pF, la inductancia 15 de 0,22nH, la impedancia característica de 20,25 Ω de la línea de transmisión 4, la longitud $d=7,5\text{mm}$ de la línea de transmisión 4, y la constante dieléctrica efectiva $\epsilon_{\text{eff}} = 3,47$ de la línea de transmisión 4. La
15 línea de transmisión 4 es de tipo de extremo abierto para que así la resistencia de terminación Z_T en esto se supone que es infinita. Debido a un efecto de conversión de impedancia de la línea de transmisión 4, la propiedad capacitiva (donde $\text{Im}(Y)>0$) y la propiedad inductiva (donde $\text{Im}(Y)<0$) surgen alternativamente en la impedancia $\text{Im}(Y)$ basados en la admitancia Y . En la figura 4, la impedancia $\text{Im}(Y)$ se vuelve negativa en las bandas de frecuencia 17, lo que muestra así la propiedad inductiva. Por esta razón, se anticipa que las brechas de banda pueden probablemente aparecer en las bandas de frecuencia 17.

20 En la estructura EBG, una estructura física correspondiente a la unidad repetitiva 10 del circuito equivalente se alinea repetitivamente en el punto reticular definido por una cierta distancia reticular "a" en el plano X-Y. Debido a una condición de frontera repetitiva impuesta sobre la unidad repetitiva 10 del circuito equivalente que se muestra en la Fig. 3, es necesario calcular las brechas de banda en consideración de la repetitividad estructural. La Fig. 5 muestra los resultados del cálculo en relación a una pérdida de inserción (S_{21}) en la propagación de las ondas
25 electromagnéticas a través de la estructura EBG en una distancia de $7x_a$. Una curva 18 punteada mostrada en la Fig. 5 muestra el resultado de cálculo que se produce al imponer la condición de frontera repetitiva en la unidad repetitiva 10 del circuito equivalente mientras se usan los mismos parámetros de los componentes de circuito utilizados para producir los resultados de cálculo de la Fig. 4. Una curva sólida 19 que se muestra en la Fig. 5 muestra el resultado del cálculo numérico mediante análisis electromagnético tridimensional. Un modelo sometido a
30 análisis electromagnético está diseñado con dimensiones estructurales prescritas, tales como el espesor $t=400 \mu\text{m}$ de la primera capa dieléctrica 6, el espesor $h=60 \mu\text{m}$ de la segunda capa dieléctrica 7, el ancho $b=300 \mu\text{m}$ de la vía conductora 5 y la longitud $d=7,5 \text{ mm}$ de la línea de transmisión 4. La Fig. 5 muestra que las brechas de banda calculadas del circuito equivalente coinciden significativamente con el resultado del análisis electromagnético.

35 Las bandas de frecuencia calculadas de las brechas de banda mostradas en la Fig. 5 coinciden significativamente con las bandas de frecuencia 17 que se muestran en la Fig. 4. Esto indica que las bandas de frecuencias de las brechas de banda que aparecen en la estructura de EBG pueden ilustrarse aproximadamente por las características de frecuencia de las admitancias. Dado que la admitancia Y de la derivación paralela 12 está determinada por las ecuaciones (1) y (2), es posible llevar las brechas de banda a las bandas de frecuencia deseadas al ajustar de forma apropiada los parámetros de estas ecuaciones. En particular, la longitud d de la línea de transmisión 4 tiene un
40 grado relativamente alto de libertad en el diseño; por lo tanto, es posible controlar fácilmente las brechas de banda al variar la longitud d . Las frecuencias de las brechas de banda se pueden reducir al aumentar la longitud d de la línea de transmisión 4, pero sin cambiar necesariamente su área; por lo tanto, es posible reducir el área de montaje de la estructura EBG. Dado que la estructura EBG no necesita componentes de chip, es posible reducir el costo de fabricación en comparación con las técnicas convencionales.

45 El primer ejemplo de la Fig. 1 muestra que no existe estructura por encima de las líneas de transmisión 4, mientras es posible modificarla de manera que se monte una cierta estructura en las líneas de transmisión 4. Como se muestra en la Fig. 6, por ejemplo, es posible disponer una capa dieléctrica adicional (es decir, una tercera capa dieléctrica 20) por encima de las líneas de transmisión 4, aumentando así la constante dieléctrica efectiva de la línea de transmisión 4. La ecuación (2) indica que el efecto de conversión de impedancia aparece marcadamente en la
50 línea de transmisión 4 cuando la constante dieléctrica efectiva de la línea de transmisión 4 se vuelve más alta; por lo tanto, es posible disminuir las frecuencias de las brechas de banda sin aumentar la longitud d de la línea de transmisión 4. Para disminuir las frecuencias de las brechas de banda, es preferible usar un material dieléctrico que tenga una alta constante dieléctrica para la tercera capa dieléctrica 20. Para no reducir las frecuencias de las

brechas de banda, es posible utilizar cualquier tipo de materiales dieléctricos para capas dieléctricas adicionales depositadas por encima de las líneas de transmisión 4.

Siempre que un extremo de la línea de transmisión 4 sirva como un extremo abierto mientras que el otro extremo está conectado a la almohadilla 8, es posible instalar cualquier tipo de disposiciones y formas en las líneas de transmisión 4, que no afectan la propiedad inherente de la presente invención.

En el primer ejemplo, como se muestra en la Fig. 2, las líneas de transmisión 4 están inclinadas con respecto al eje X y al eje Y con ciertos ángulos entre ellas para no interferir con los espacios libres 9 en su periferia, mientras que pueden alinearse en paralelo con el eje X y el eje Y sin interferencia con los espacios libres 9. Aunque el primer ejemplo está diseñado de manera que las líneas de transmisión 4 son linealmente alargadas como se muestra en la Fig. 2, es posible emplear las formas en espiral que se muestran en la Fig. 7A o las formas serpenteantes mostradas en la Fig. 7B, por ejemplo. Estos ejemplos aseguran adecuadamente la longitud d de la línea de transmisión 4 dentro de un área de montaje pequeña.

Es posible diseñar una estructura EBG mostrada en la Fig. 27 en la que dos líneas de transmisión 4A y 4B de diferentes longitudes que tienen respectivos extremos abiertos están conectadas a la almohadilla 8. En la estructura EBG de la Fig. 27 en la que las líneas de transmisión 4A y 4B difieren entre sí en términos de períodos de conversión de impedancia, es posible establecer independientemente una multitud de brechas de banda, asegurando así un alto grado de libertad en el establecimiento de bandas de frecuencia. En la presente memoria, no es necesario que la línea de transmisión 4B esté directamente conectada a la almohadilla 8; por lo tanto, es posible crear otra estructura que incluya una ramificación en la que la línea de transmisión 4B se ramifica desde el punto intermedio de la línea de transmisión 4A, por ejemplo.

Las líneas de transmisión 4 no están necesariamente alineadas con la misma disposición y las mismas formas que se muestran en la Fig. 2 en conexión con todas las estructuras 3 unitarias. Por ejemplo, es posible alinear las líneas de transmisión 4 mientras se evita un componente X montado en la superficie como se muestra en la Fig. 8, asegurando así el empaquetamiento de alta densidad.

La Fig. 2 muestra la retícula tetragonal como el punto reticular para alinear repetidamente la estructura 3 unitaria; pero esto no es una restricción. Por ejemplo, es posible emplear retículas triangulares o una alineación repetitiva unidimensional, demostrando así efectos satisfactorios.

Por razones de conveniencia en la fabricación, las almohadillas 8 están alineadas en conexión con las líneas de transmisión 4 y las vías conductoras 5, mientras que es posible modificar la estructura EBG sin incluir las almohadillas 8 sin afectar las propiedades inherentes de la presente invención.

2. Segundo ejemplo

A continuación, se describirá una estructura de guía de ondas según un segundo ejemplo con referencia a la Fig. 9.

La Fig. 9 es una vista en sección transversal que muestra una estructura EBG según el segundo ejemplo. La estructura EBG del segundo ejemplo es una variante de la estructura EBG del primer ejemplo, en el que las piezas idénticas a las del primer ejemplo se designan con los mismos números de referencia, evitando así las descripciones duplicadas de las mismas.

La estructura EBG del segundo ejemplo mostrado en la Fig. 9 está caracterizada por que una línea de transmisión 4 está incrustada dentro de la región intercalada entre el primer plano conductor 1 y el segundo plano conductor 2. Específicamente, el primer plano conductor 1 está unido a la superficie inferior de la primera capa dieléctrica 6 en su dirección del espesor mientras que el segundo plano conductor 2 está unido a la superficie superior de la segunda capa dieléctrica 7 en su dirección del espesor en la estructura EBG del segundo ejemplo. La línea de transmisión 104 que utiliza el segundo plano conductor 2 como ruta de retorno se coloca en la capa intermedia circunscrita entre la primera capa dieléctrica 6 y la segunda capa dieléctrica 7.

De manera similar a la línea de transmisión 4 para su uso en el primer ejemplo, un extremo de la línea de transmisión 104 es un extremo abierto, que sirve así como un conector abierto. El otro extremo de la línea de transmisión 104 está conectado a la almohadilla 8 que está colocada en el mismo plano que la línea de transmisión 104, en donde la almohadilla 8 está conectada eléctricamente al primer plano conductor 1 a través de una vía conductora 105. Similar al primer ejemplo, la almohadilla 8, la línea de transmisión 104 y la vía conductora 105 sirven como una derivación, que se combina con el espacio libre dispuesto para el segundo plano conductor 2 para formar la estructura 3 unitaria. La disposición de la estructura 3 unitaria así como la disposición y la forma de la línea de transmisión 104 empleadas en el segundo ejemplo son similares a las empleadas en el primer ejemplo. Dado que la línea de transmisión 104 está protegida por el primer y el segundo planos conductores 1 y 2 en la estructura EBG del segundo ejemplo, es posible reducir el número de ondas electromagnéticas no deseadas que se emiten desde la línea de transmisión 104 a la superficie exterior.

La Fig. 9 muestra la segunda realización en la que la vía conductora 105 es una vía directa. pero esto no es una restricción siempre que la almohadilla 8 esté conectada eléctricamente al primer plano conductor 1. Como se

muestra en la Fig. 10, por ejemplo, es posible disponer una vía conductora 105_X de un tipo sin paso directo sin que afecte a la propiedad de la presente invención. Dado que la estructura EBG mostrada en la Fig. 10 no necesita el espacio libre 9 para el segundo plano conductor 2, es posible eliminar las ondas electromagnéticas que se emiten desde el espacio libre 9 a la superficie exterior.

- 5 A continuación, se describirá una estructura EBG según una realización de la presente invención con referencia a la Fig. 28.

La estructura EBG de la Fig. 28 está diseñada basándose en la estructura EBG de la Fig. 9, en la que una tercera capa dieléctrica 220 está dispuesta encima del segundo plano conductor 2, y una segunda línea de transmisión 204B que tiene un extremo abierto está dispuesta encima de la tercera capa dieléctrica 220. El extremo superior de la vía conductora 105 es el extremo del lado izquierdo de la segunda línea de transmisión 204B colocada en la tercera capa dieléctrica 220 a través de la almohadilla 8, mientras que el extremo del lado derecho de la segunda línea de transmisión 204B es un extremo abierto. El espacio libre 9 está formado en la posición de la vía conductora 105 en el segundo plano conductor 2, que no está conectada eléctricamente a la vía conductora 105. En la estructura EBG de la Fig. 28, la línea de transmisión 104 y la segunda línea de transmisión 204B funcionan como conectores abiertos de forma independiente. Cuando la línea de transmisión 104 y la segunda línea de transmisión 204B están diseñadas para tener diferentes longitudes, es posible asegurar diferentes períodos de conversión de impedancia para las mismas, en otras palabras, es posible establecer una multitud de brechas de banda de forma independiente, asegurando así un alto grado de libertad en el establecimiento de bandas de frecuencia. De manera similar a las realizaciones anteriores, es posible disponer varios patrones con respecto a la disposición y la forma en relación con la línea de transmisión 104 y la segunda línea de transmisión 204B; es decir, es posible emplear formas en espiral o formas serpenteantes, por ejemplo.

3. Tercer ejemplo

A continuación, se describirá una estructura de guía de ondas según un tercer ejemplo con referencia a la Fig. 11.

La Fig. 11 es una vista en sección transversal que muestra una estructura EBG según el tercer ejemplo. La estructura EBG del tercer ejemplo es una variante de la estructura EBG del segundo ejemplo, en la que piezas idénticas a las del segundo ejemplo se designan con los mismos números de referencia, evitando así las descripciones duplicadas de las mismas.

La estructura EBG de la tercera realización mostrada en la Fig. 11 se forma utilizando una estructura unitaria 203 que incluye una primera línea de transmisión 204A colocada entre el primer plano conductor 1 y el segundo plano conductor 2, una segunda línea de transmisión 204B posicionada para estar frente al segundo plano conductor 2 fuera de una región circunscrita entre el primer plano conductor 1 y el segundo plano conductor 2, una primera vía conductora 205A para conectar eléctricamente un extremo de la primera línea de transmisión 204A (es decir, un extremo de lado izquierdo en la Fig. 11) al primer plano conductor 1, y una segunda vía conductora 205B para conectar eléctricamente el otro extremo de la primera línea de transmisión 204A (es decir, un extremo de lado derecho en la Fig. 11) a la segunda línea de transmisión 204B.

Similar al segundo ejemplo, el tercer ejemplo está diseñado de manera que el primer plano conductor 1 está unido a la superficie inferior de la primera capa dieléctrica 6 en su dirección del espesor mientras que el segundo plano conductor 2 está unido a la superficie superior de la segunda capa dieléctrica 7 en su dirección del espesor. Se deposita una tercera capa dieléctrica (es decir, una capa dieléctrica superficial 220) para cubrir el segundo plano conductor 2 en la superficie superior de la segunda capa dieléctrica 7. La primera línea de transmisión 204A se alinea en la posición de la línea de transmisión 104 utilizada en el segundo ejemplo (es decir, la posición entre la primera capa dieléctrica 6 y la segunda capa dieléctrica 7), mientras que la segunda línea de transmisión 204B cuyo extremo es un extremo abierto está alineada en la superficie superior de la capa dieléctrica superficial 220 en su dirección del espesor. La primera línea de transmisión 204A utiliza el segundo plano conductor 2 como ruta de retorno, donde las almohadillas 8A y 8B que están alineadas en el mismo plano que la primera línea de transmisión 204A están conectadas eléctricamente a los extremos opuestos de la primera línea de transmisión 204A. La segunda línea de transmisión 204B usa el segundo plano conductor 2 como ruta de retorno, en donde un extremo de la segunda línea de transmisión 204B es un extremo abierto, que sirve así como un conector abierto. El otro extremo de la segunda línea de transmisión 204B está conectado eléctricamente a la almohadilla 8 que está alineada en el mismo plano que la segunda línea de transmisión 204B.

La almohadilla 8A unida a la primera línea de transmisión 204A está conectada eléctricamente al primer plano conductor 1 a través de una primera vía conductora 205A que se alarga en la dirección del espesor. La almohadilla 8B unida a la primera línea de transmisión 204A está conectada eléctricamente a la almohadilla 8 unida a la segunda línea de transmisión 204B a través de una segunda vía conductora 205B que se alarga en la dirección del espesor. El espacio libre 9 está dispuesto para el segundo plano conductor 2 en conexión con la segunda vía conductora 205B, de modo que el segundo plano conductor 2 está eléctricamente aislado y se evita que entre en contacto con la segunda vía conductora 205B por medio del espacio libre 9.

Dado que la primera línea de transmisión 204A colocada en la capa intermedia y la segunda línea de transmisión 204B colocada en la capa superficial sirven colectivamente como un conector abierto en la estructura EBG de la tercera realización, es posible asegurar una longitud d de línea de transmisión adecuada dentro de una pequeña área en el empaquetamiento.

- 5 De manera similar al primer y segundo ejemplos, se pueden crear varios patrones en términos de la disposición y las formas de las líneas de transmisión primera y segunda 204A y 204B. Es posible emplear formas en espiral o formas serpenteantes, por ejemplo. Por lo tanto, es posible producir la estructura EBG que se puede montar en un área pequeña en el empaquetamiento.

- 10 La Fig. 11 muestra el tercer ejemplo en el que tanto la primera como la segunda vías conductoras 205A y 205B son de un tipo de vía sin paso directo, mientras que es posible usar vías directas. Como se muestra en la Fig. 12, por ejemplo, es posible reemplazar la segunda vía conductora 205B con otra segunda vía conductora 205B_X que sirve como una vía directa. En la estructura EBG mostrada en la Fig. 12, el espacio libre 9 está formado en una posición prescrita correspondiente a la segunda vía conductora 205B_X en relación con el primer plano conductor 1, evitando así que el primer plano conductor 1 se conecte eléctricamente al segundo plano conductor 2. Además, es posible
15 usar una vía directa como la primera vía conductora 205A.

4. Cuarto ejemplo

A continuación, se describirá una estructura de guía de ondas según un cuarto ejemplo con referencia a la Fig. 13.

- 20 La Fig. 13 es una vista en sección transversal que muestra una estructura EBG según el cuarto ejemplo. La estructura EBG de la cuarta realización es una variante de la estructura EBG del primer ejemplo, donde las piezas idénticas a las utilizadas en la primera realización se designan mediante los mismos números de referencia, evitando así descripciones duplicadas de las mismas.

- 25 En contraste con la estructura EBG del primer, segundo y tercer ejemplos en los que las líneas de transmisión 4, 104, 204A y 204B están alineadas solo en el segundo plano conductor 2 dentro del primer y segundo planos conductores 1 y 2 y están cada uno configurados para usar el segundo plano conductor 2 como ruta de retorno, el cuarto ejemplo se caracteriza por que las líneas de transmisión 304A y 304B están dispuestas para el primer y segundo planos conductores 1 y 2, respectivamente. Es decir, la estructura EBG del cuarto ejemplo es simétrica en plano de espejo a la estructura EBG del primer ejemplo en la dirección vertical. Como se muestra en la Fig. 13, se forma al utilizar una estructura unitaria 303 que incluye la primera línea de transmisión 304A que se coloca en la capa diferente de las capas del primer y segundo planos conductores 1 y 2 y que utiliza el primer plano conductor 1
30 como una ruta de retorno, la segunda línea de transmisión 304B que se coloca en la capa diferente de las capas del primer y segundo planos conductores 1 y 2 y que utiliza el segundo plano conductor 2 como una ruta de retorno, y una vía conductora 305 para conectar eléctricamente los extremos prescritos de las líneas de transmisión 304A y 304B juntos.

- 35 Específicamente, el cuarto ejemplo está diseñado de manera similar al primer ejemplo en que el primer plano conductor 1 está alineado en la superficie inferior de la primera capa dieléctrica 6 en su dirección del espesor mientras que el segundo plano conductor 2 está insertado entre la primera capa dieléctrica 6 y la segunda capa dieléctrica 7. Se deposita una tercera capa dieléctrica (es decir, una capa dieléctrica trasera 320) para cubrir el primer plano conductor 1 sobre la superficie inferior de la primera capa dieléctrica 6 en su dirección del espesor. Además, la primera línea de transmisión 304A está alineada en la superficie inferior de la capa dieléctrica trasera 320 en su dirección del espesor mientras que la segunda línea de transmisión 304B está alineada en la superficie de la segunda capa dieléctrica 7 en su dirección del espesor. Esto es, la primera y segunda líneas de transmisión 304A y 304B están situadas fuera de la región intercalada entre el primer y segundo planos conductores 1 y 2.
40

- 45 Los extremos abiertos se forman en un extremo de la primera línea de transmisión 304A (es decir, un extremo de lado derecho en la Fig. 13) y un extremo de la segunda línea de transmisión 304B, de modo que la primera y la segunda líneas de transmisión 304A y 304B sirven como conectores abiertos. Las almohadillas 8 que están formadas en los mismos planos que la primera y la segunda líneas de transmisión 304A y 304B están conectadas eléctricamente al otro extremo de la primera línea de transmisión 304A (es decir, un extremo de lado izquierdo en la Fig. 13) y al otro extremo de la segunda línea de transmisión 304B. La almohadilla 8 unida a la primera línea de transmisión 304A está conectada eléctricamente a la almohadilla 8 unida a la segunda línea de transmisión 304B a través de una vía conductora 305 que está alargada en la dirección del espesor. Los espacios libres 9 están
50 formados en las posiciones correspondientes a los extremos opuestos de la vía conductora 305 en el primer y segundo planos conductores 1 y 2, que están así eléctricamente aislados entre sí y no se ponen en contacto entre sí a través de los espacios libres 9.

- 55 La Fig. 14 es un diagrama de circuito que muestra un circuito equivalente de la estructura EBG del cuarto ejemplo. Una unidad repetitiva 310 del circuito equivalente que se muestra en la Fig. 14 está constituida por una impedancia en serie 311 y una derivación en paralelo 312. Similar al primer ejemplo, la impedancia en serie 311 está compuesta por una inductancia 13 formada entre el primer y el segundo planos conductores 1 y 2. La derivación en paralelo 312 está constituida por una capacitancia 314 formada entre el primer y segundo planos conductores 1 y 2, y una

inductancia 315 de la vía conductora 305, así como por la primera y segunda líneas de transmisión 304A y 304B. La derivación en paralelo 312 utilizada en la cuarta realización está diseñada de manera que el conector abierto de la segunda línea de transmisión 304B está conectado adicionalmente en serie con la derivación en paralelo 12 utilizada en la primera realización. De forma similar a la primera realización, la cuarta realización se caracteriza por que las brechas de banda se producen en bandas de frecuencia en las que la derivación en paralelo 312 se vuelve negativa.

La estructura EBG del cuarto ejemplo es simétrica en plano de espejo a la estructura EBG del primer ejemplo en la dirección vertical. En cambio, se puede reconfigurar de una manera simétrica en plano de espejo a la estructura EBG del segundo o del tercer ejemplos en la dirección vertical.

Específicamente, es posible crear una estructura EBG mostrada en la Fig. 15 basada en la estructura EBG del segundo ejemplo, en donde se inserta una tercera capa dieléctrica 120 entre el primer plano conductor 1 y la primera capa dieléctrica 6; una primera línea de transmisión 104A que usa el primer plano conductor 1 como una ruta de retorno está alineada entre la primera capa dieléctrica 6 y la tercera capa dieléctrica 120; y una segunda línea de transmisión 104B que usa el segundo plano conductor 2 como ruta de retorno alineado entre la primera capa dieléctrica 6 y la segunda capa dieléctrica 7. Los extremos abiertos están formados en un extremo de la primera línea de transmisión 104A y en un extremo de la segunda línea de transmisión 104B, mientras que las almohadillas 8 están conectadas eléctricamente a los otros extremos de las líneas de transmisión 104A y 104B. Las almohadillas 8 unidas a las líneas de transmisión primera y segunda 104A y 104B están conectadas eléctricamente entre sí a través de una vía conductora 105_X de un tipo sin paso directo.

Es posible crear una estructura EBG mostrada en la Fig. 16 basada en la estructura EBG del tercer ejemplo, en la que se inserta una tercera capa dieléctrica 320A entre el primer plano conductor 1 y la primera capa dieléctrica 6, y se deposita una capa dieléctrica posterior 320B para cubrir el primer plano conductor 1 sobre la superficie inferior de la tercera capa dieléctrica 320A en su dirección del espesor. Además, una tercera línea de transmisión 204C que usa el primer plano conductor 1 como ruta de retorno se coloca entre el primer plano conductor 1 y la primera línea de transmisión 204A, en otras palabras, entre la primera capa dieléctrica 6 y la tercera capa dieléctrica 320A. Además, una cuarta línea de transmisión 204D que usa el primer plano conductor 1 como una ruta de retorno está posicionada para estar frente al primer plano conductor 1 fuera de una región circunscrita entre el primer plano conductor 1 y el segundo plano conductor 2, en otras palabras, está alineada sobre la superficie inferior de la capa dieléctrica posterior 320B en su dirección del espesor. Las almohadillas 8A y 8B que están formadas en el mismo plano que la tercera línea de transmisión 204C están conectadas eléctricamente a los extremos opuestos de la tercera línea de transmisión 204C. Un extremo de la cuarta línea de transmisión 204D es un extremo abierto, y la almohadilla 8 que se forma en el mismo plano que la cuarta línea de transmisión 204D está conectada eléctricamente al otro extremo de la cuarta línea de transmisión 204D.

La almohadilla 8A unida a la primera línea de transmisión 204A está conectada eléctricamente a la almohadilla 8A unida a la tercera línea de transmisión 204C a través de la primera vía conductora 205A que está alargada en la dirección del espesor. La almohadilla 8B unida a la tercera línea de transmisión 204C está conectada eléctricamente a la almohadilla 8 unida a la cuarta línea de transmisión 204D a través de una tercera vía conductora 205C que está alargada en la dirección del espesor. El espacio libre 9 se forma en una posición prescrita que corresponde a la tercera vía conductora 205C en el primer plano conductor 1; por lo tanto, el primer plano conductor 1 está eléctricamente aislado de, y se evita que entre en contacto, con la tercera vía conductora 205C por medio del espacio libre 9.

Todas las estructuras EBG mostradas en las Figs. 13, 15 y 16 están diseñadas de manera simétrica en plano de espejo en la dirección vertical; pero esto no es una restricción. Es posible crear una estructura asimétrica en la que la primera línea de transmisión 304A tiene una forma lineal, mientras que la segunda línea de transmisión 304B tiene una forma en espiral, por ejemplo. Es posible hacer que la segunda capa dieléctrica 7 difiera de la capa dieléctrica de la parte posterior 320 en su espesor. En este caso, se observa que la constante dieléctrica efectiva de la primera línea de transmisión 304A debería diferir de la constante dieléctrica efectiva de la segunda línea de transmisión 304B.

5. Quinto ejemplo

A continuación, se describirá una estructura de guía de ondas según un quinto ejemplo con referencia a las Figs. 17 y 18.

La Fig. 17 es una vista en sección transversal de una estructura EBG según el quinto ejemplo. La Fig. 18 es una vista en planta de la estructura EBG, de modo que la Fig. 17 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea B-B en la Fig. 17.

La estructura EBG del quinto ejemplo es una variante de la estructura EBG del cuarto ejemplo, en el que las piezas idénticas a las del cuarto ejemplo se designan mediante los mismos números de referencia, evitando así descripciones duplicadas de las mismas.

En contraste con la estructura EBG del cuarto ejemplo mostrado en la Fig. 13 en la que la primera línea de transmisión 304A que usa el primer plano conductor 1 como ruta de retorno está conectada eléctricamente a la

segunda línea de transmisión 304B que usa el segundo plano conductor 2 como una ruta de retorno a través de la vía conductora 305, la estructura EBG del quinto ejemplo mostrado en la Fig. 17 está diseñada de manera que la segunda línea de transmisión 304B que utiliza el segundo plano conductor 2 como ruta de retorno está conectada eléctricamente al primer plano conductor 1 a través de una primera vía conductora 405A, mientras que la primera línea de transmisión 304A que utiliza el primer plano conductor 1 como una ruta de retorno está conectada eléctricamente al segundo plano conductor 2 como una segunda vía conductora 405B. Esto es, se forma el quinto ejemplo al utilizar una estructura unitaria 403 que incluye la primera vía conductora 405A para conectar eléctricamente el primer plano conductor 1 a la segunda línea de transmisión 304B, y la segunda vía conductora 405B para conectar eléctricamente el segundo plano conductor 2 a la primera línea de transmisión 304A.

Específicamente, el quinto ejemplo está diseñado de manera similar al cuarto ejemplo en el que la capa dieléctrica 320 de la parte posterior se deposita sobre la superficie inferior de la primera capa dieléctrica 6 en su dirección del espesor; el primer plano conductor 1 se inserta entre la primera capa dieléctrica 6 y la capa dieléctrica 320 de la cara posterior; y el segundo plano conductor 2 se inserta entre la primera capa dieléctrica 6 y la segunda capa dieléctrica 7.

Además, la primera línea de transmisión 304A está alineada en la superficie inferior de la capa dieléctrica 320 de la parte posterior en su dirección del espesor, mientras que la segunda línea de transmisión 304B está alineada en la superficie superior de la segunda capa dieléctrica 7 en su dirección del espesor.

Las almohadillas 8 están conectadas eléctricamente a los extremos de lado izquierdo de las líneas de transmisión primera y segunda 304A y 304B. En una vista en planta, la almohadilla 8 unida a la primera línea de transmisión 304A se desplaza en posición desde la almohadilla 8 unida a la segunda línea de transmisión 304B. Además, la almohadilla 8 unida a la segunda línea de transmisión 304B está conectada eléctricamente al primer plano conductor 1 a través de la primera vía conductora 405A, mientras que la almohadilla 8 unida a la primera línea de transmisión 304A está conectada eléctricamente al segundo plano conductor 2. Esto es, una primera derivación está formada por la primera línea de transmisión 304A, la almohadilla 8 y la segunda vía conductora 405B, mientras que una segunda derivación está formada por la segunda línea de transmisión 304B, la almohadilla 8 y la primera vía conductora 405A. En una vista en planta de la Fig. 18, la segunda derivación se forma en la posición correspondiente a la primera derivación sometida a traslación paralela mediante $A/2+B/2=(a/2,a/2)$ y sometida adicionalmente a inversión vertical en el plano X-Y.

La estructura EBG de la quinta realización hace posible ubicar las derivaciones con una alta densidad en una vista en planta de la Fig. 18; por lo tanto, es posible reducir el área de la estructura EBG en el empaquetamiento.

La estructura EBG del quinto ejemplo es una variante de la estructura EBG mostrada en la Fig. 13, en la que puede modificarse de una manera similar a la estructura EBG mostrada en la Fig. 15.

Específicamente, la estructura EBG mostrada en la Fig. 19 se crea en base a la estructura EBG mostrada en la Fig. 15, donde la segunda línea de transmisión 104B que utiliza el segundo plano conductor 2 como ruta de retorno está conectada eléctricamente al primer plano conductor 1 a través de una primera vía conductora 105A, y la primera línea de transmisión 104A que utiliza el primer plano conductor 1 como una ruta de retorno está conectada eléctricamente al segundo plano conductor 2 a través de una segunda vía conductora 105B.

Además, es posible crear una estructura asimétrica en la que una de la primera y segunda líneas de transmisión se alinea dentro de la región entre el primer y el segundo plano conductor 1 y 2, y la otra se alinea fuera de la región, donde la segunda línea de transmisión está conectada eléctricamente al primer plano conductor 1 a través de una primera vía conductora, y la primera línea de transmisión está conectada eléctricamente al segundo plano conductor 2 a través de una segunda vía conductora.

La Fig. 18 muestra el quinto ejemplo que incluye la primera y la segunda líneas de transmisión 304A y 304B, ambas con formas lineales, que se pueden variar de varias maneras de forma similar a las realizaciones anteriores. Por ejemplo, es posible emplear formas en espiral como se muestra en la Fig. 20.

Tanto la primera como la segunda líneas de transmisión 304A y 304B no están necesariamente formadas con la misma forma; por lo tanto, es posible crear combinaciones en las que una línea de transmisión tiene una forma lineal, mientras que otra línea de transmisión tiene una forma en espiral, por ejemplo.

La quinta realización no se aplica necesariamente a la retícula tetragonal y, por lo tanto, también es aplicable a otros tipos de retículas.

6. Sexto ejemplo

A continuación, se describirá un sexto ejemplo con respecto a una placa de circuito impreso con referencia a las Figs. 21 y 22.

La Fig. 21 es una vista en planta de la placa de circuito impreso según la sexta realización, y la Fig. 22 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea C-C en la Fig. 21.

La sexta realización está dirigida a una placa de circuito impreso 50 que incorpora la estructura EBG mencionada anteriormente. Específicamente, la placa de circuito impreso 50 mostrada en las Figs. 21 y 22 incluye un plano 51 de tierra, un plano 52 de suministro de energía, un dispositivo 53 que sirve como una fuente de ruido, un dispositivo 54 sensible al ruido y una región EBG 55 dispuesta entre los dispositivos 53 y 54. Como se muestra en la Fig. 22, tanto el dispositivo 53 que sirve como fuente de ruido como el dispositivo 54 sensible al ruido están conectados al plano 51 de tierra y al plano 52 de suministro de energía. El plano 51 de tierra y el plano 52 de suministro de energía forman una guía de ondas de placas paralela. En las placas de circuito impreso convencionales, los ruidos generados por los dispositivos de fuente de ruido se propagan a través de las guías de ondas de placas paralelas para afectar así a los dispositivos sensibles al ruido, causando así errores de funcionamiento. La placa de circuito impreso 50 del sexto ejemplo mostrado en la Fig. 21 se caracteriza por que la región 55 EBG correspondiente a la estructura EBG antes mencionada está dispuesta para cortar una ruta de propagación de ruido, suprimiendo así la propagación de ruido entre los dispositivos 53 y 54. Por lo tanto, es posible reducir el error de funcionamiento que se produce en el dispositivo 54 sensible al ruido.

La placa 50 de circuito impreso de la Fig. 22 emplea la estructura EBG del primer ejemplo, que puede reemplazarse con las estructuras EBG de las otras realizaciones.

La Fig. 21 muestra que la región EBG 55 está dispuesta en forma de banda; sin embargo, es posible emplear cualquier tipo de disposiciones que puedan cortar la ruta de propagación del ruido. Es posible disponer la estructura de EBG que rodea el dispositivo 54 sensible al ruido como se muestra en la Fig. 23.

El sexto ejemplo se dirige a la estructura EBG instalada en la placa de circuito impreso 50; pero esto no es una restricción. Es posible instalar la estructura EBG antes mencionada en sustratos de paquetes de dispositivos o similar.

7. Séptimo ejemplo

A continuación, se describirá una placa de circuito impreso según un séptimo ejemplo con referencia a la Fig. 24.

La Fig. 24 es una vista en planta de la placa de circuito impreso 50 según el séptimo ejemplo, en la que las partes idénticas a las del sexto ejemplo se designan con los mismos números de referencia, evitando así las descripciones duplicadas de las mismas.

La placa de circuito impreso 50 de la séptima realización incluye una multitud de estructuras de guía de ondas que usan líneas de transmisión de extremo abierto que tienen diferentes longitudes, en donde estas estructuras de guía de ondas se desplazan en términos de brechas de banda.

De manera similar a la sexta realización, la placa de circuito impreso 50 de la séptima realización incluye el plano 51 de tierra, el plano 52 de suministro de energía, el dispositivo 53 que sirve como fuente de ruido y el dispositivo 54 sensible al ruido. La séptima realización se caracteriza por que una primera estructura EBG 56 y una segunda estructura EBG 57 se forman en la región EBG para cortar la ruta de propagación del ruido, suprimiendo así la propagación del ruido entre los dispositivos 53 y 54. En la presente memoria, la primera estructura EBG 56 y la segunda estructura EBG 57 están alineadas en paralelo en la dirección de propagación del ruido. La primera estructura EBG 56 y la segunda estructura EBG 57 usan respectivas líneas de transmisión de conector abierto de diferentes longitudes, de modo que difieren entre sí en términos de bandas de frecuencia de brechas de banda. Las longitudes de las líneas de transmisión se establecen de tal manera que las brechas de banda causadas por la primera estructura EBG 56 se desvían de las brechas de banda causadas por la segunda estructura EBG 57; por lo tanto, es posible lograr una brecha de banda "amplia", que no se puede obtener mediante una estructura EBG simple, por medio de la región EBG 55.

La Fig. 25 muestra una primera variante de la séptima realización en la que las primeras estructuras EBG 156 y las segundas estructuras EBG 157 se alinean alternativamente en forma de bandas en la dirección de propagación del ruido.

La Fig. 26 muestra una segunda variante de la séptima realización en la que las primeras estructuras EBG 156 y las segundas estructuras EBG 157 están en un patrón a cuadros (o en cuadros).

Ambas variantes de la séptima realización logran brechas de banda ancha con la región EBG 55.

A este respecto, es posible emplear otros tipos de disposiciones en las que la primera y la segunda estructuras EBG están entremezcladas juntas. Las brechas de banda se pueden ampliar aún más al entremezclar varios tipos de estructuras EBG con brechas de banda desviadas.

8. Octava realización

A continuación, se describirá una antena según un octavo ejemplo.

La Fig. 29 es una vista en perspectiva que muestra la antena según el octavo ejemplo. La Fig. 30 es una vista en planta de la antena vista en una dirección del eje Z. La Fig. 31 es una vista en planta de la antena a través de un

parche conductor visto en la dirección del eje Z. La Fig. 32 es una vista en planta de un plano conductor incluido en la antena. La Fig. 33 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea A-A en las Figs. 30 y 31. La Fig. 34 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea B-B en las Figs. 30 y 31.

Como se muestra en la Fig. 33, la antena de la octava realización está constituida por un plano conductor (o un primer plano conductor) 1001, una primera capa dieléctrica 1002 dispuesta en el plano conductor 1001, una segunda capa dieléctrica 1003 dispuesta en la primera capa dieléctrica 1002 y un parche conductor (o un segundo plano conductor) 1004 dispuesto en la segunda capa dieléctrica 1003. El parche conductor 1004 está colocado en paralelo con el plano conductor 1001. Como se muestra en la Fig. 30, el parche conductor 1004 es más pequeño que el plano conductor 1001 de manera que el parche conductor 1004 esté colocado para superponerse completamente con el plano conductor 1001 en la vista en planta.

Una línea de transmisión 1006 que usa el parche conductor 1004 como ruta de retorno está alineada en un plano prescrito colocado para estar frente al parche conductor 1004 en la capa intercalada entre la primera capa dieléctrica 1002 y la segunda capa dieléctrica 1003. Como se muestra en las Figs. 31 y 33, un extremo de la línea de transmisión 1006 está conectado eléctricamente al plano conductor 1001 a través de una vía conductora 1005, mientras que el otro extremo de la línea de transmisión 1006 es un extremo abierto, alcanzando así la función de un conector abierto.

En la octava realización, la vía conductora 1005 y la línea de transmisión 1006 sirven como una derivación. La antena emplea una estructura que incluye una multitud de derivaciones alineadas en el parche conductor 1004. La octava realización se refiere a una estructura básica en la que una retícula tetragonal está alineada con un espaciado reticular "a", en el que las derivaciones 4x4 están alineadas en la antena de la octava realización mostrada en la Fig. 29.

La antena de la octava realización sirve como una antena de parche cuando se produce una excitación eléctrica entre el plano conductor 1001 y el parche conductor 1004. Como se muestra en las Figs. 32 y 34, se dispone una vía de suministro de energía 1007 como una unidad de suministro de energía que asegura la transmisión de la señal entre el plano conductor 1001 y el parche conductor 1004. La vía de suministro de energía 1007 suministra señales de alta frecuencia. Un extremo de la vía de suministro de energía 1007 está conectado al parche conductor 1004, mientras que el otro extremo del mismo está aislado eléctricamente del plano conductor 1001 por medio de un espacio libre 1008 del suministro de energía dispuesto para el plano conductor 1001. El otro extremo de la vía de suministro de energía 1007 y el espacio libre del suministro de energía 1008 forman un puerto de entrada para señales, en donde una unidad de entrada de señales tal como un cable coaxial está conectada a la parte posterior del plano conductor 1001 para suministrar señales de un circuito de comunicación inalámbrico (no se muestra) a la antena, por ejemplo. Como unidad de entrada de señales distinta del cable coaxial, es posible nombrar una línea de microbandas o una línea de bandas formada en la parte posterior del plano conductor.

Dado que la periferia externa del parche conductor 1004 tiene una alta impedancia, es difícil la adaptación de la impedancia establecida con el sistema de suministro de energía. Dado que la octava realización se puede diseñar libremente en términos de la posición de la vía de suministro de energía 1007 sin interferencia con la(s) derivación(es), es posible ajustar la vía de suministro de energía 1007 a la posición de la adaptación de impedancia establecida con el sistema de suministro de energía para el parche conductor 1004. Por razones de conveniencia, las Figs. 20, 30 y 31 se ilustran de una manera en perspectiva a través de la primera capa dieléctrica 1002 y de la segunda capa dieléctrica 1003.

A continuación, se describirá un principio básico para reducir el tamaño de la antena.

De manera similar a las antenas de parche convencionales, la antena sirve como un resonador que provoca una resonancia de media longitud de onda en la dirección del eje X del parche conductor. En general, la relación entre la longitud de onda y la frecuencia en un resonador depende de las características de dispersión de los medios dentro de un resonador. Las características de dispersión con respecto a una constante dieléctrica ϵ y una permeabilidad relativa μ en una sustancia dieléctrica vienen dadas por la ecuación (3), donde "c" indica la velocidad de la luz en un estado de vacío. La ecuación (3) muestra que la frecuencia angular ω ($2\pi f$) es proporcional a un número de onda k ($=2\pi/\lambda$).

$$\omega = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}} k \quad (3)$$

La antena está diseñada para alinear repetitivamente las derivaciones en el parche conductor para así servir como una estructura meta-material a mano derecha, controlando así efectivamente las características de dispersión del parche conductor.

La Fig. 35 muestra un circuito equivalente con respecto a la propagación de ondas electromagnéticas en el espacio circunscrito por el plano conductor 1001 y el parche conductor 1004 de la antena de la Fig. 29 en la dirección del eje X. Una región de la línea de puntos en la Fig. 35 designa un circuito equivalente de una estructura unitaria de forma

cuadrada con una longitud de lado "a". En la Fig. 35, C_{PPW} y L_{PPW} designan una capacitancia y una inductancia en una estructura unitaria de placa paralela compuesta del plano conductor 1001 y el parche conductor 1004. L_{via} designa una inductancia de la vía conductora 1005. Un conector abierto corresponde a la línea de transmisión 1006.

Según la estructura meta-material utilizada en la antena, una admitancia Y que incluye C_{PPW} , L_{via} y el conector abierto como se define en la ecuación (4) sirve como un medio a mano derecha en un rango de frecuencia que indica la propiedad capacitiva (donde $\text{Im}(Y) > 0$), mientras que sirve como una brecha de banda electromagnética en un rango de frecuencia que indica la propiedad inductiva (donde $\text{Im}(Y) < 0$). En la presente memoria, Z_{in} denota una impedancia de entrada del conector abierto definido por la ecuación (5). En la ecuación (5), Z_0 denota una impedancia característica de la línea de transmisión 1006 (es decir, el conector abierto en la Fig. 35); d denota la longitud de la línea de transmisión 1006; y ϵ_{eff} denota una constante dieléctrica efectiva.

$$Y = \frac{1}{Z_{in} + i\omega L_{via}} + i\omega C_{PPW} \quad (4)$$

$$Z_{in} = -\frac{iZ_0}{\tan\left(\frac{\omega\sqrt{\epsilon_{eff}}d}{c}\right)} \quad (5)$$

Las características de dispersión de una estructura repetitiva se producen al aplicar una condición de frontera repetitiva al circuito equivalente de la estructura unitaria mostrada en la Fig. 35. La Fig. 36 muestra un ejemplo de las características de dispersión que se producen al utilizar las dimensiones prescritas de la antena de la Fig. 29 tales como $a=3$ mm, $t=800$ μm , $h=60$ μm , $w=100$ μm , $b=300$ μm y $d=5,4$ mm, así como la constante de $\epsilon=4,188$ y la permeabilidad relativa $\mu=1$ en la primera capa dieléctrica 1002 y en la segunda capa dieléctrica 1003. En la Fig. 36, el eje horizontal representa el número de onda y el eje vertical representa la frecuencia. La Fig. 36 muestra claramente que las características de dispersión relativas a la antena de la presente invención pasan por el origen y no tienen un límite en el rango de baja frecuencia. También muestra que las bandas y las brechas de banda aparecen alternativamente en el orden de una primera banda, una primera brecha de banda, una segunda banda y una segunda brecha de banda en el rango de baja frecuencia. Esto se debe a que la propiedad capacitiva (donde $\text{Im}(Y) > 0$) y la propiedad inductiva (donde $\text{Im}(Y) < 0$) cambian periódicamente con respecto a la admitancia Y debido al efecto de conversión de impedancia del conector abierto.

En general, la condición para provocar una resonancia de media longitud de onda en un resonador que tiene una longitud L viene dada por la ecuación (6) donde "n" denota un número integral.

$$k = \frac{n\pi}{L} \quad (6)$$

En una alineación $N \times N$ de derivaciones (donde N denota un número integral) en la antena de la presente invención, la longitud L del parche conductor 1004 en la dirección del eje X está dada por $L = Nxa$, que se sustituye por la ecuación (6) para producir así una condición de resonancia de la antena de la presente invención definida en la ecuación (7).

$$k = \frac{n\pi}{Na} \quad (\text{donde } n = 0, 1, \dots, N-1) \quad (7)$$

Las líneas verticales en el gráfico de la Fig. 36 indican números de onda que satisfacen la condición de resonancia con respecto a la antena de la Fig. 29 donde $N=4$ y $a=3$ mm. Los puntos de intersección entre las líneas verticales y las características de dispersión en la Fig. 36 indican frecuencias de resonancia de media longitud de onda. La Fig. 36 muestra que los puntos de resonancia correspondientes a $n = 0, 1, 2$ y 3 emergen en la primera y segunda bandas. Las antenas de resonancia, tales como las antenas de parche, normalmente están diseñadas para usar una primera resonancia. La antena de la presente invención puede servir como una antena multibanda, ya que se varía en términos de la primera resonancia en conexión con diferentes bandas.

Una línea recta que pasa por el origen en la Fig. 36 indica una característica de dispersión "dieléctrica" con respecto solamente a un medio dieléctrico que tiene una constante dieléctrica de $\epsilon=4,188$. La frecuencia de resonancia de una antena de parche convencional correspondiente a la antena de la Fig. 29, excluyendo derivaciones, viene dada por los puntos de intersección de las características de dispersión dieléctrica que cruzan las líneas verticales en la Fig. 36. La Fig. 36 muestra que la primera resonancia de la primera banda se produce a alrededor de 3 GHz en la antena de la presente invención, en comparación con la antena de parche convencional en la que la primera

resonancia se produce a alrededor de 6 GHz. Esto indica que la longitud de onda de las ondas electromagnéticas se reduce a aproximadamente la mitad de la longitud de onda durante la propagación en una sustancia dieléctrica por medio de la estructura del meta-material de la antena de la presente invención. Esto demuestra que el tamaño de la antena de la Fig. 29 se reduce a la mitad del tamaño de la antena de parche convencional.

5 Dado que tal efecto de reducción de la longitud de onda de la estructura de meta-material se produce en todos los puntos de resonancia por debajo de la línea recta que representa las características de dispersión dieléctrica en la Fig. 36, es posible lograr una antena de pequeño tamaño al utilizar la segunda y tercera resonancias de la primera banda, o la tercera resonancia de la segunda banda, por ejemplo.

10 Dado que la longitud de onda se alarga en los puntos de resonancia por encima de la línea recta de las características de dispersión dieléctrica en lugar de la propagación en la sustancia dieléctrica, es posible mejorar una eficiencia de emisión al ampliar el tamaño de la antena. La Fig. 37 muestra el resultado del análisis electromagnético tridimensional con respecto a la antena de la Fig. 29. En la Fig. 37, el eje horizontal representa la frecuencia, y el eje vertical representa el parámetro S (S_{11}) en la vista del puerto de entrada de la unidad de suministro de energía. La Fig. 37 muestra que las inmersiones se producen a frecuencias prescritas que se adaptan
15 sustancialmente a las características de dispersión de la Fig. 36, lo que demuestra que la antena funciona a las frecuencias deseadas según los cálculos.

La Fig. 38 muestra el resultado del análisis electromagnético con respecto a la directividad de emisión a 3,42 GHz, que es la primera frecuencia de resonancia de la primera banda, y la Fig. 39 muestra el resultado del análisis electromagnético con respecto a la directividad de emisión a 8,86 GHz, que es la primera frecuencia de resonancia
20 de la segunda banda. En las Figs. 38 y 39, las direcciones del radio representan la ganancia de la antena (dBi); las curvas de puntos representan la directividad de emisión en el plano X-Z; y las curvas sólidas representan la directividad de emisión en el plano Y-Z. Las Figs. 38 y 39 muestran que, similar a la antena de parche convencional, la antena muestra buenas características de emisión en la dirección del eje Z.

25 Como la admitancia Y de la estructura del meta-material aplicada a la antena está dada por las ecuaciones (4) y (5), es posible llevar las frecuencias de resonancia a los rangos de operación deseados al ajustar los parámetros apropiadamente en estas ecuaciones. Debido a un alto grado de libertad de la longitud d de la línea de transmisión, es posible controlar fácilmente el rango funcionamiento de la antena al cambiar la longitud d de la línea de transmisión.

La estructura del meta-material de la antena de la presente invención posee curvas de dispersión a mano derecha en las que todas las bandas están incluidas en la dirección positiva. En particular, la primera banda posee una curva ascendente que pasa por el origen, de modo que no existe un corte en el rango de baja frecuencia inferior a la primera brecha de banda. En contraste con la estructura de meta-material a mano izquierda del Documento de Patente 3 en el que los cortes deberían ocurrir en el rango de baja frecuencia, es posible bajar fácilmente el rango
30 de frecuencia con respecto a la antena del presente ejemplo. La Fig. 29 muestra la alineación 4x4 de las derivaciones, mientras que la antena no requiere necesariamente una alineación simétrica de derivaciones en las direcciones del eje X y del eje Y, ya que explota la resonancia de media longitud de onda en la dirección del eje X. Es posible emplear una alineación 4x2 mostrada en la Fig. 40 o una alineación 4x1 mostrada en la Fig. 41, por ejemplo. Estas alineaciones ofrecen una dispersión "isotrópica" de medios en los que la resonancia no deseada no se produce en la dirección del eje Y, logrando así un funcionamiento altamente estabilizado en comparación con la
40 alineación simétrica.

Es posible crear una estructura de la Fig. 42 en la que solo se dispone una derivación en el parche conductor 1004. La pérdida de conductividad de la línea de transmisión 1006 y la pérdida dieléctrica de la sustancia dieléctrica circundante no son elementos despreciables en la antena de la presente invención. Las alineaciones mencionadas anteriormente que se muestran en las Figs. 40, 41 y 42 están diseñados para reducir el número de derivaciones,
45 reduciendo así la pérdida de conductividad y la pérdida dieléctrica. Por lo tanto, es posible mejorar una eficiencia de emisión de la antena.

Se aplica cualquier forma a la línea de transmisión 1006 sin afectar las características esenciales de la presente invención siempre que un extremo de la línea de transmisión 1006 esté conectado a la vía conductora 1005, mientras que el otro extremo de la misma sea un extremo abierto. La Fig. 29 muestra la línea de transmisión en forma de espiral 1006, mientras que es posible emplear una forma lineal para la línea de transmisión 1006 como se muestra en la Fig. 43. Es posible emplear otras formas tales como una forma serpenteante con respecto a la línea de transmisión 1006.
50

Las líneas de transmisión 1006 no se forman necesariamente en la misma disposición y forma en todas las estructuras unitarias. Por ejemplo, es posible disponer una línea de transmisión en forma de espiral en una unidad mientras que se dispone una línea de transmisión lineal en otra unidad.
55

Es posible crear una ramificación en la que la línea de transmisión 1006 se bifurca en las líneas de transmisión 1006A y 1006B que tienen extremos abiertos. En el caso de una sola línea de transmisión cuya longitud se determina para establecer la primera banda o la primera brecha de banda en una banda de frecuencias deseada, las

bandas de frecuencias de la segunda banda y sus bandas siguientes deberían determinarse automáticamente en función de las ecuaciones (4) y (5). En el caso de la Fig. 44, las líneas de transmisión 1006A y 1006B tienen diferentes períodos de conversión de impedancia para establecer así las bandas primera y segunda independientemente, logrando así un alto grado de libertad en el establecimiento de bandas de frecuencia.

- 5 A este respecto, el punto de ramificación entre las líneas de transmisión 1006A y 1006B no está necesariamente dispuesto en la proximidad de la vía conductora 1005; por lo tanto, es posible crear la estructura en la que la línea de transmisión 1006B se bifurca lejos de una parte intermedia de la línea de transmisión 1006B.

Aunque la octava realización muestra el parche conductor con forma cuadrada 1004, se aplica cualquier forma al parche conductor 1004 sin afectar a las características esenciales de la presente invención. Es posible crear la estructura de la Fig. 45 en la que el parche conductor 1004 se forma en una forma rectangular, por ejemplo.

10 La Fig. 33 muestra que la vía conductora 1005 es una vía de tipo no directo; pero esto no es una restricción siempre que la línea de transmisión 1006 esté conectada eléctricamente al plano conductor 1001. Por ejemplo, es posible emplear la estructura de la Fig. 46 al utilizar una vía directa como la vía conductora 1005 sin afectar las características esenciales de la presente invención. Para el propósito del aislamiento eléctrico asegurado entre el parche conductor 1004 y la vía conductora 1005 de tipo directo, es necesario formar un espacio libre 1010 en la posición de la vía conductora 1005 en el parche conductor 1004. Emplear la vía directa hace posible procesar colectivamente las vías conductoras 1005 mediante el uso de taladros después de la laminación de un sustrato, reduciendo así el costo de fabricación.

9. Novena realización

20 A continuación, se describirá un noveno ejemplo con referencia a las Figs. 47 a 51, en donde las piezas idénticas a las de la octava realización están designadas por los mismos números de referencia. La Fig. 47 es una vista en planta que muestra una antena según la novena realización vista en la dirección del eje Z. La Fig. 48 es una vista en planta de la antena que excluye las líneas de transmisión 1006 vistas en la dirección del eje Z. La Fig. 49 es una vista en planta del plano conductor 1001. La Fig. 50 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea A-A en las Figs. 47 a 49. La Fig. 51 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea B-B en las Figs. 47 a 49.

La antena de la novena realización se crea al cambiar parcialmente la estructura estratificada de la antena de la octava realización.

30 Como se muestra en la Fig. 50, la antena de la novena realización está constituida por el plano conductor 1001, la primera capa dieléctrica 1002 depositada sobre el plano conductor 1001 y la segunda capa dieléctrica 1003 depositada sobre la primera capa dieléctrica 1002, en donde el parche conductor 1004 compuesto por un metal está dispuesto en una capa intercalada entre la primera capa dieléctrica 1002 y la segunda capa dieléctrica 1003. Además, la línea de transmisión 1006, que utiliza el parche conductor 1004 como una ruta de retorno, está alineada en la segunda capa dieléctrica 1003 en un plano para así estar frente al parche conductor 1004. Como se muestra en las Figs. 47 y 50, un extremo de la línea de transmisión 1006 está conectado eléctricamente al plano conductor 1001 a través de la vía conductora 1005, mientras que el otro extremo es un extremo abierto, logrando así la función de un conector abierto. Como se muestra en las Figs. 48 y 50, el espacio libre 1009 se forma en la posición de la vía conductora 1005 en el parche conductor 1004, que está aislado eléctricamente de la vía conductora 1005. En la novena realización, la vía conductora 1005, la línea de transmisión 1006 y el espacio libre 1009 sirven como una derivación. La novena realización es similar a la octava realización en términos de la disposición de la derivación y de la forma de la línea de transmisión 1006. La novena realización está equipada con la vía 1007 de suministro de energía como una unidad de suministro de energía. Como se muestra en las Figs. 49 y 51, un extremo de la vía 1007 de suministro de energía está conectado al parche conductor 1004, mientras que el otro extremo está aislado eléctricamente del plano conductor 1001 por medio del espacio libre 1008 del suministro de energía formado en el plano conductor 1001. La vía 1007 de suministro de energía y el espacio libre 1008 del suministro de energía sirven como un puerto de entrada de señales.

El principio de funcionamiento de la novena realización es idéntico al de la octava realización. La pérdida dieléctrica de una sustancia dieléctrica que rodea la línea de transmisión 1006 no es un elemento despreciable en la antena de la presente invención, en el que la novena realización está diseñada para reducir aún más la pérdida dieléctrica en comparación con la realización ocho porque la línea de transmisión 1006 está rodeada por aire. Por lo tanto, es posible mejorar la eficiencia de emisión de la antena.

10. Décimo ejemplo

A continuación, se describirá un décimo ejemplo. La Fig. 52 es una vista en sección transversal que muestra una antena según la décima realización de la presente invención vista en un plano X-Z que incluye la vía conductora 1005.

Como se muestra en la Fig. 52, la décima realización está diseñada para modificar parcialmente la octava realización de tal manera que un extremo de la línea de transmisión 1006 esté conectado al parche conductor 1004

por medio de la vía conductora 1005. En la décima realización, la línea de transmisión 1006 está alineada en un plano para estar frente al plano conductor 1001 con el fin de servir como un conductor abierto que utiliza el plano conductor 1001 como una ruta de retorno. El circuito equivalente de la décima realización es idéntico al circuito equivalente que se muestra en la Fig. 35; por lo tanto, el principio de funcionamiento de la décima realización es idéntico al de la octava realización. Además, la décima realización es idéntica a la octava realización en términos de la estructura estratificada, de la disposición de la derivación, de la forma de la línea de transmisión 1006 y de la estructura de la unidad de suministro de energía. La Fig. 52 muestra que la vía conductora 1005 es un tipo de vía no pasante, mientras que de manera similar a la octava realización, es posible utilizar una vía pasante.

11. Undécimo ejemplo

A continuación, se describirá un undécimo ejemplo. La Fig. 53 es una vista en sección transversal que muestra una antena según la undécima realización en el plano X-Z que incluye la vía conductora 1005.

Como se muestra en la Fig. 53, la antena de la undécima realización está constituida por el plano conductor 1001, la primera capa dieléctrica 1002 depositada bajo el plano conductor 1001 y la segunda capa dieléctrica 1003 depositada sobre el plano conductor 1001. La línea de transmisión 1006 que utiliza el plano conductor 1001 como una ruta de retorno está alineada debajo de la primera capa dieléctrica 1002 en un plano que está frente al plano conductor 1001. Además, el parche conductor 1004 compuesto de un metal está dispuesto en la segunda capa dieléctrica 1003. Un extremo de la línea de transmisión 1006 está conectado eléctricamente al parche conductor 1004 por medio de la vía conductora 1005, mientras que el otro extremo de la misma es un extremo abierto, que sirve así como un conector abierto. Se forma un espacio libre 1011 en la posición de la vía conductora 1005 en el plano conductor 1001, que está eléctricamente aislado de la vía conductora 1005. En la undécima realización, la vía conductora 1005, la línea de transmisión 1006 y el espacio libre 1011 sirven como una derivación. La undécima realización es idéntica a la octava realización en términos de la disposición de la derivación, de la forma de la línea de transmisión 1006 y de la estructura de la unidad de suministro de energía.

El principio de funcionamiento de la undécima realización es idéntico al de la octava realización. La pérdida dieléctrica de una sustancia dieléctrica que rodea la línea de transmisión 1006 no es un elemento despreciable en la antena de la presente realización, en la que la undécima realización está diseñada para reducir aún más la pérdida dieléctrica en comparación con la octava realización porque la línea de transmisión 1006 está rodeada por aire. Por lo tanto, es posible mejorar la eficiencia de emisión de la antena.

12. Duodécimo ejemplo

A continuación, se describirá un duodécimo ejemplo. La Fig. 54 es una vista en sección transversal que muestra una antena según la duodécima realización de la presente invención en el plano X-Z que incluye la vía conductora 1005.

Como se muestra en la Fig. 54, la antena de la duodécima realización está constituida por el plano conductor 1001 así como por la primera capa dieléctrica 1002, la segunda capa dieléctrica 1003 y una tercera capa dieléctrica 1015 que se deposita secuencialmente sobre el plano conductor 1001. El parche conductor 1004 compuesto de un metal está dispuesto en la capa intercalada entre la segunda capa dieléctrica 1003 y la tercera capa dieléctrica 1015. Además, se deposita una primera línea de transmisión 1006A que utiliza el parche conductor 1004 como una ruta de retorno en la capa intercalada entre la primera capa dieléctrica 1002 y la segunda capa dieléctrica 1003 en el plano que está frente al parche conductor 1004. Además, una segunda línea de transmisión 1006B que utiliza el parche conductor 1004 como una ruta de retorno y cuya longitud difiere de la longitud de la primera línea de transmisión 1006A está dispuesta sobre la tercera capa dieléctrica 1015. Los primeros extremos de las líneas de transmisión 1006A y 1006B están conectados eléctricamente al plano conductor 1001 por medio de la vía conductora 1005, mientras que los segundos extremos de las mismas son extremos opuestos, que sirven así como conectores abiertos. Como se muestra en la Fig. 54, el espacio libre 1009 se forma en la posición de la vía conductora 1005 en el parche conductor 1004, que está aislado eléctricamente de la vía conductora 1005. En la duodécima realización, la vía conductora 1005, las líneas de transmisión 1006A y 1006B y el espacio libre 1009 sirven como una derivación.

La duodécima realización es idéntica a la octava realización en términos de la disposición de la derivación, de la forma de la línea de transmisión y de la estructura de la unidad de suministro de energía. El principio de funcionamiento de la duodécima realización es idéntico al de la octava realización.

En el caso de una sola línea de transmisión, cuya longitud se determina para establecer así la primera banda o la primera brecha de banda en un rango de frecuencia deseado, la segunda banda y sus siguientes bandas deberían determinarse automáticamente en función de las ecuaciones (4) y (5). Por el contrario, es posible establecer la primera y la segunda bandas independientemente en la duodécima realización debido a los diferentes períodos de conversión de impedancia aplicados a las líneas de transmisión 1006A y 1006B, asegurando así un alto grado de libertad en el establecimiento de las bandas de frecuencia.

13. Decimotercer ejemplo

A continuación, se describirá un decimotercer ejemplo. Las Figs. 55 y 56 son vistas en perspectiva que muestran una antena según el decimotercer ejemplo. La antena de la octava realización está diseñada de tal manera que la

vía 1007 de suministro de energía sirve como unidad de suministro de energía para el parche conductor 1004, y se forma un puerto de entrada de señales mediante el uso de la vía 1007 de suministro de energía y el espacio libre 1008 del suministro de energía dispuesto en el plano conductor 1001. Como método de suministro de energía aplicado a esta estructura, es posible nombrar el método para conectar directamente un cable coaxial a la parte posterior del plano conductor 1001 y el método en el cual se forma una línea de microbandas o una línea de bandas, que sirve como línea suministro de energía, en la parte posterior del plano conductor 1001 y que se conecta a la parte posterior del plano conductor 1001. El método que utiliza el cable coaxial sufre un aumento de tamaño y no es adecuado para el propósito de la presente invención para reducir el tamaño de una antena. El método que utiliza la línea de suministro de energía formada en la parte posterior del plano conductor 1001 debería aumentar el número de capas, lo que a su vez conduce a la complejidad de la estructura general.

Como se muestra en la Fig. 55, la decimotercera realización está diseñada para modificar parcialmente la octava realización de tal manera que la unidad de suministro de energía se forme utilizando una línea 1020 de microbandas formada en el mismo plano que el parche conductor 1004. La línea 1020 de microbandas está conectado a la periferia externa del parche conductor 1004 para recibir así señales de un circuito de comunicación inalámbrica (no mostrado) por medio de la antena. Es difícil establecer el acoplamiento de impedancia entre la unidad de suministro de energía y la periferia externa del parche conductor que tiene alta impedancia. Como se muestra en la Fig. 56, se forma un recorte rectangular 1021, que se puede usar de manera similar en la antena de parche convencional, en el parche conductor 1004, con el fin de ubicar así la línea 1020 de microbandas en la periferia externa del parche conductor 1004 sometido al acoplamiento de impedancia con la unidad de suministro de energía. Es decir, la decimotercera realización está diseñada para reducir el tamaño de la antena y asegurar un funcionamiento del suministro de energía con una estructura simple.

14. Decimocuarto ejemplo

A continuación se describirá un decimocuarto ejemplo. La figura 57 es una vista en planta del plano conductor 1001 incluido en una antena según el decimocuarto ejemplo. El decimocuarto ejemplo está diseñado para modificar parcialmente la octava realización de tal manera que la unidad de suministro de energía se forme utilizando una línea coplanaria 1022 formada en conexión con el plano conductor 1001 y la vía 1007 de suministro de energía. La línea coplanaria 1022 está conectada a la vía 1007 de suministro de energía para recibir señales de un circuito de comunicación inalámbrica (no mostrado) por medio de la antena. La decimocuarta realización está diseñada para reducir el tamaño de la antena y para asegurar un funcionamiento del suministro de energía con una estructura simple.

15. Decimoquinto ejemplo

A continuación, se describirá un decimoquinto ejemplo. La Fig. 58 es una vista en planta de una antena según el decimoquinto ejemplo. Como se muestra en la Fig. 58, la decimoquinta realización se dirige a una antena de conjunto en la que una multitud de elementos 1030 del conjunto se alinea en una placa de circuito impreso 1031. Esta antena de conjunto logra una directividad en forma de haz para aumentar así la ganancia en una dirección de emisión. La Fig. 58 muestra que cuatro elementos 1030 del conjunto, cada uno correspondiente a la antena de la decimotercera realización, están alineados en paralelo y se les suministra energía eléctrica por medio de la línea 1020 de microbandas. Es posible usar antenas de las otras realizaciones como elementos 1030 del conjunto. Aumentar el número de elementos 1030 del conjunto agudiza los haces y aumenta la ganancia en una dirección de radiación.

Las antenas de la presente invención están diseñadas para alinear repetitivamente derivaciones que incluyen conectores abiertos y vías conductoras para así controlar eficazmente las características de dispersión de los medios, en donde las características de dispersión de los medios se configuran para acortar las longitudes de onda, para que sean más cortas que las longitudes de onda de las sustancias dieléctricas convencionales, por lo tanto, reduciendo notablemente los tamaños de las antenas. Las estructuras repetitivas de la presente invención sirven como medios a mano derecha con el fin de eliminar las frecuencias de corte, con lo que se bajan fácilmente las bandas de frecuencia.

A este respecto, es posible combinar arbitrariamente las realizaciones anteriores o aumentar o disminuir el número de piezas en las realizaciones anteriores. Además, es posible proporcionar dispositivos electrónicos equipados con las placas de circuito impreso mencionadas anteriormente y/o las antenas mencionadas anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Una estructura de guía de ondas que comprende:
un primer plano conductor (1);
un segundo plano conductor (2); y
- 5 una multitud de estructuras unitarias (3),
donde
el segundo plano conductor (2) está dispuesto frente al primer plano conductor (1), y
cada una de las estructuras unitarias comprende:
una primera línea de transmisión (4A, 104);
- 10 una segunda línea de transmisión (4B, 204B); y
una vía conductora (5, 105), donde
la primera línea de transmisión (4A, 104) y la segunda línea de transmisión (4B, 204B) están
dispuestas en una misma capa o en diferentes capas, donde
la misma es opuesta al segundo plano conductor (2), y
- 15 las capas diferentes son opuestas al segundo plano conductor (2), y
la primera línea de transmisión (4A, 104) comprende:
un primer extremo; y
un segundo extremo, donde
el primer extremo es un extremo abierto, y
- 20 el segundo extremo está conectado eléctricamente al primer plano conductor (1) a través de la vía
conductora (5, 105), y
la segunda línea de transmisión (4B, 204B) comprende:
un tercer extremo; y
un cuarto extremo; donde
- 25 el tercer extremo es un extremo abierto, y
el cuarto extremo está conectado eléctricamente al primer plano conductor (1) a través de la vía
conductora (5, 105), caracterizado por que
la primera línea de transmisión (4A, 104) y la segunda línea de transmisión (4B, 204B) tiene longitudes
diferentes.
- 30 2. La estructura de guía de ondas según la reivindicación 1, en la que
la primera línea de transmisión (4A) y la segunda línea de transmisión (4B) están dispuestas en la misma capa.
3. La estructura de guía de ondas según la reivindicación 2, en la que
la misma capa está dispuesta en un lado opuesto del primer plano conductor (1) con respecto al segundo plano
conductor (2).
- 35 4. La estructura de guía de ondas según la reivindicación 2, en la que
la misma capa está dispuesta entre el primer plano conductor (1) y el segundo plano conductor (2).
5. La estructura de guía de ondas según la reivindicación 1, en la que
la primera línea de transmisión (104) y la segunda línea de transmisión (204B) están dispuestas en capas diferentes,
donde

las diferentes capas comprenden:

una primera capa; y

una segunda capa, donde

5 la primera capa está dispuesta en un lado opuesto del primer plano conductor (1) con respecto al segundo plano conductor (2), y

la segunda capa está dispuesta entre el primer plano conductor (1) y el segundo plano conductor (2).

6. La estructura de guía de ondas según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que

la primera línea de transmisión (4A, 104) y la segunda línea de transmisión (4B, 204B) están dispuestas más cerca del segundo plano conductor (2) que del primer plano conductor (1).

10 7. Una placa de circuito impreso que comprende:

la estructura de guía de ondas según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.

8. Un dispositivo electrónico que comprende:

la estructura de guía de ondas según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.

FIG. 1

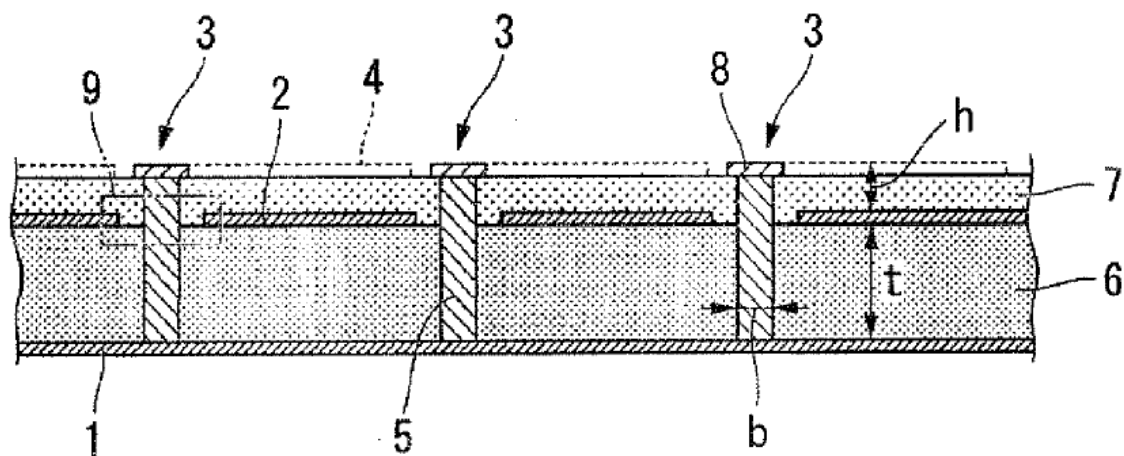


FIG. 2

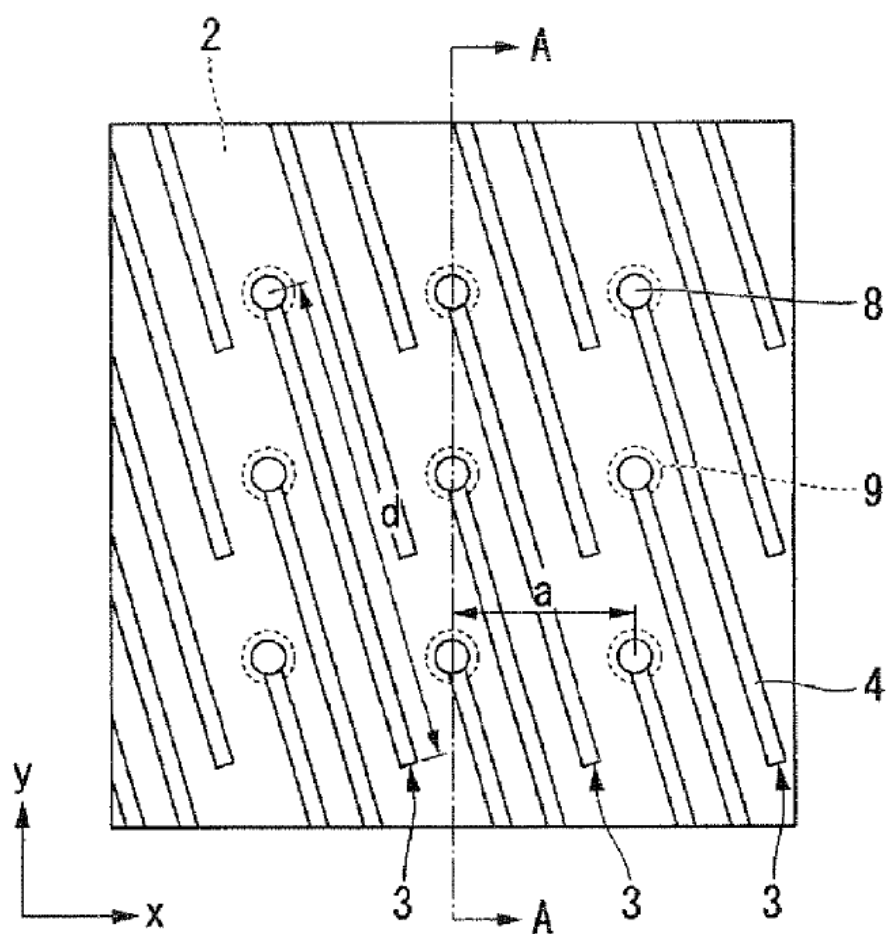


FIG. 3

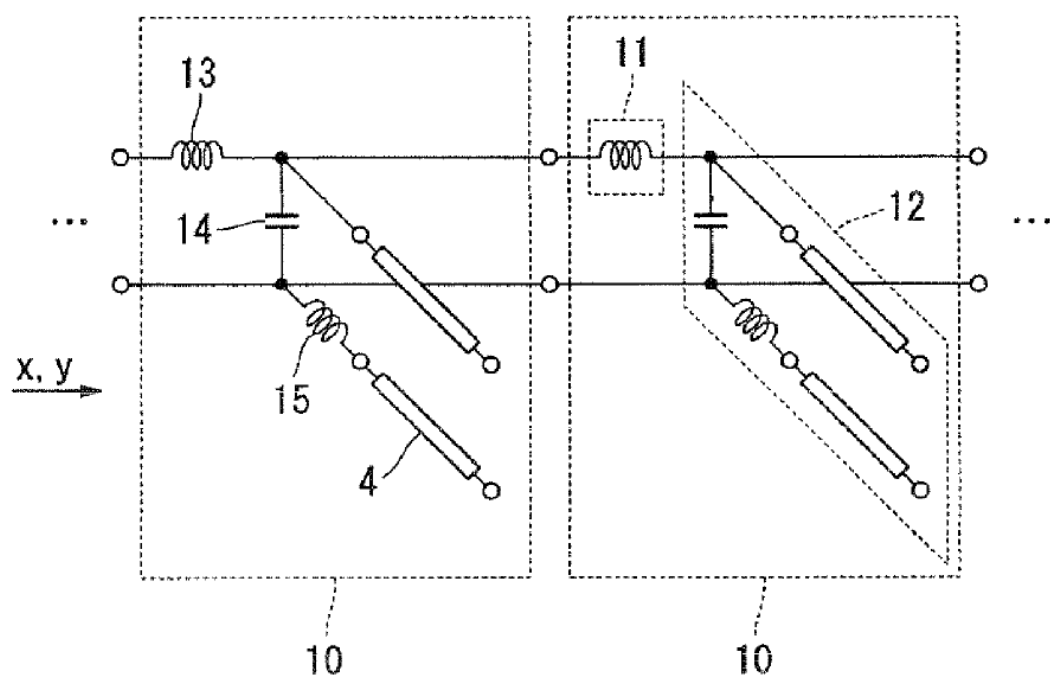


FIG. 4

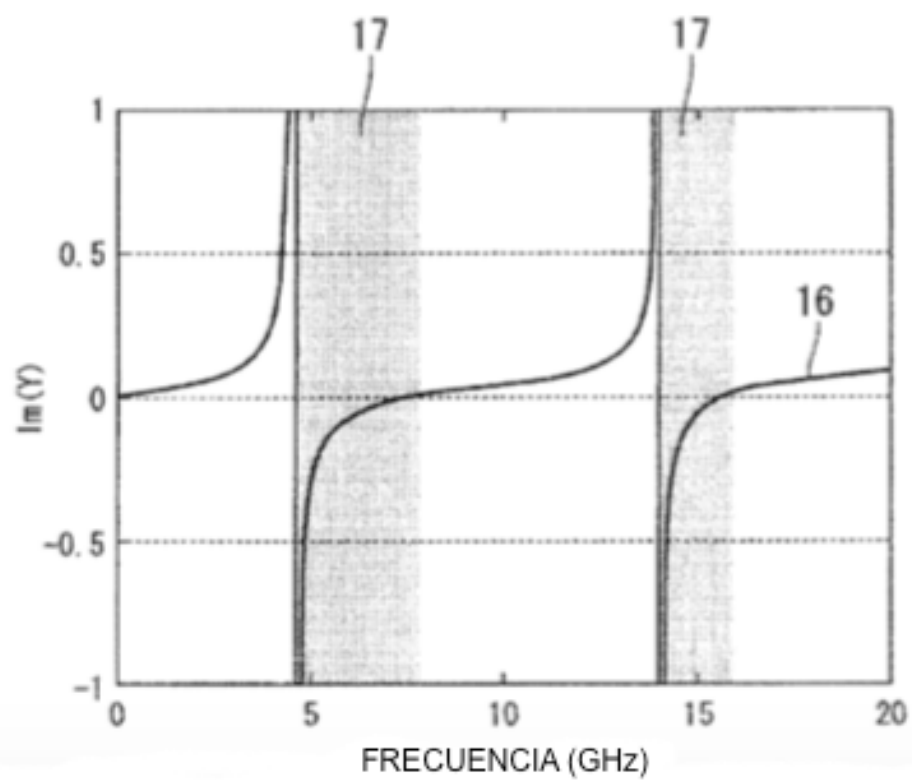


FIG. 5

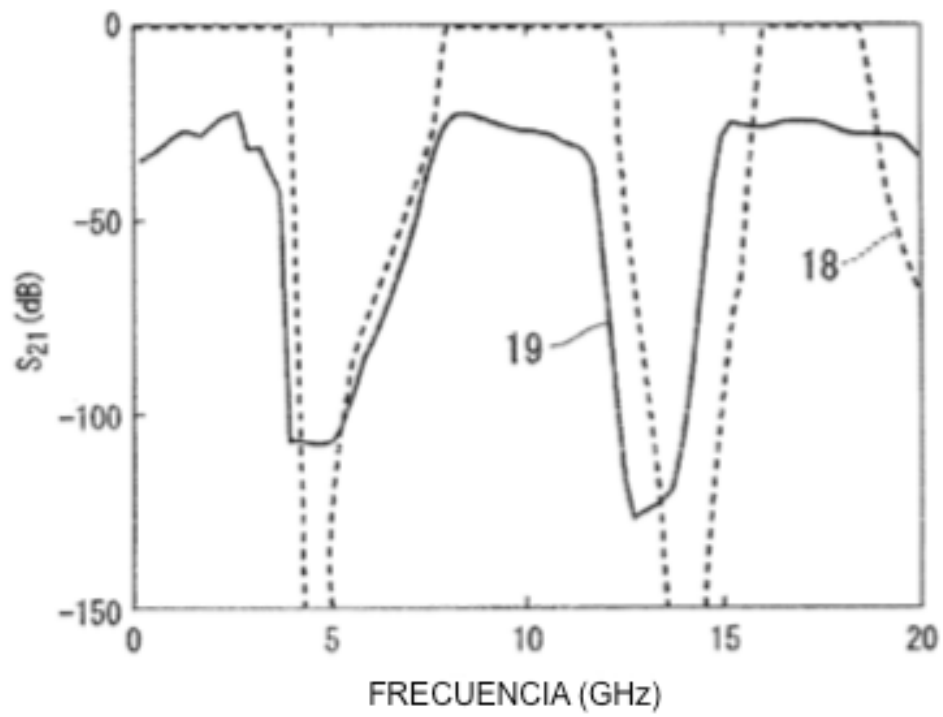


FIG. 6

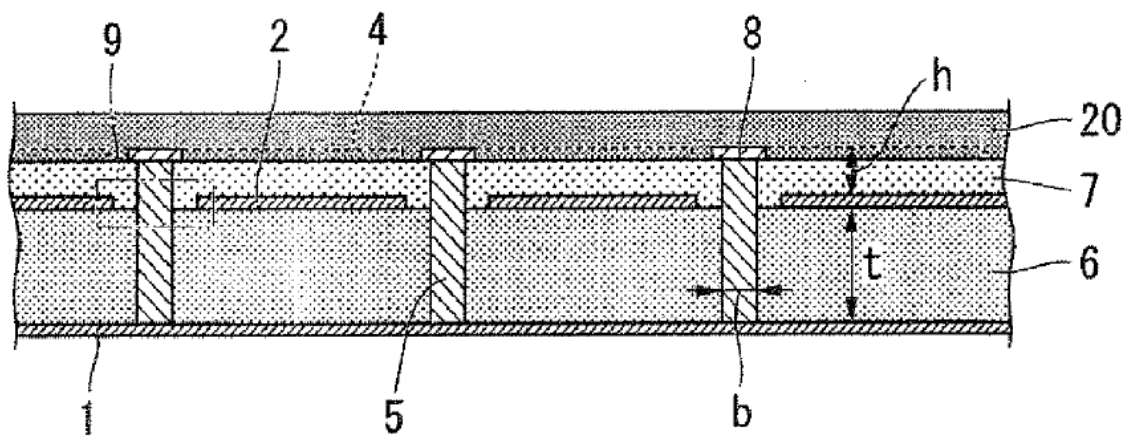


FIG. 7A

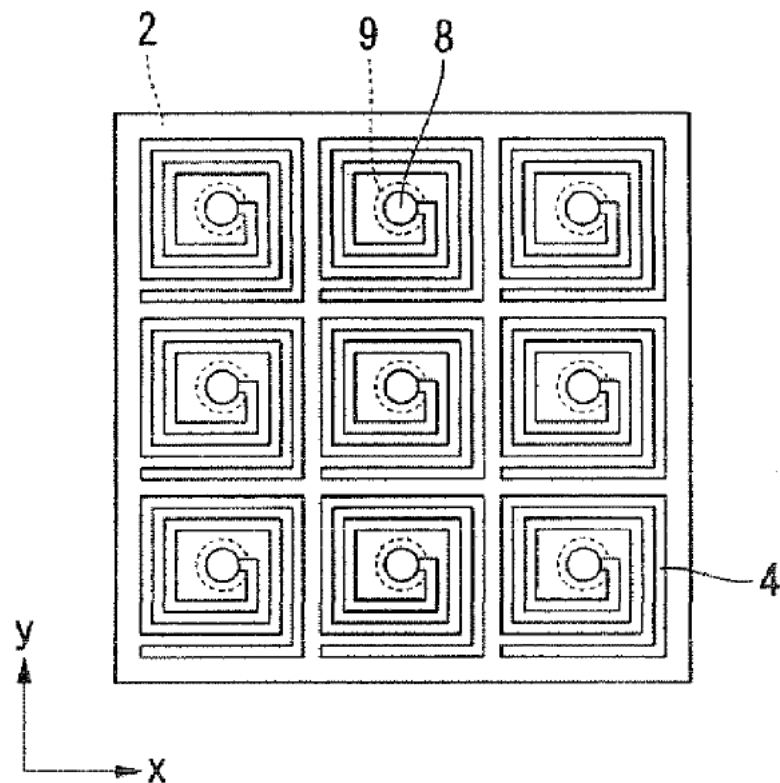


FIG. 7B

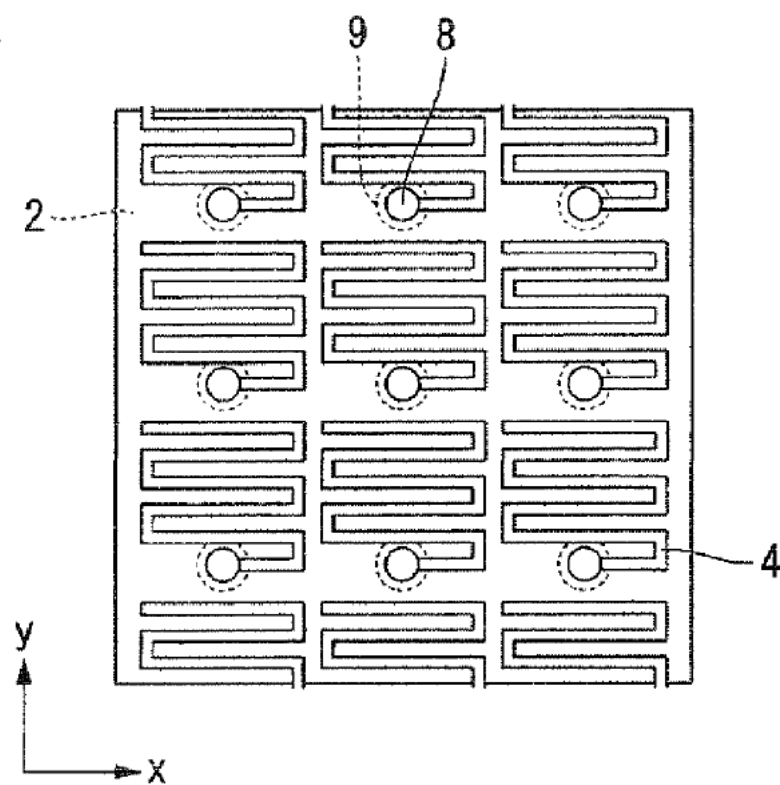


FIG. 8

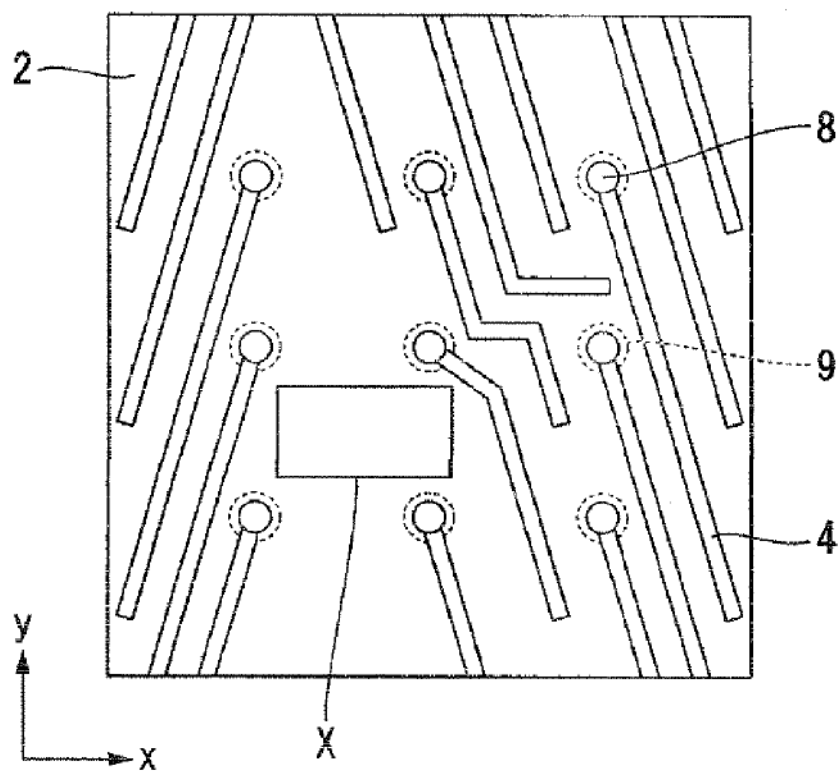


FIG. 9

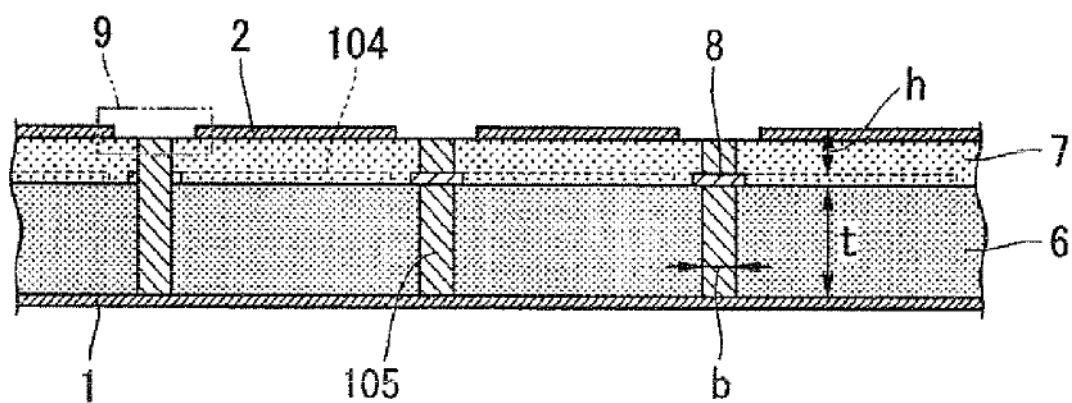


FIG. 10

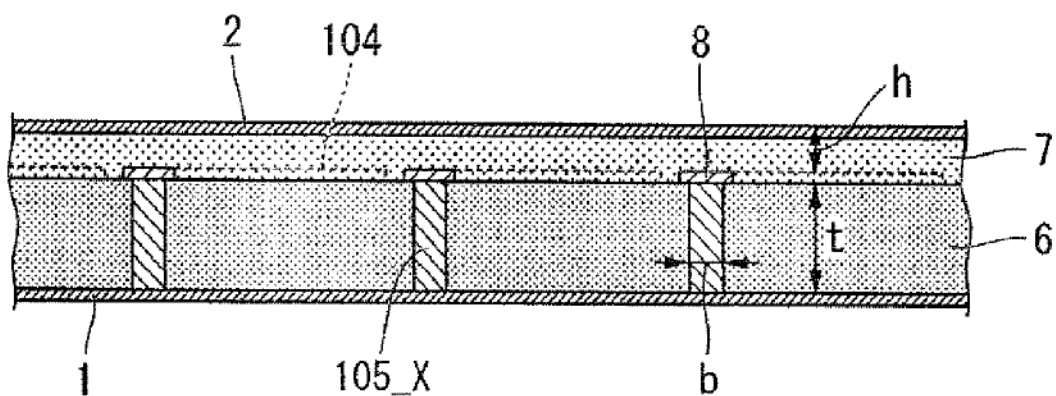


FIG. 11

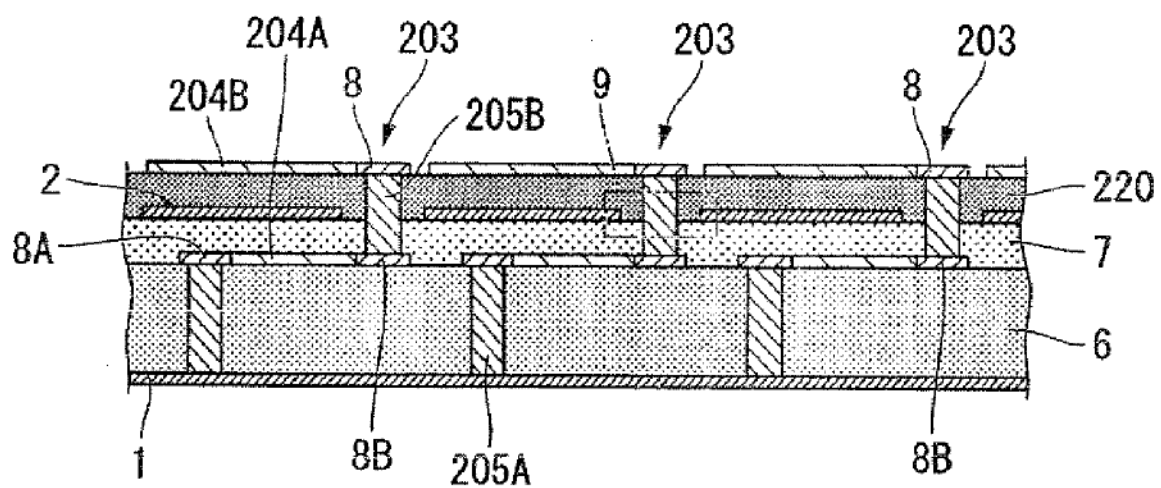


FIG. 12

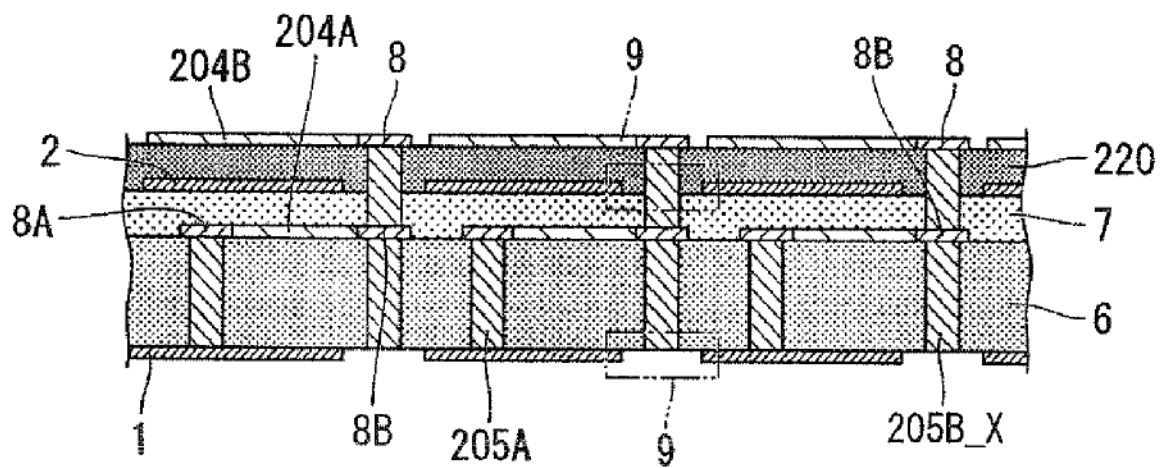


FIG. 13

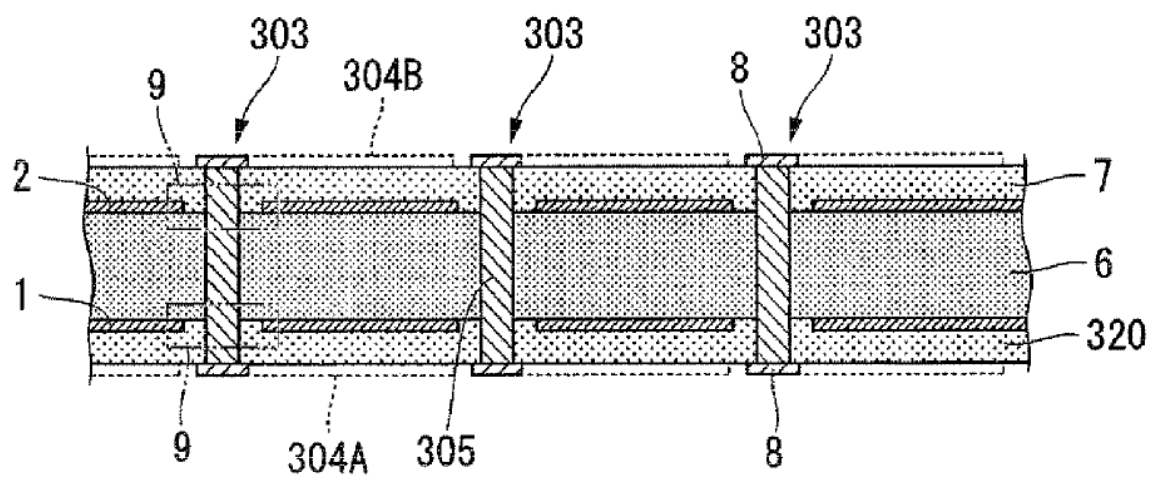


FIG. 14

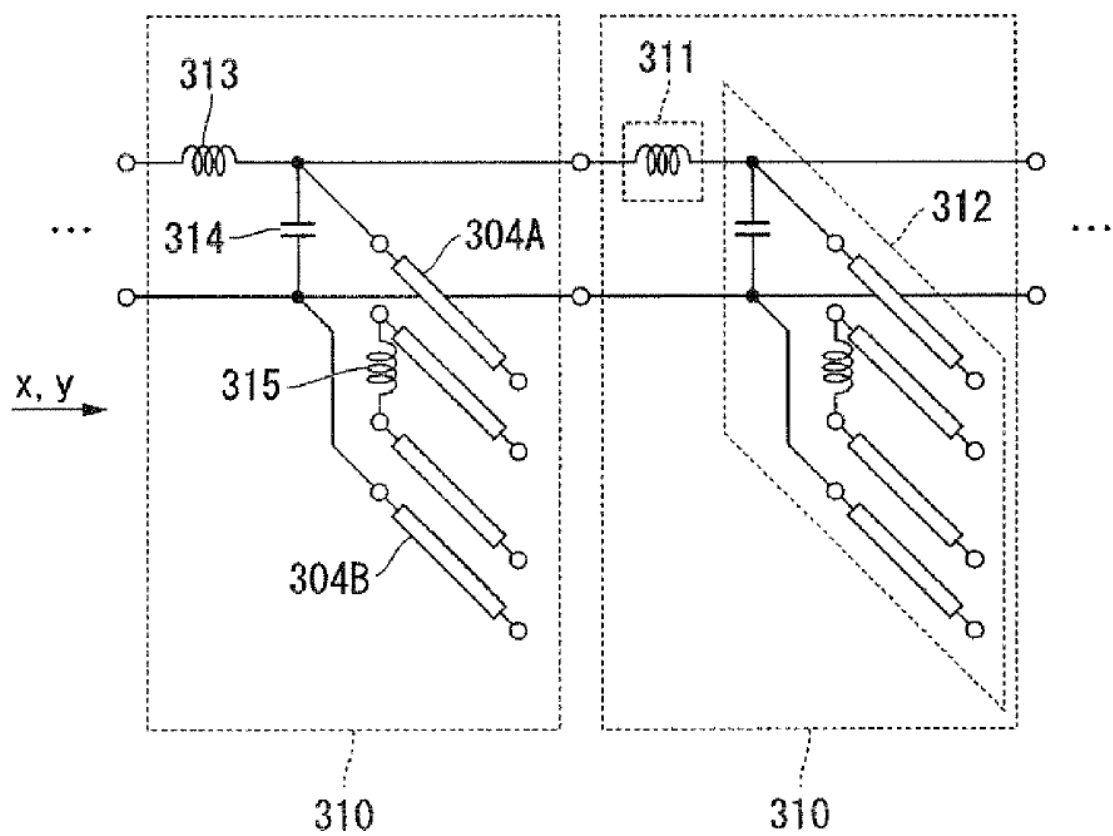


FIG. 15

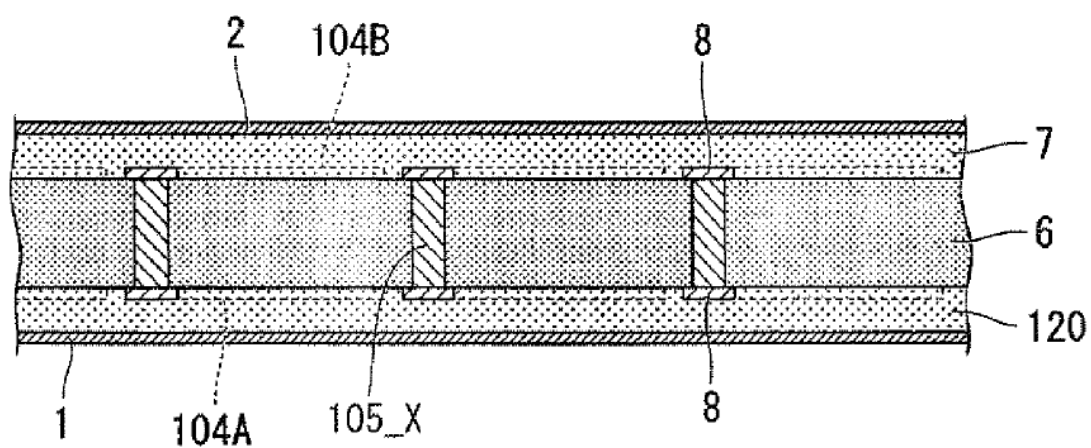


FIG. 16

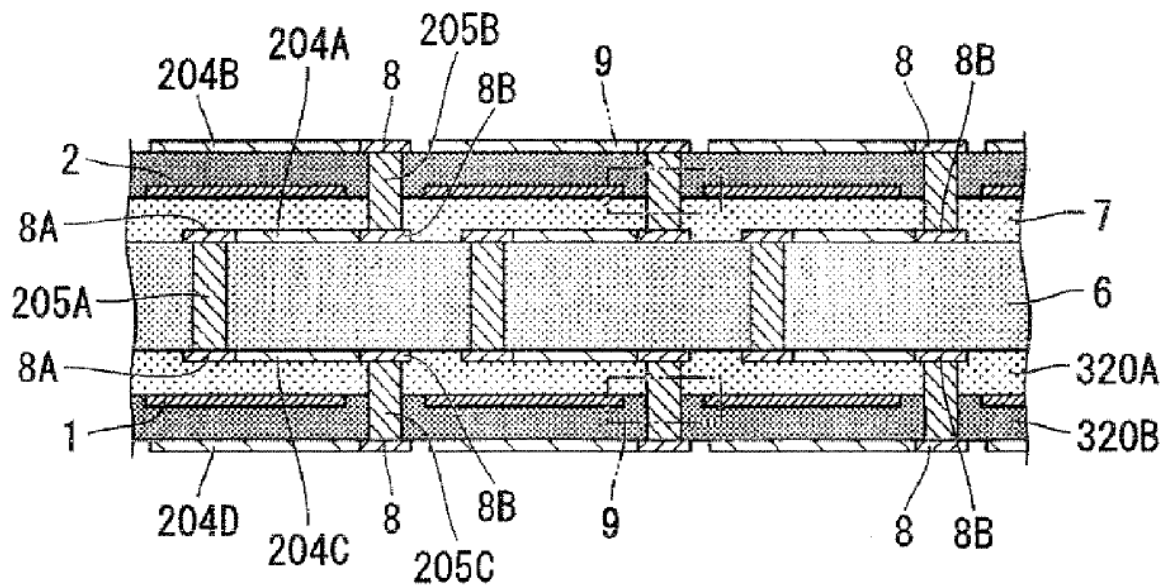


FIG. 17

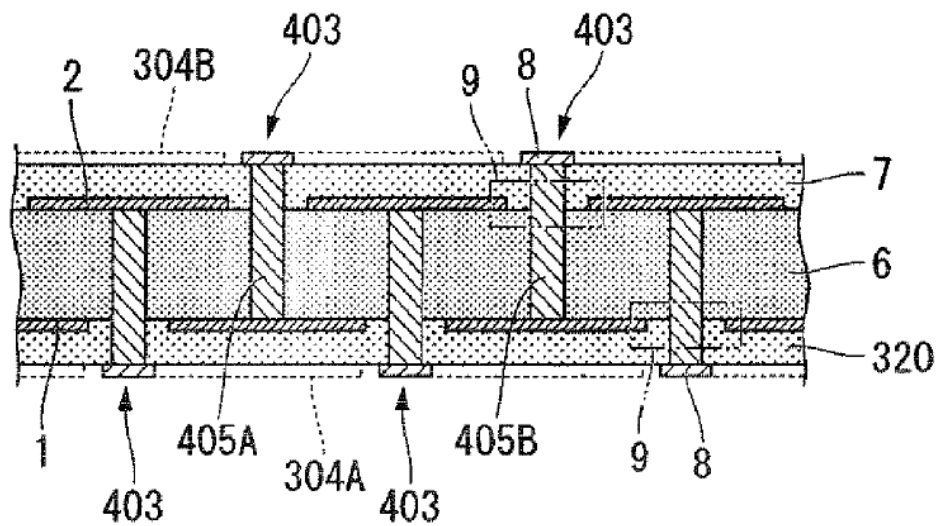


FIG. 18

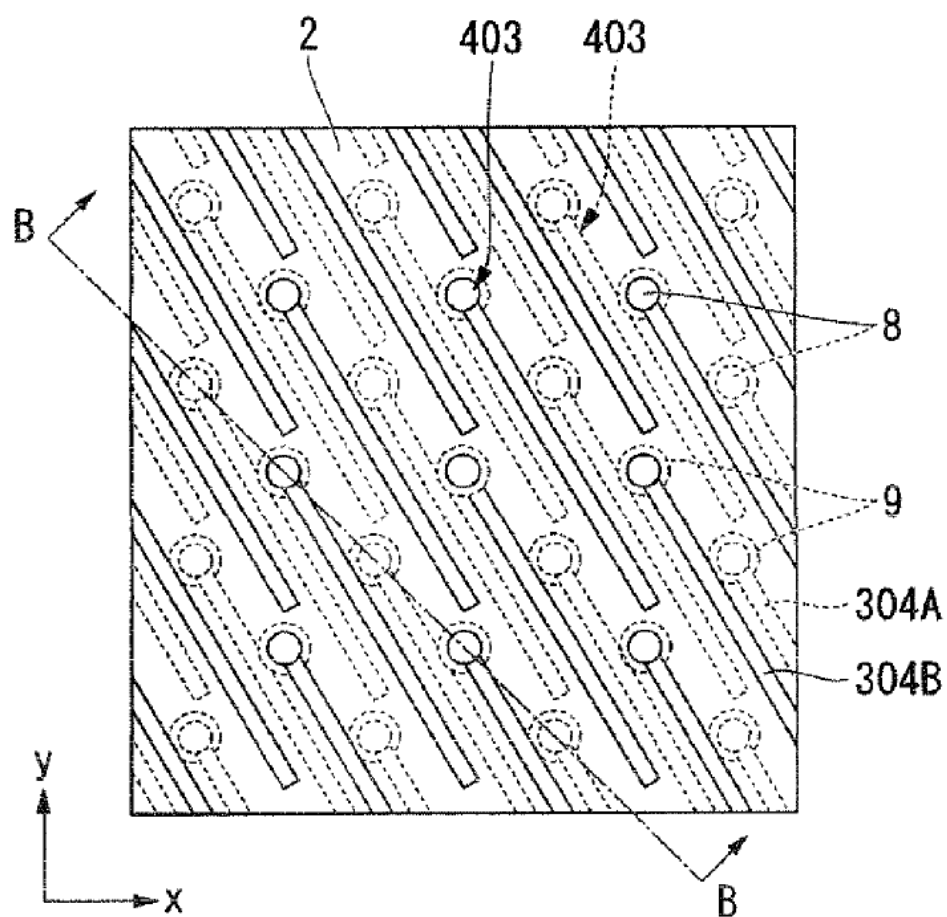


FIG. 19

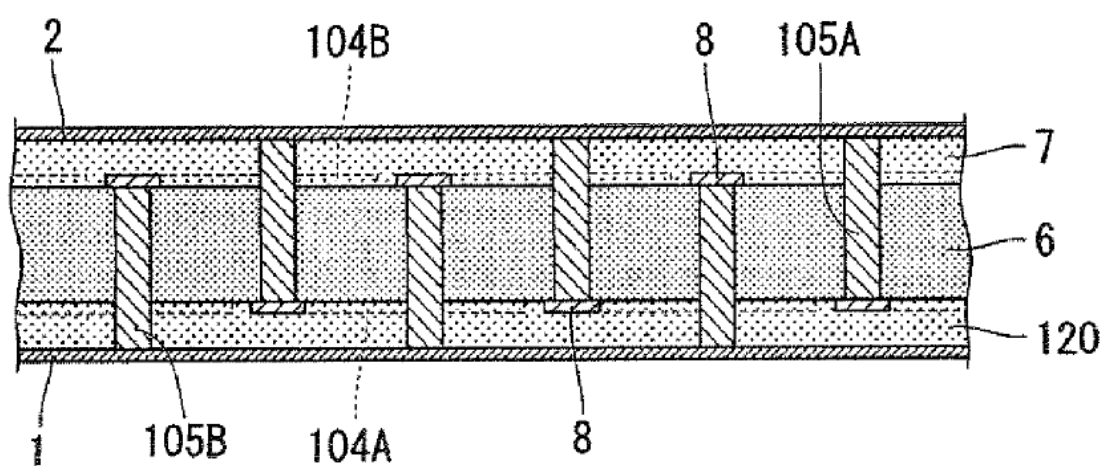


FIG. 20

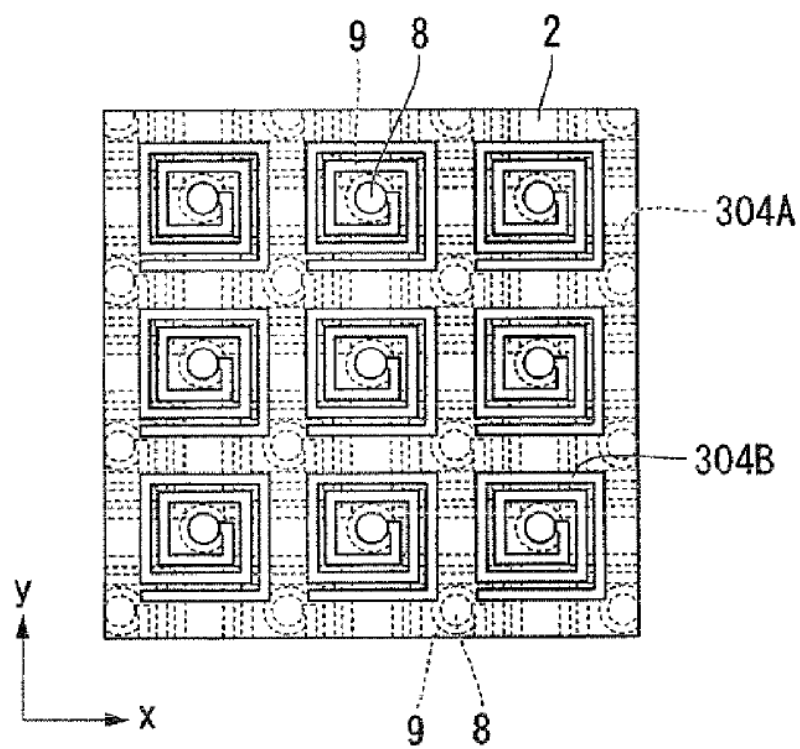


FIG. 21

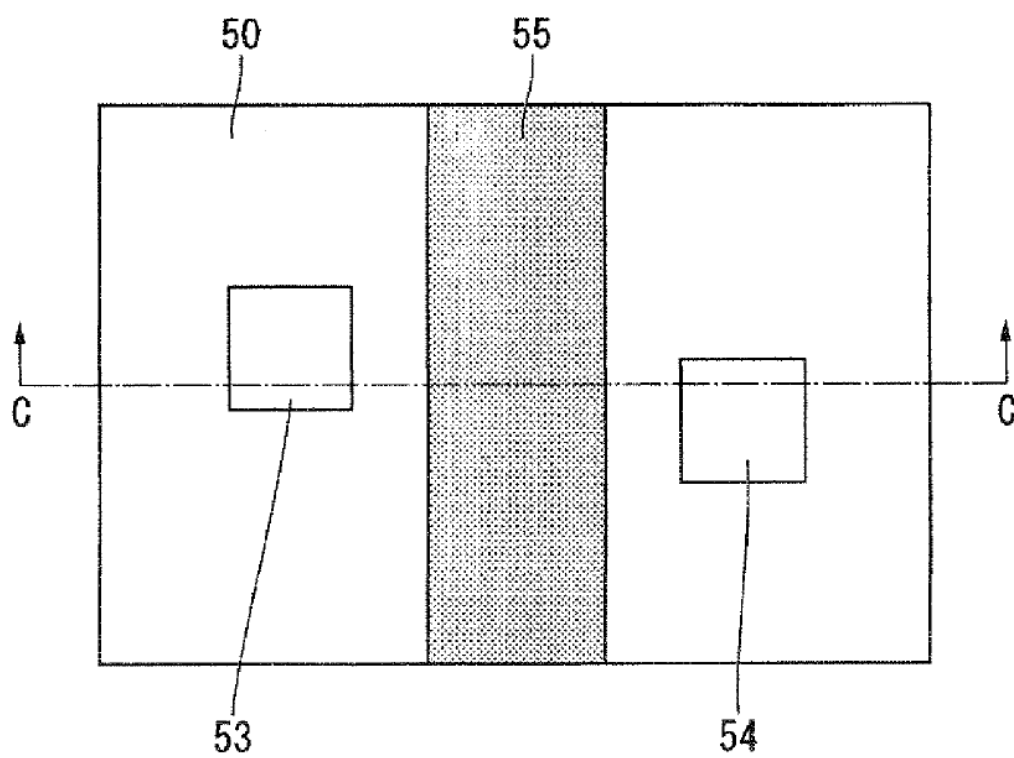


FIG. 22

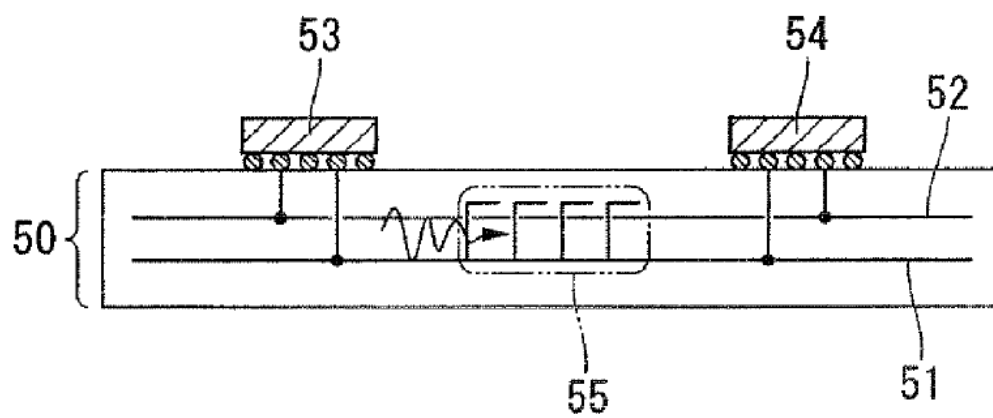


FIG. 23

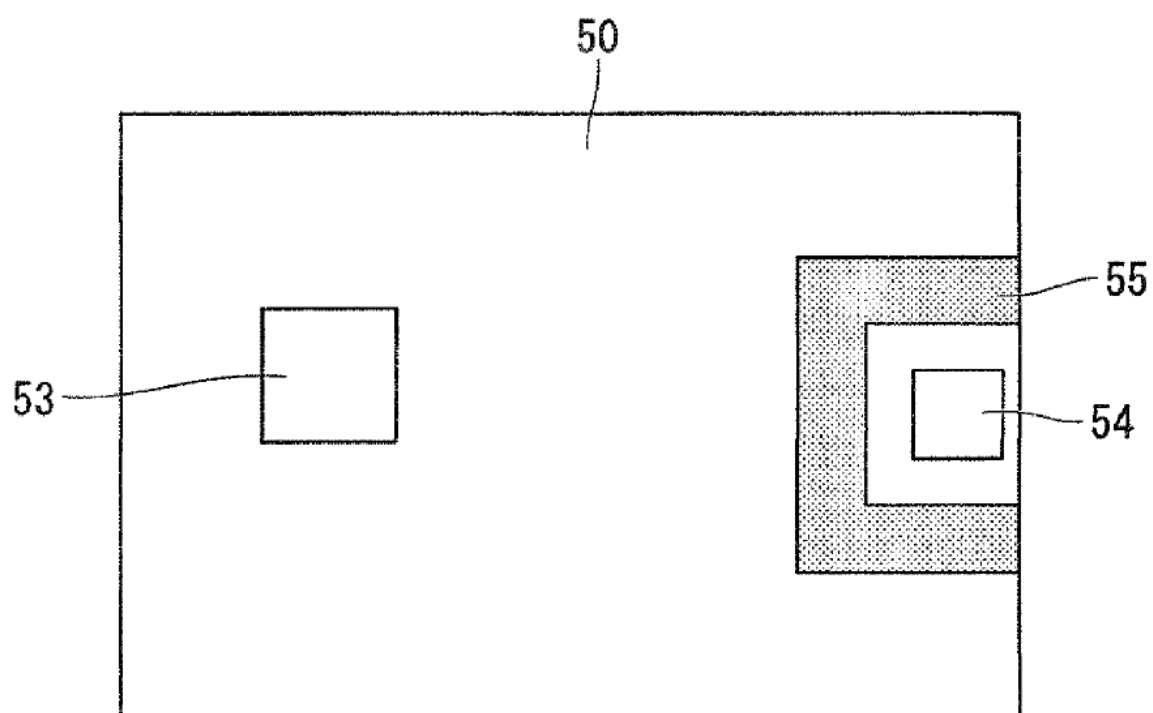


FIG. 24

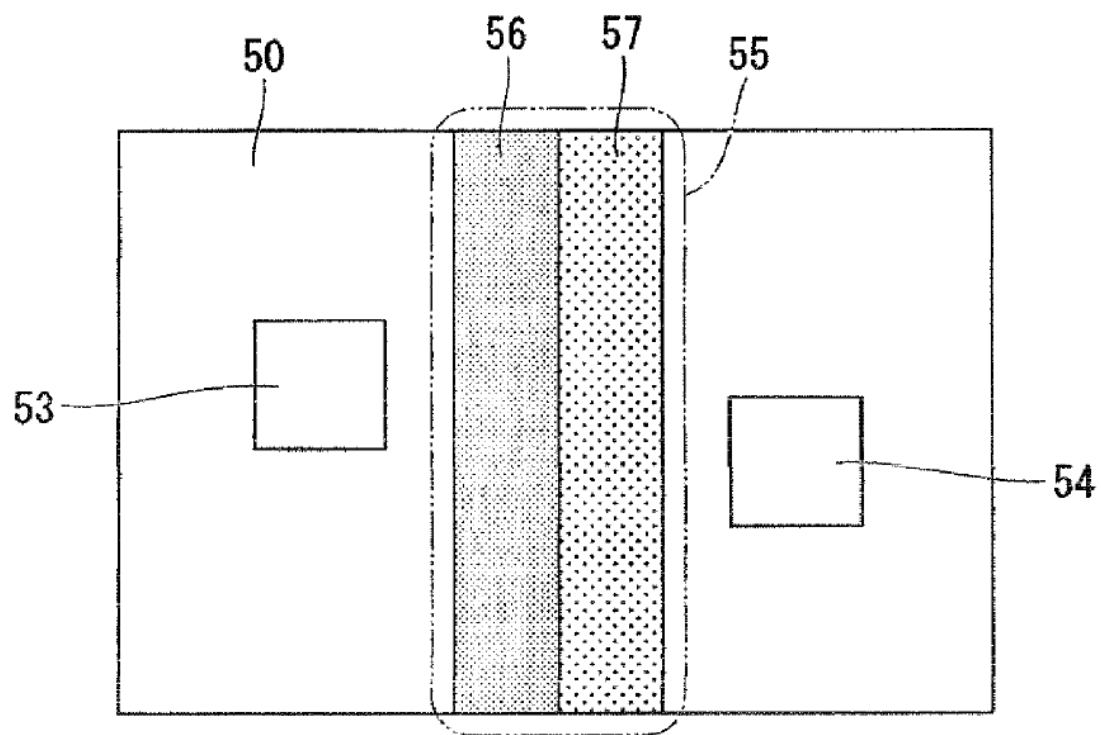


FIG. 25

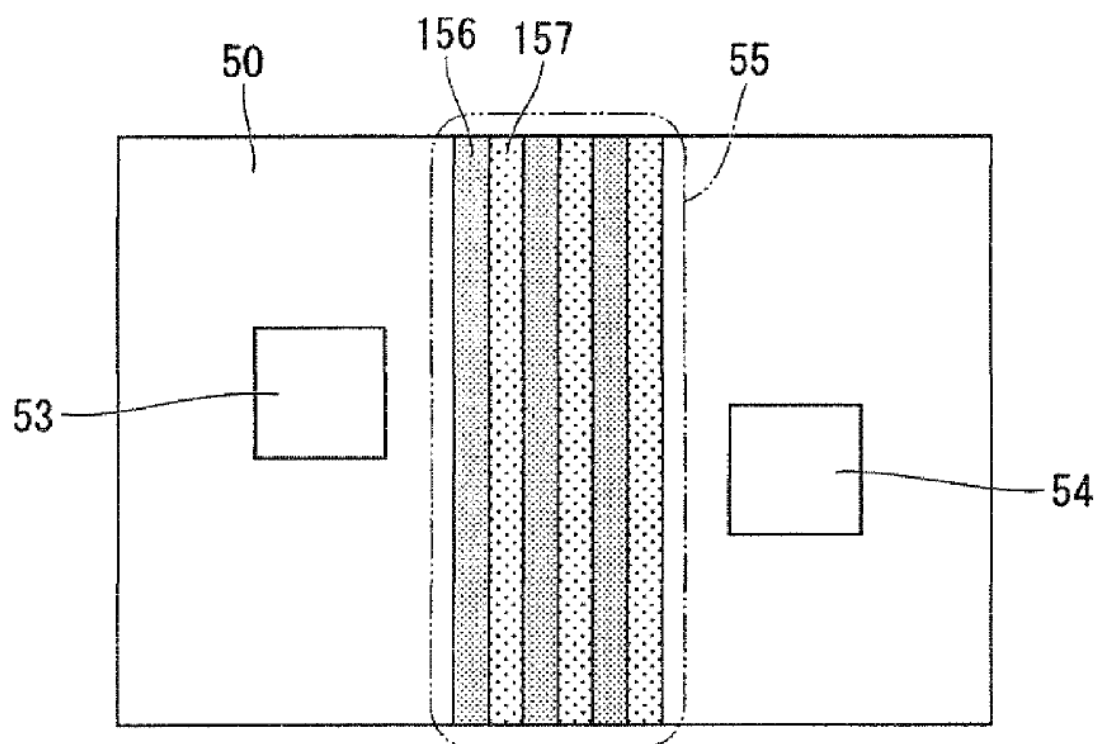


FIG. 26

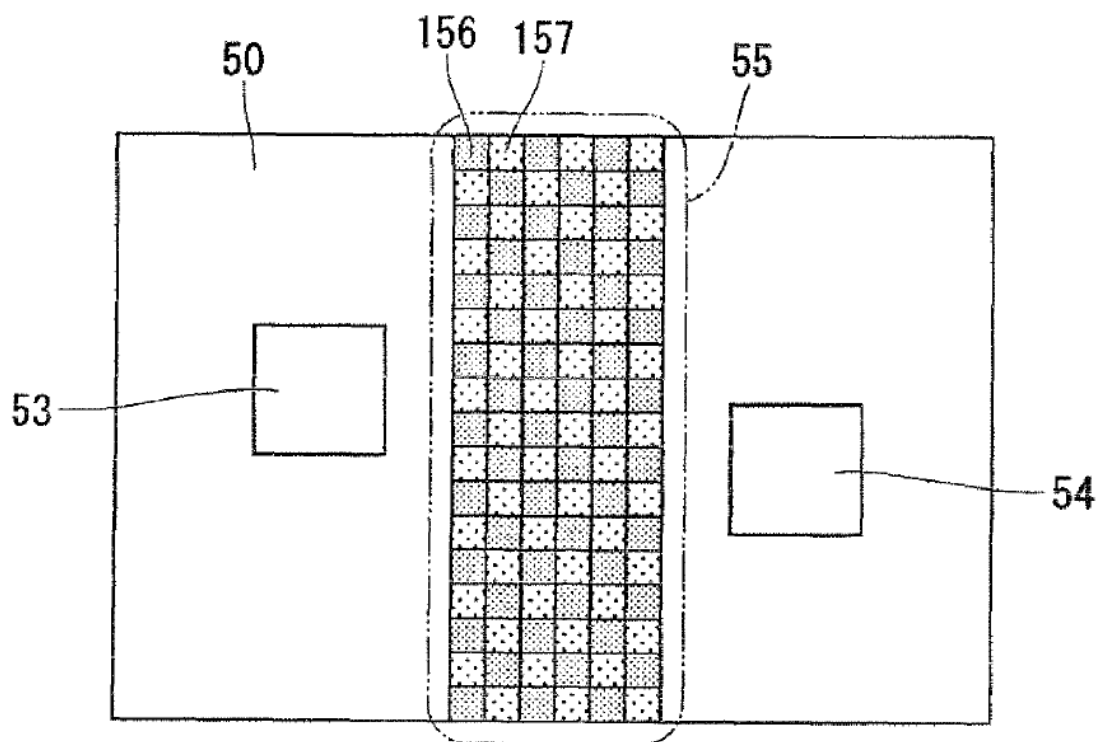


FIG. 27

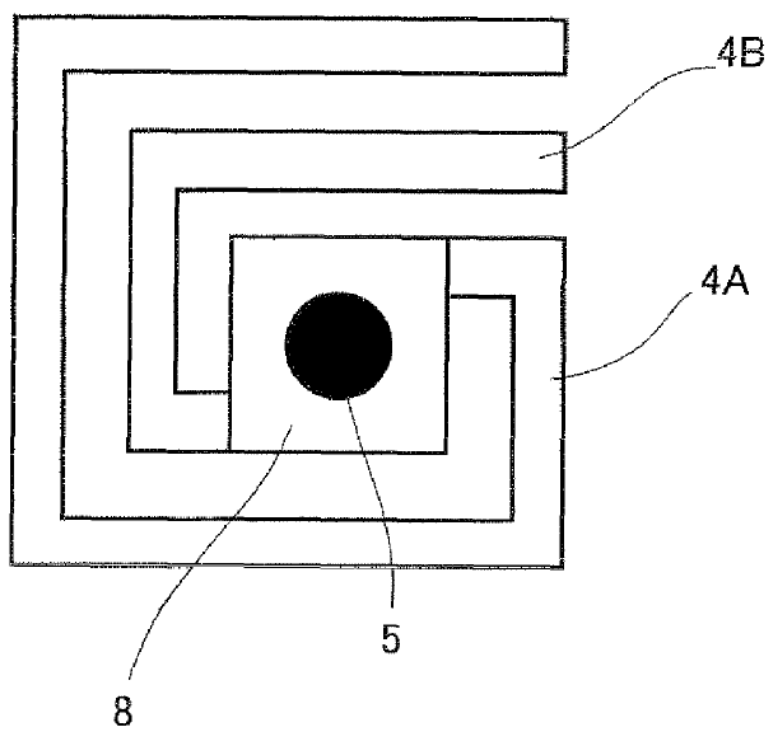


FIG. 28

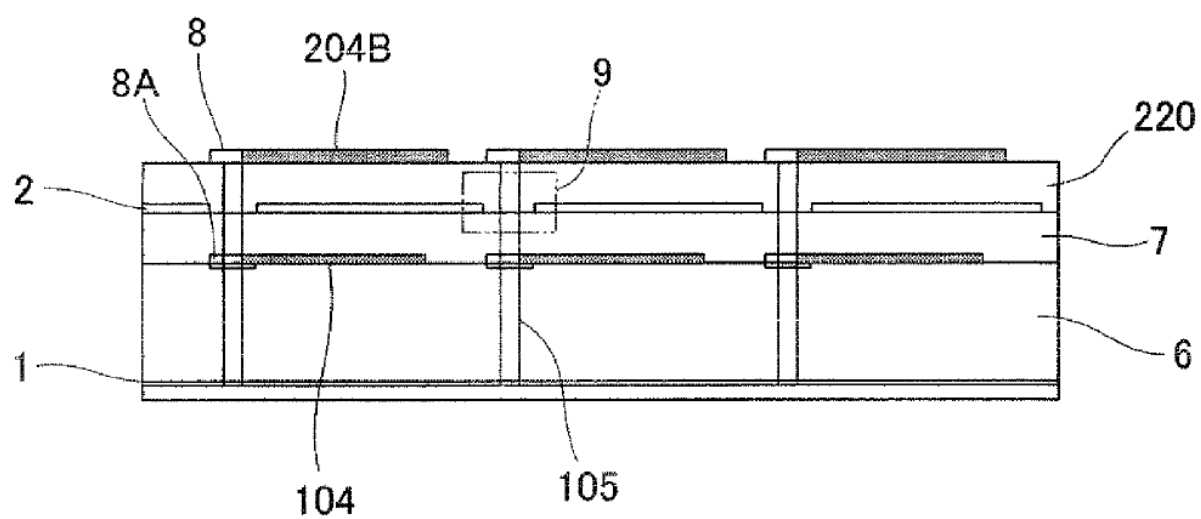


FIG. 29

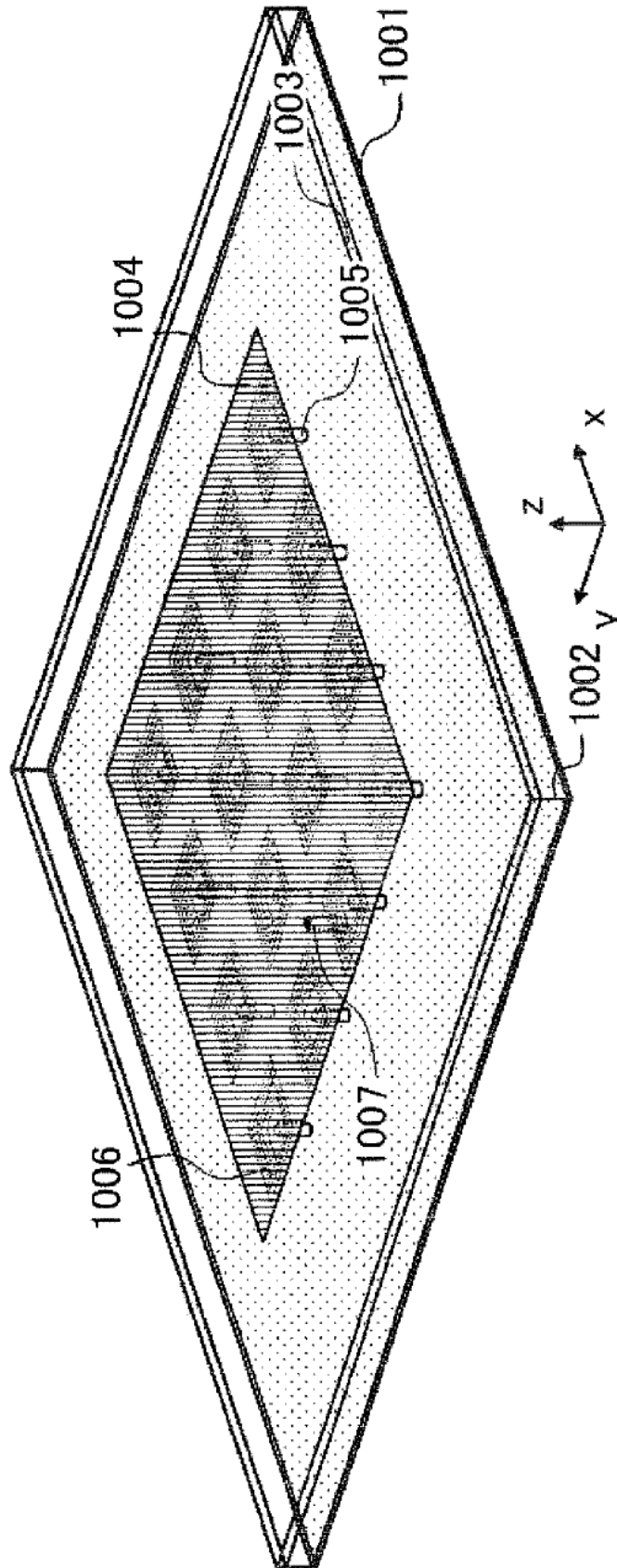


FIG. 30

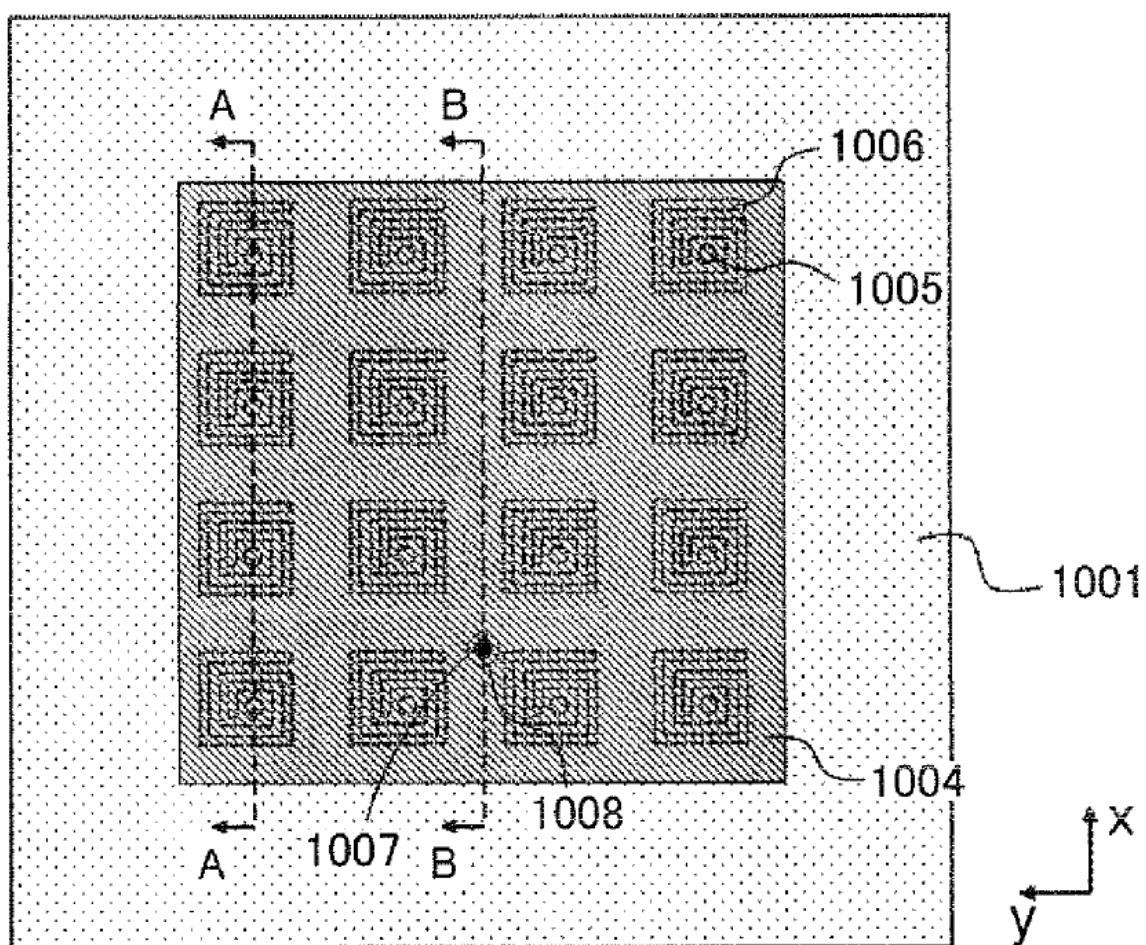


FIG. 31

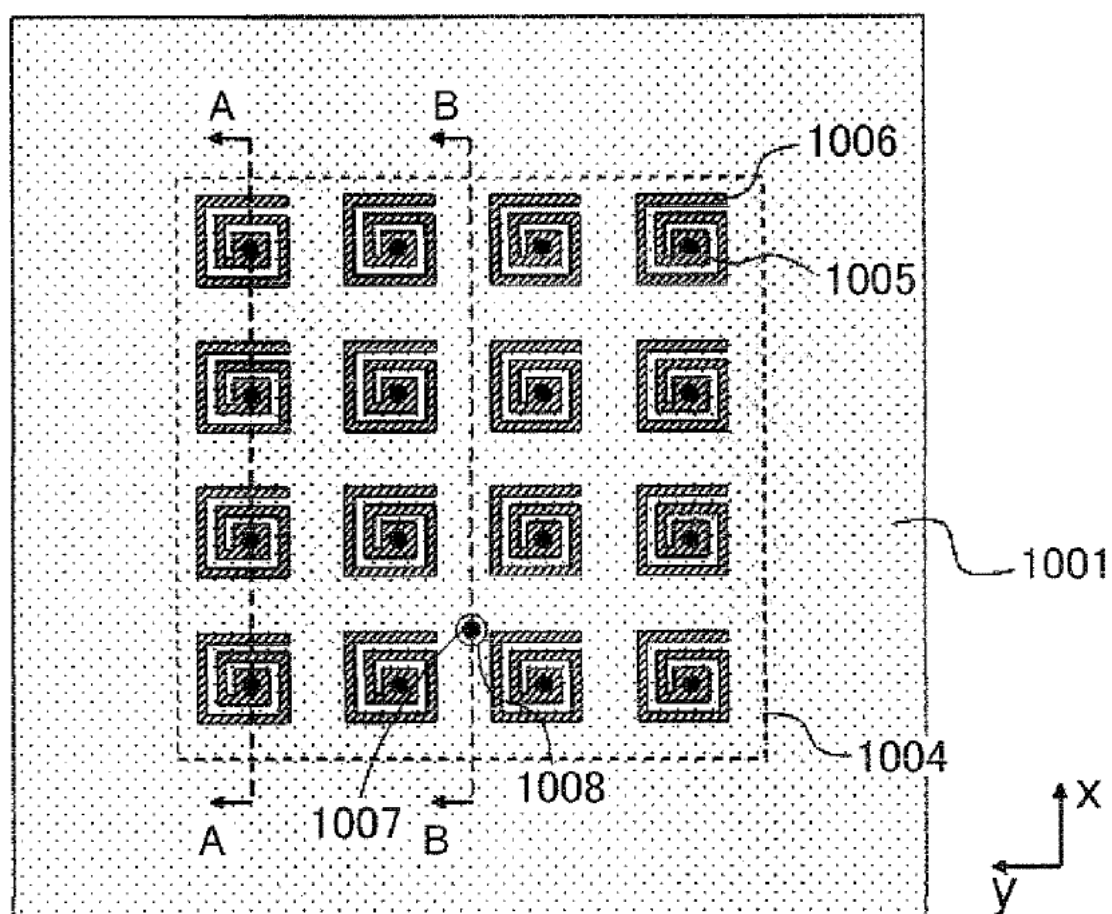


FIG. 32

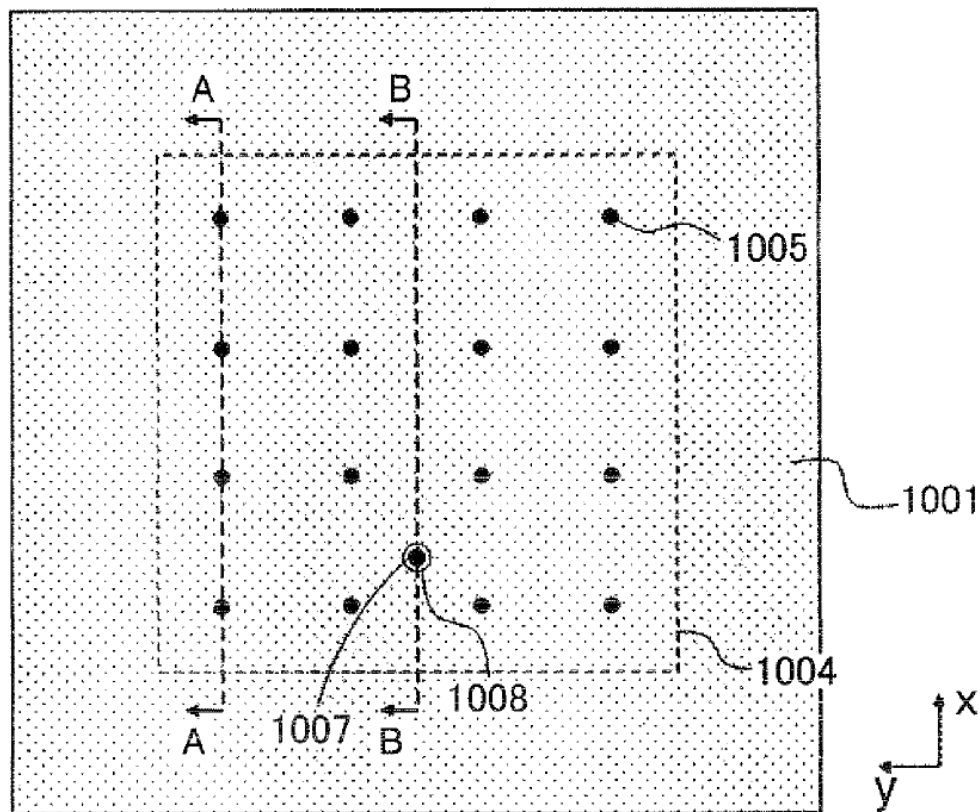


FIG. 33

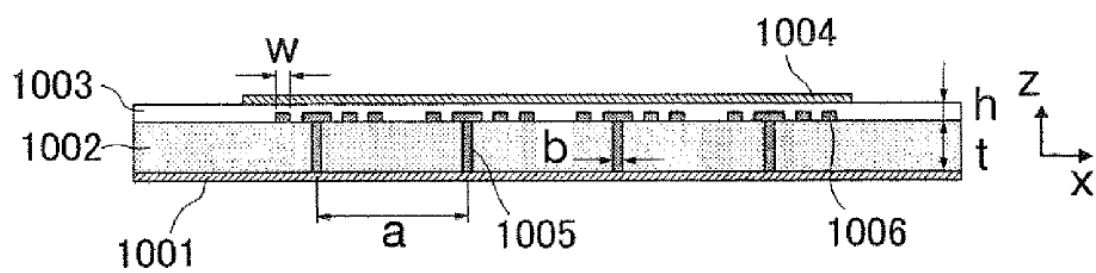


FIG. 34

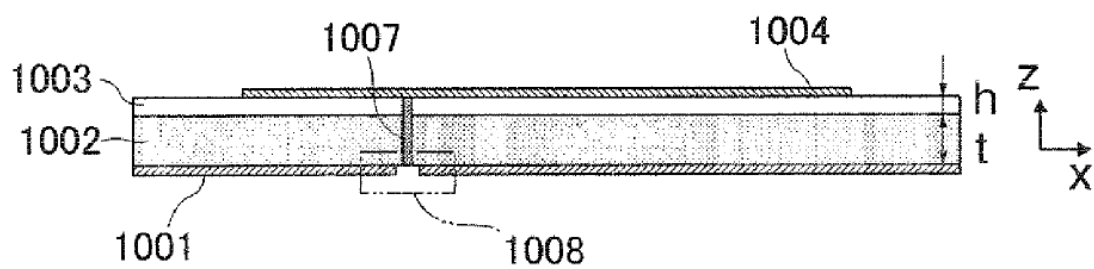


FIG. 35

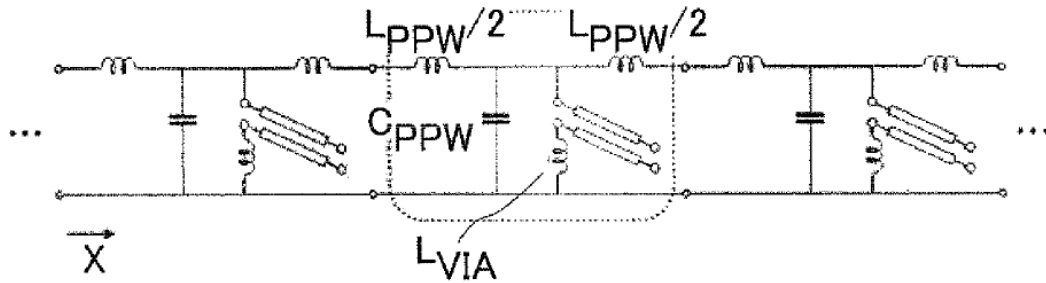


FIG. 36

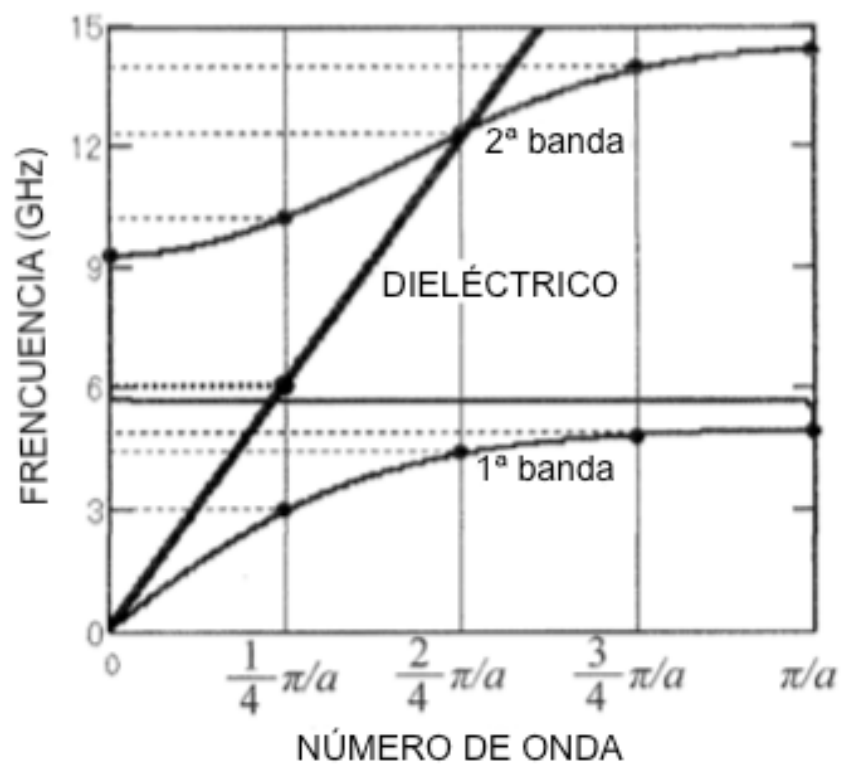


FIG. 37

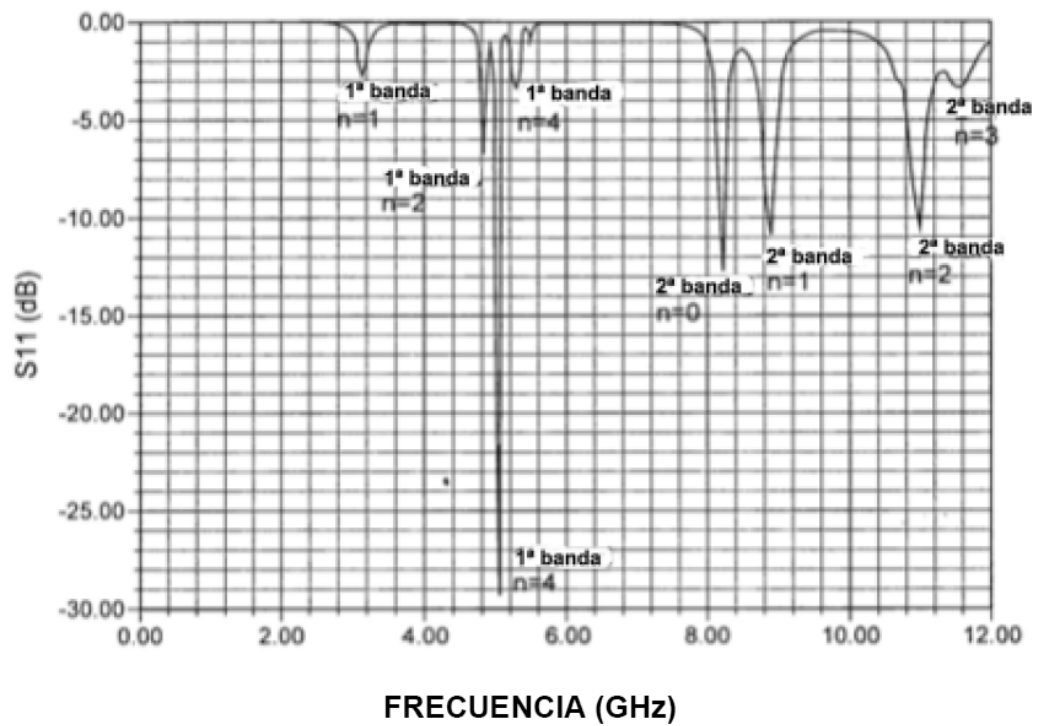


FIG. 38

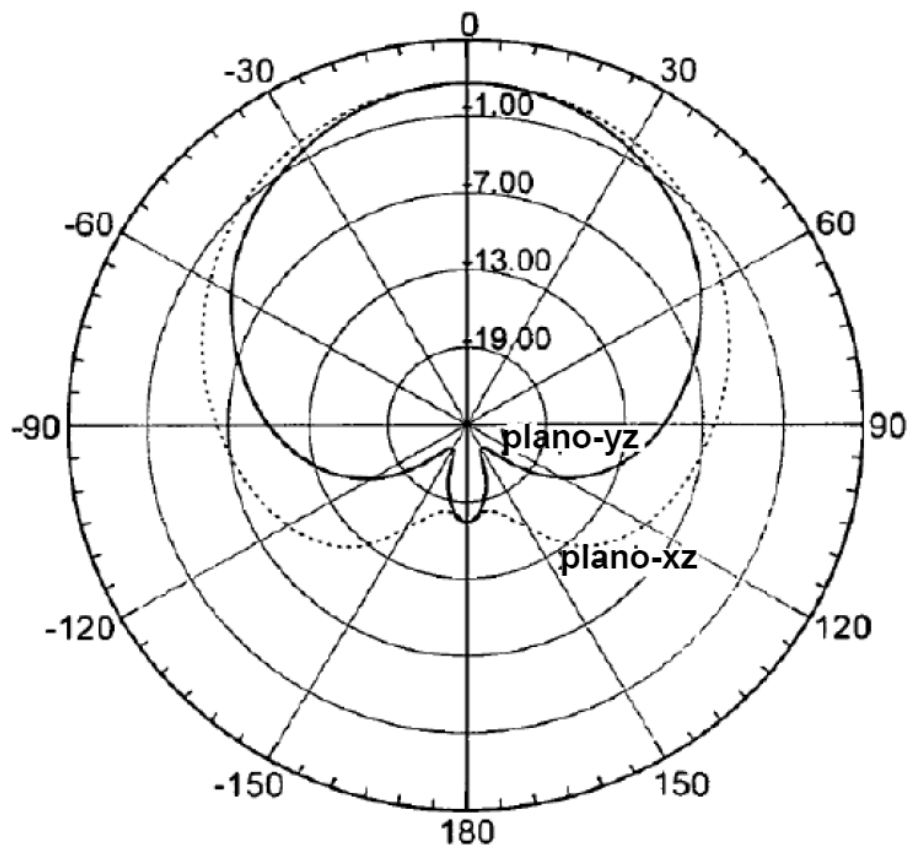


FIG. 39

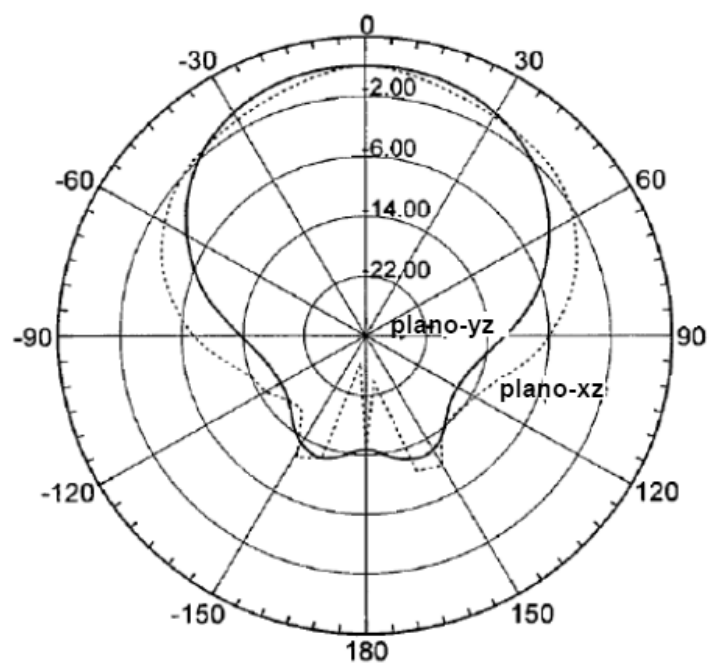


FIG. 40

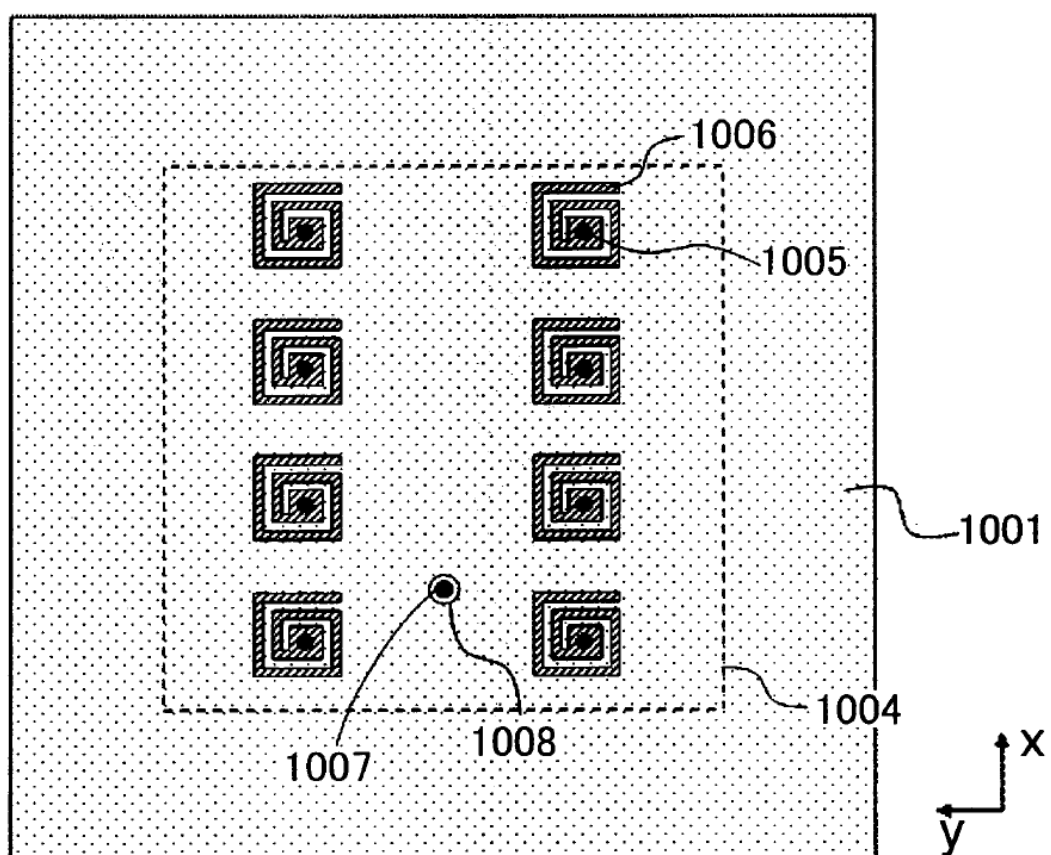


FIG. 41

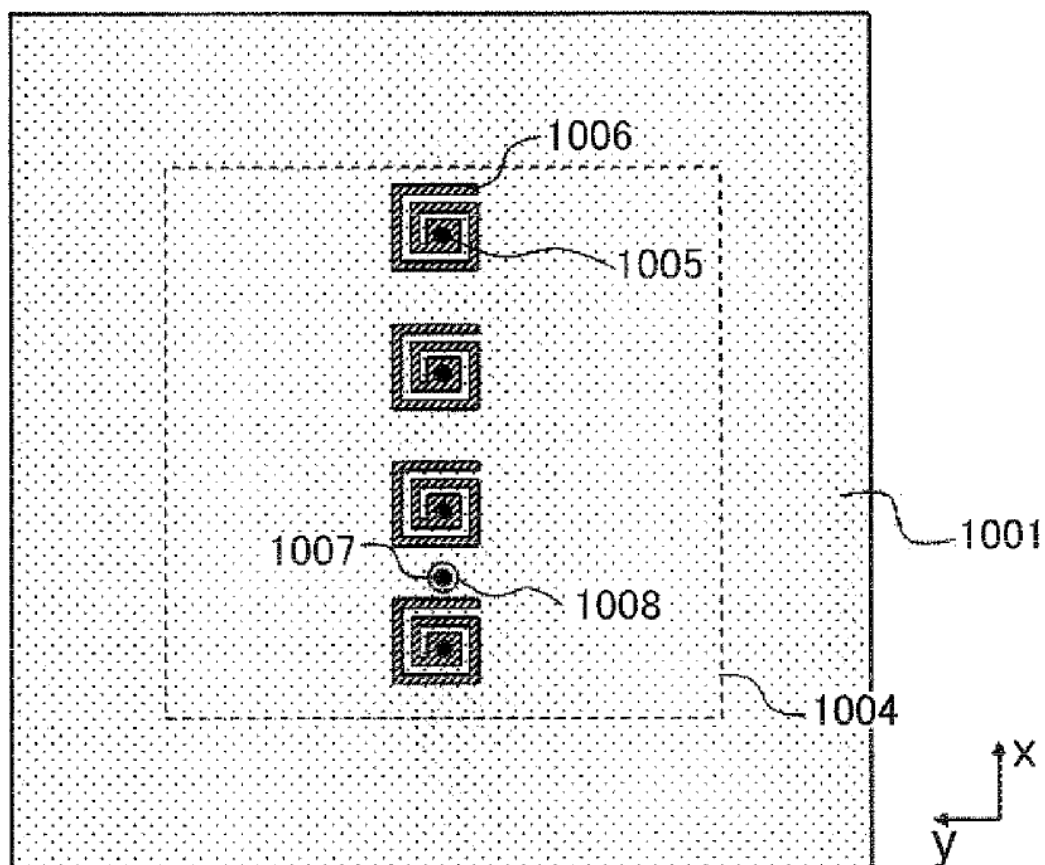


FIG. 42

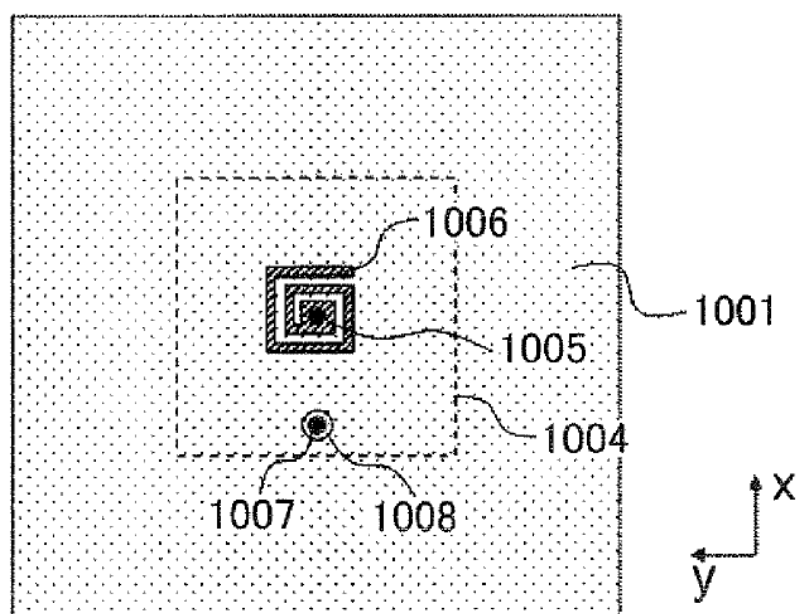


FIG. 43

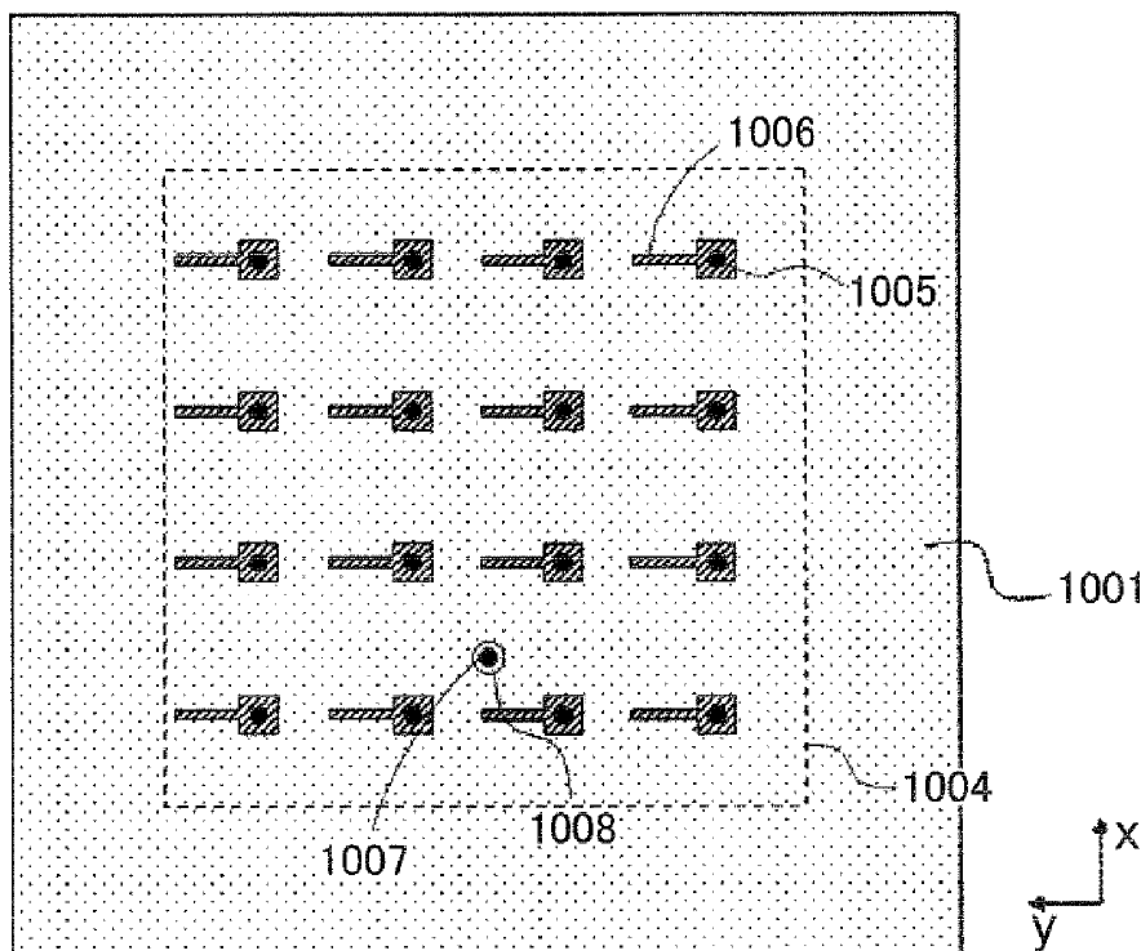


FIG. 44

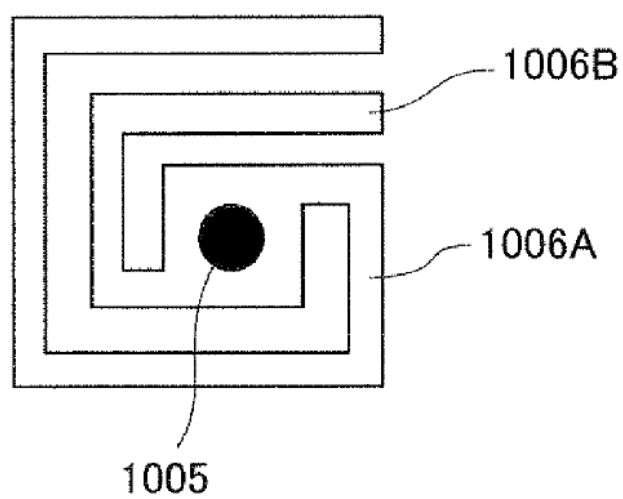


FIG. 45

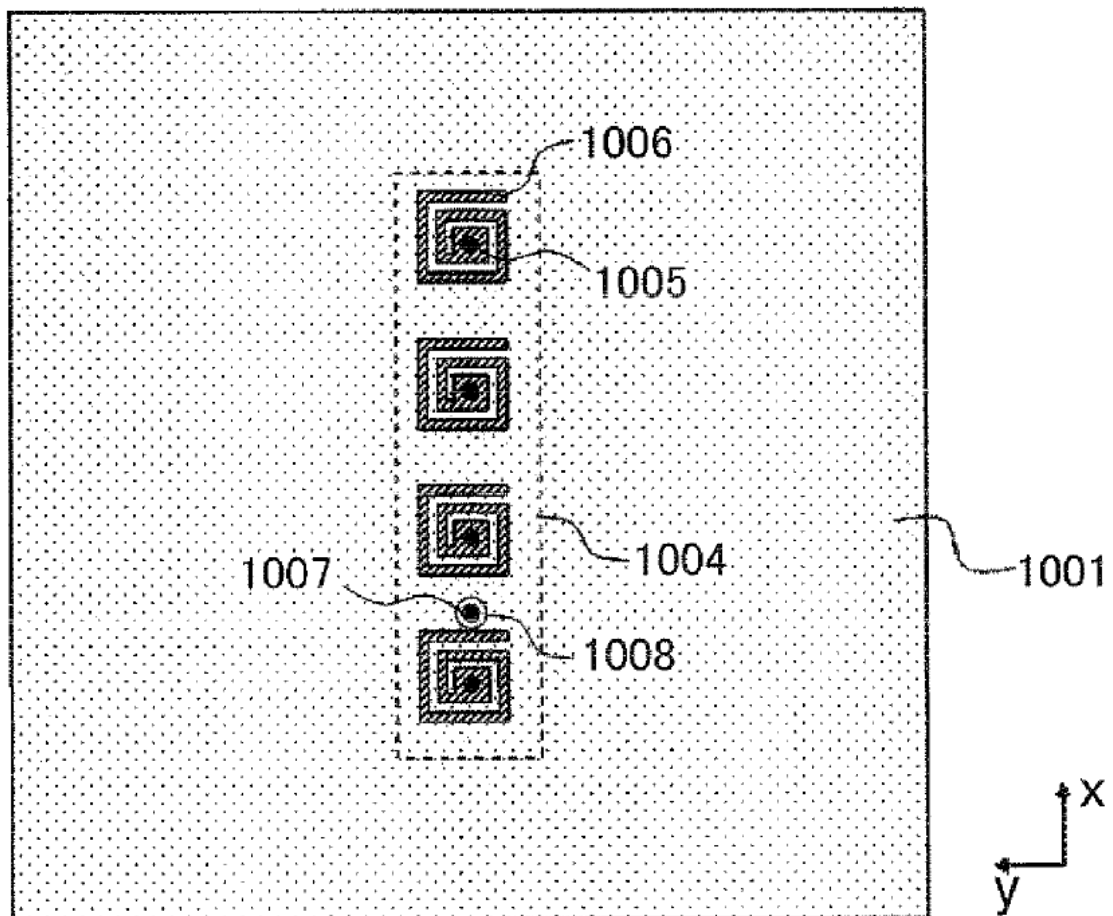


FIG. 46

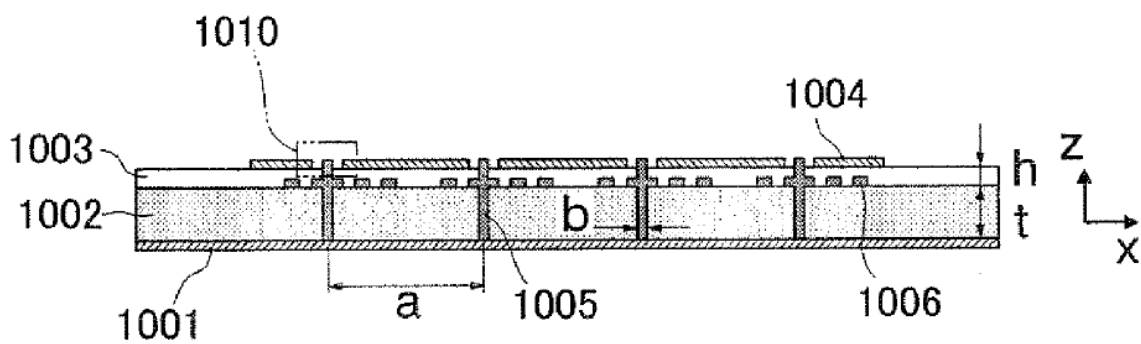


FIG. 47

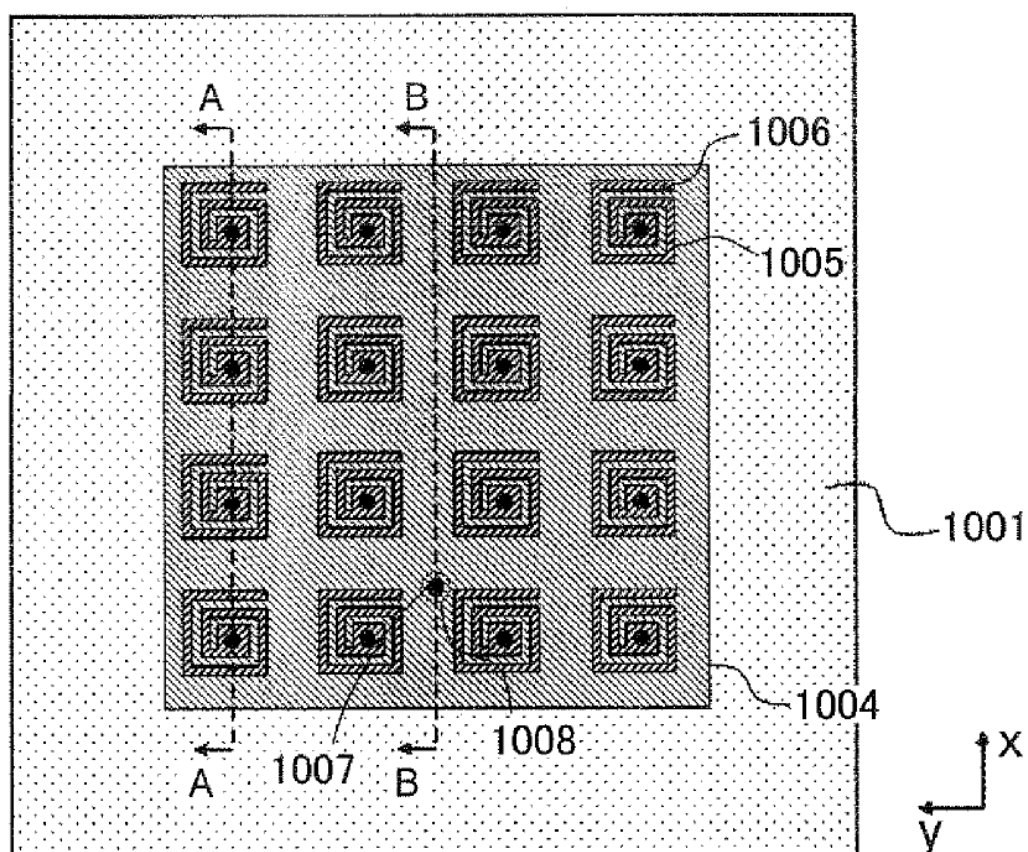


FIG. 48

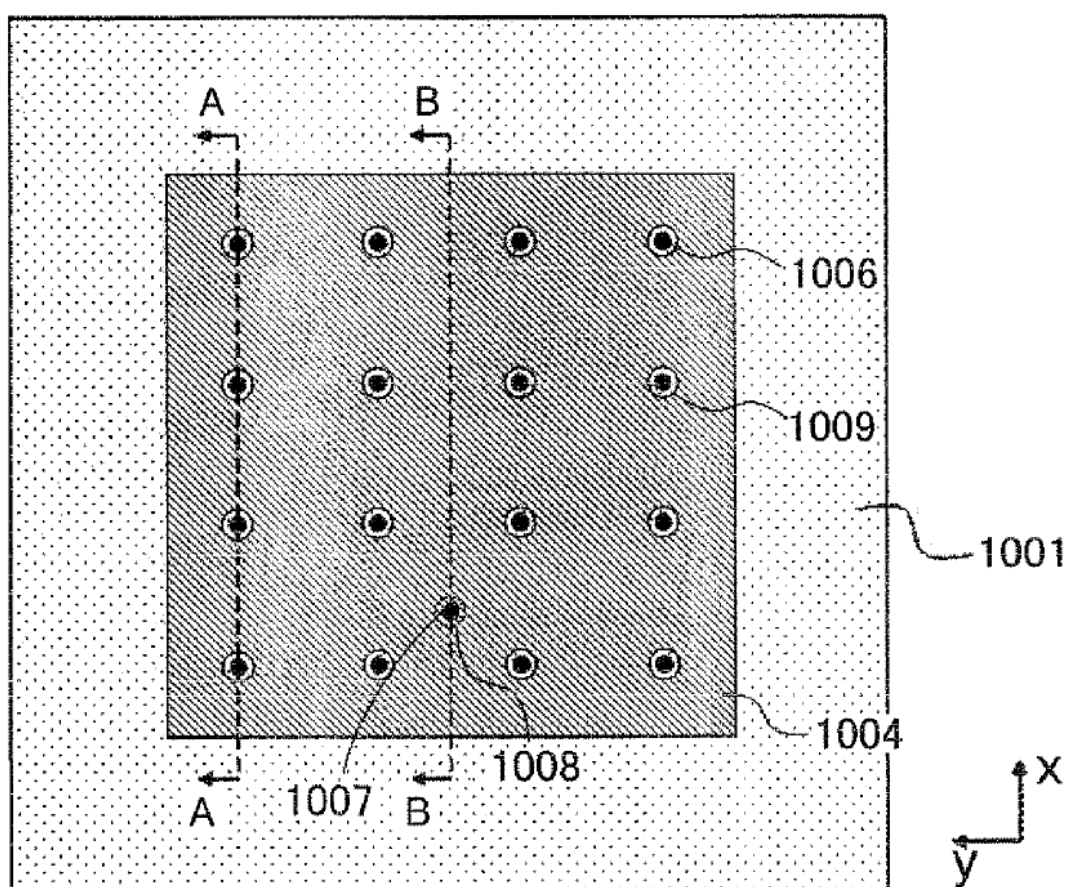


FIG. 49

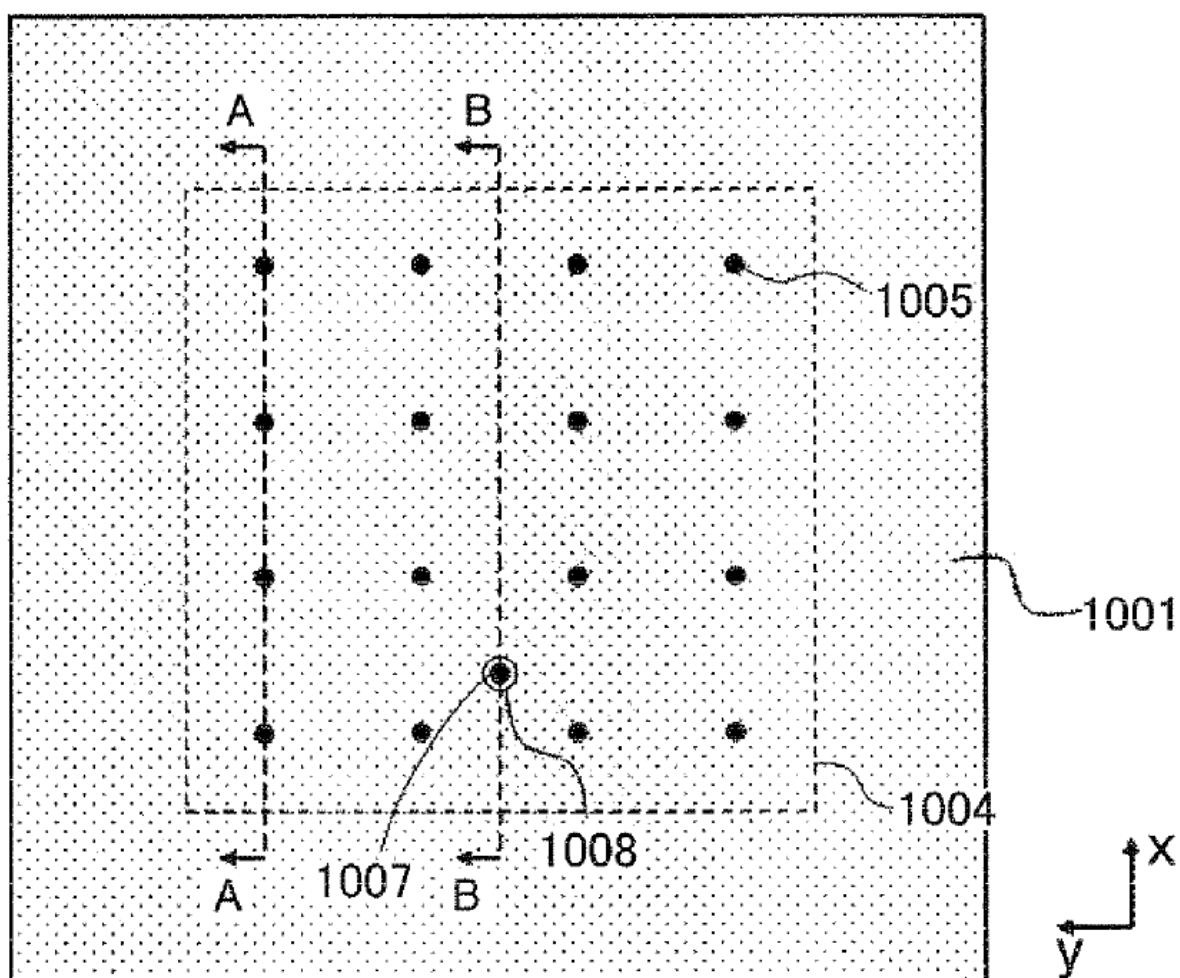


FIG. 50

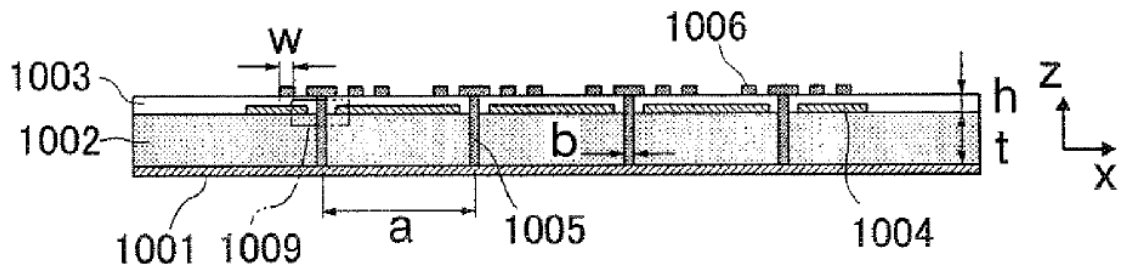


FIG. 51

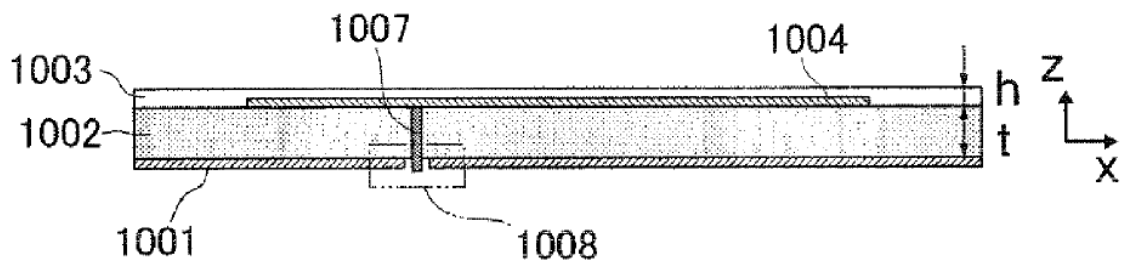


FIG. 52

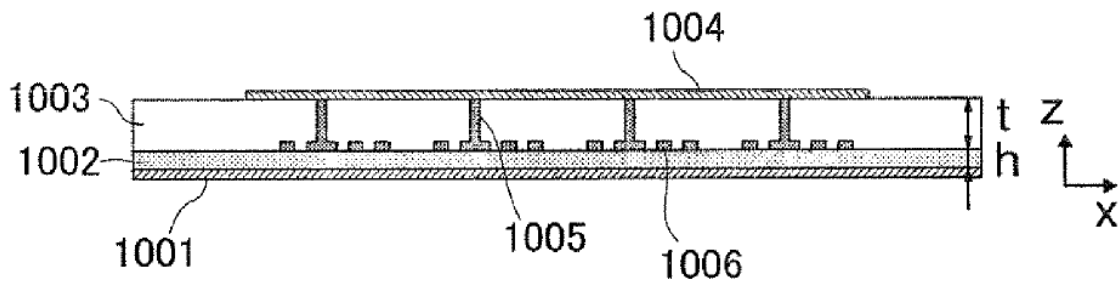


FIG. 53

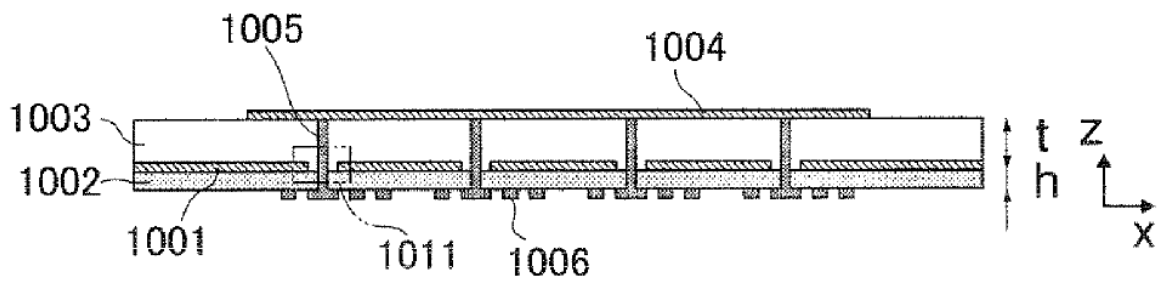


FIG. 54

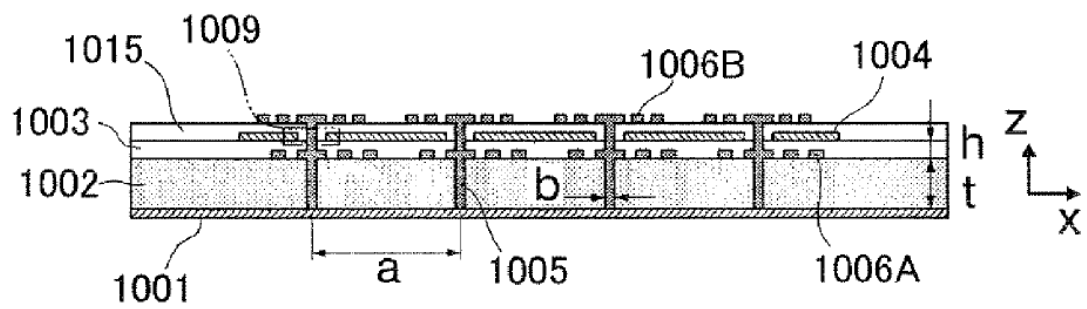


FIG. 55

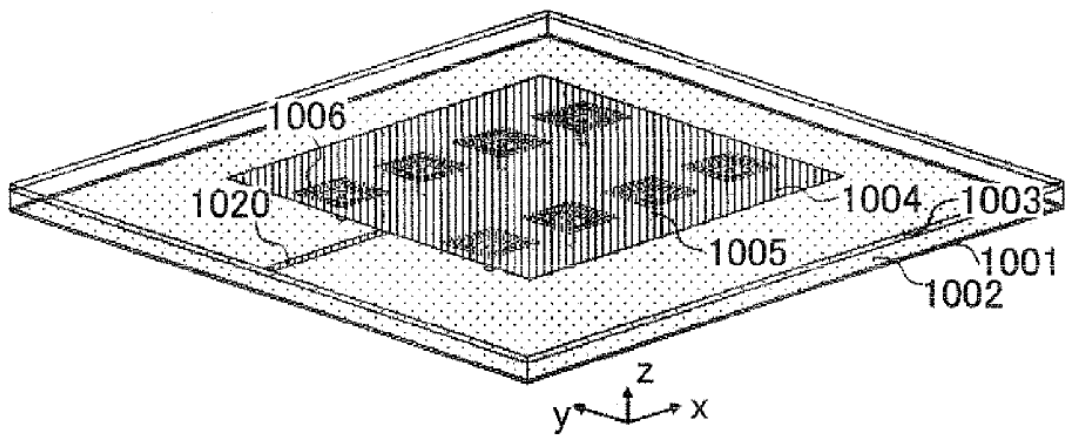


FIG. 56

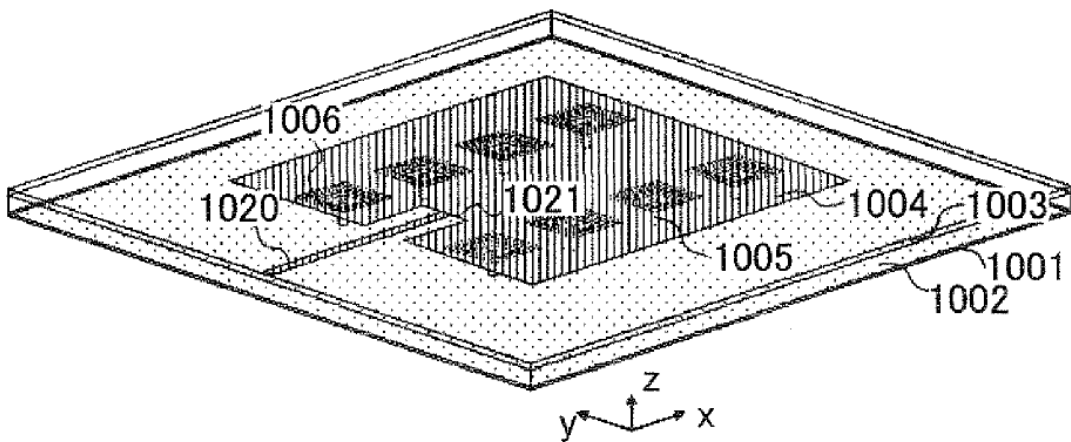


FIG. 57

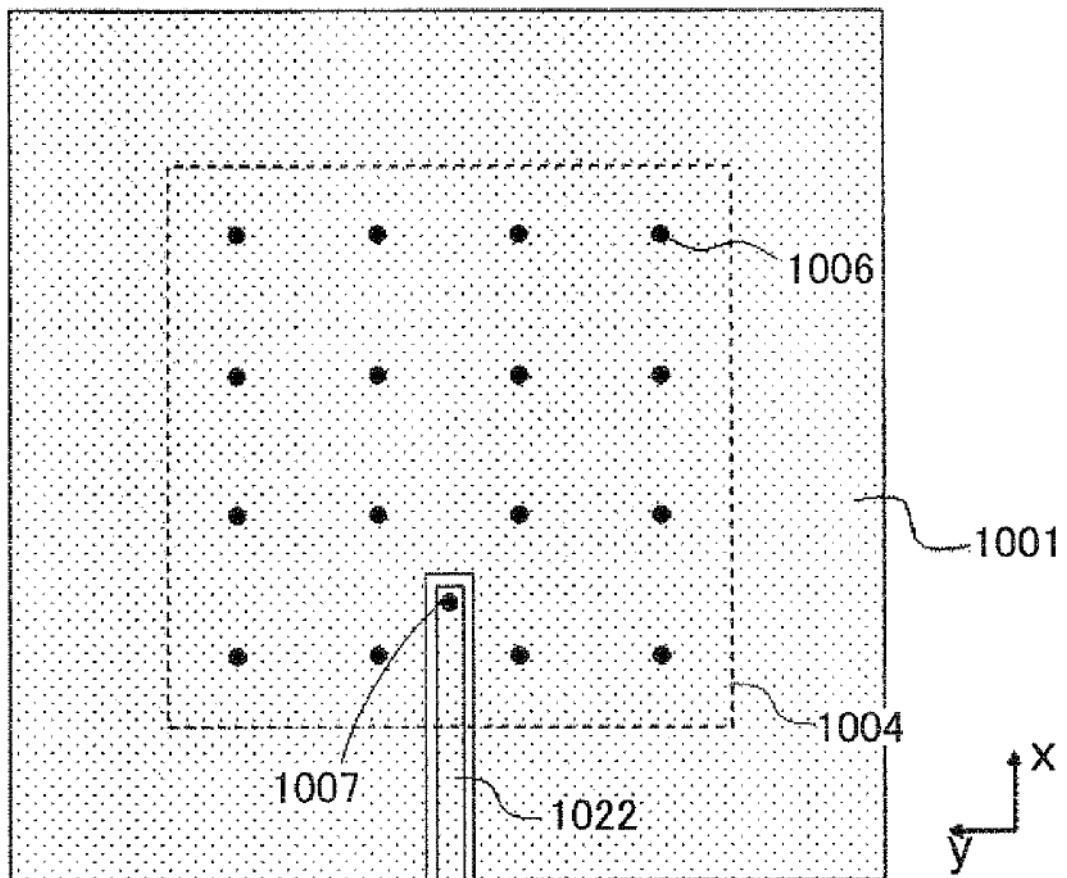


FIG. 58

