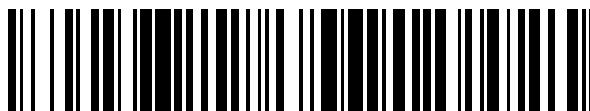


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 821**

51 Int. Cl.:

**G01S 7/03** (2006.01)

**H01P 5/08** (2006.01)

**H01Q 1/22** (2006.01)

**H03F 3/195** (2006.01)

**G01F 23/284** (2006.01)

**G01S 13/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.10.2017** E 17195212 (0)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019** EP 3467446

54 Título: **Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar con señal de sincronización en diferentes capas de una placa de circuito impreso**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**01.06.2020**

73 Titular/es:

**VEGA GRIESHABER KG (100.0%)**  
**Hauptstr. 1 - 5**  
**77709 Wolfach, DE**

72 Inventor/es:

**WÄLDE, STEFFEN**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 763 821 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

Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar con señal de sincronización en diferentes capas de una placa de circuito impreso

5

### Campo de la invención

La invención se refiere a la medición del nivel de llenado y la detección de la topología de la superficie de un producto de llenado en un recipiente. En particular, la invención se refiere a un dispositivo de medición de nivel de llenado por radar para la medición de nivel de llenado y/o para la detección de la topología de una superficie de un producto de llenado en un recipiente.

10

### Antecedentes

Los dispositivos de medición de nivel de llenado por radar se usan hoy para medir el nivel de llenado y detectar la topología de una superficie de un producto de llenado. A diferencia de muchas otras áreas, el avance de la tecnología de radar en la medición del nivel de llenado solo fue posible después de que la electrónica de los dispositivos de medición fue capaz de detectar y procesar señales de reflexión extremadamente pequeñas. Un dispositivo de medición de nivel de llenado por radar de este tipo se describe, por ejemplo, en el documento WO 2007/124860 A1.

20

Los dispositivos modernos de medición de nivel de llenado y los dispositivos de medición de topología, que están adaptados para poder detectar la forma exacta de la superficie de un producto de llenado, no solo se caracterizan por una alta frecuencia de transmisión, que generalmente está en el rango de los gigahercios, por ejemplo, en el rango de 75 GHz a 85 GHz, sino que están adaptados también para procesar con seguridad las diferencias de amplitud de la señal reflejada en un rango de hasta 100 dB.

25

Se puede proporcionar un circuito de microondas integrado con estructura monolítica (MMIC) para generar y procesar las señales de transmisión de alta frecuencia en el rango de los 79 GHz. Este módulo puede comprender una pluralidad de canales de transmisión y recepción, que en esta solicitud también se denominan canales de radar, de modo que se puede escanear la superficie del producto de llenado.

30

Cuanta más precisión se necesite para escanear la superficie del producto de llenado, más canales de transmisión y recepción se requieren para lograr imágenes de alta calidad, lo que se asocia con un gasto correspondientemente alto en equipos y energía.

35

### Resumen de la invención

Es un objeto de la invención proporcionar un dispositivo de medición de nivel de llenado por radar para medir un nivel de llenado de un medio o la topología de un medio en un recipiente.

40

Este objeto se logra mediante el objeto de la reivindicación de patente independiente. Variantes adicionales de la invención resultan de la publicación para información de solicitud de patente y la siguiente descripción.

Un primer aspecto de la invención se refiere a un dispositivo de medición de nivel de llenado por radar que está configurado para medir el nivel de llenado de un medio en un recipiente y/o para detectar la topología de una superficie de producto de llenado en el recipiente. El dispositivo de medición de nivel de llenado por radar tiene una placa de circuito impreso o placa conductora con una primera capa y una segunda capa, así como un primer chip de radar y un segundo chip de radar, que están dispuestos cada uno en la primera capa.

45

Tanto el primer chip de radar como el segundo chip de radar pueden comprender uno o más canales de transmisión para irradiar una señal de transmisión respectiva en la dirección de la superficie del producto de llenado y uno o más canales de recepción para recibir las señales de transmisión reflejadas en la superficie del producto de llenado. Uno o más de los canales de transmisión también pueden diseñarse como un canal combinado de transmisión/recepción.

50

Los chips de radar, en particular, pueden ser circuitos de microondas integrados, que también pueden denominarse como sistema de radar en chip. Dicho sistema de radar en chip (RSoC) es un circuito de microondas altamente integrado con componentes de circuito para funciones digitales, que, según una realización, es capaz de integrar la funcionalidad completa de un sistema de radar convencional para la generación de señales, el procesamiento de señales y la transmisión de las señales de recepción, es decir, de las señales de transmisión reflejadas, en la representación digital en un solo chip de radar.

60

Cada uno de los canales de transmisión se puede configurar para generar una señal de transmisión de alta frecuencia

con una frecuencia en el rango de gigahercios de dos o tres dígitos, por ejemplo, en el rango de 75 GHz a 85 GHz.

El primer chip de radar comprende un primer circuito de sincronización, que está configurado para generar una señal de alta frecuencia, que generalmente es una señal de oscilador local del chip de radar. La señal de alta frecuencia puede ser, por ejemplo, una señal dividida en frecuencia que, por lo tanto, tiene una frecuencia más baja que la señal de transmisión emitida por el dispositivo de medición de nivel de llenado por radar. Por ejemplo, la señal de alta frecuencia tiene una frecuencia de 40 GHz o 20 GHz.

El segundo chip de radar comprende un segundo circuito de sincronización y se proporciona una disposición de línea de alta frecuencia, que está configurada para transmitir la señal de alta frecuencia desde el primer circuito de sincronización al segundo circuito de sincronización, y que se proporciona para sincronizar los dos chips de radar. La división de frecuencia de la señal de alta frecuencia puede simplificar la ruta de circuito impreso, ya que la pérdida de potencia disminuye. Se puede prever que la señal de alta frecuencia se vuelva a multiplicar antes de que se use para sincronizar los dos chips de radar, por ejemplo, a través de un multiplicador de frecuencia dispuesto en el segundo circuito de sincronización.

La disposición de línea de alta frecuencia comprende un primer circuito impreso en la primera capa, un segundo circuito impreso en la primera capa y una línea de alta frecuencia dispuesta entre los mismos en la segunda capa, cada uno de los cuales está conectado al primer y segundo circuito impreso a través de una vía.

Según una realización de la invención, comprende un tercer circuito impreso.

Según una realización de la invención, la línea de alta frecuencia comprende una guía de onda.

Según una realización de la invención, el primer circuito impreso, el segundo circuito impreso y/o el tercer circuito impreso es una línea de microcinta o comprende al menos una de las mismas.

La disposición de línea de alta frecuencia para transmitir la señal de alta frecuencia puede comprender uno, dos o más tipos diferentes de potencia, que se disponen al menos parcialmente en serie entre sí.

Por ejemplo, la disposición de línea de alta frecuencia comprende una línea de microcinta, así como una guía de onda, por ejemplo, una guía de onda rectangular o una guía de onda redonda, un conductor coaxial, una guía de onda integrada en el sustrato (guía de onda integrada de sustratos, SIW, por sus siglas en inglés) y/o una línea coplanar. También se pueden proporcionar otros tipos de líneas planares.

Al cambiar de un tipo de línea a otro tipo de línea, la pérdida de potencia se puede reducir aún más porque el segundo tipo de línea atenúa la señal de alta frecuencia con menos fuerza.

La disposición de línea de alta frecuencia también puede comprender un acoplamiento de guía de onda para acoplar la señal de alta frecuencia del primer tipo de línea en una guía de onda (segundo tipo de línea).

Por ejemplo, la disposición de la línea de alta frecuencia se divide por medio de uno o más divisores de potencia de alta frecuencia para sincronizar varios chips de radar.

Se puede prever que las dos líneas que emanan del divisor de potencia de alta frecuencia y que conducen al segundo circuito de sincronización de dos chips de radar adicionales tengan el mismo tiempo de propagación de señal que la señal de alta frecuencia dividida requiere para lograr el circuito de sincronización correspondiente del chip de radar correspondiente.

Además, se puede proporcionar un amplificador de alta frecuencia (o varios de los mismos), que está dispuesto en la disposición de línea de alta frecuencia y está configurado para amplificar la señal de alta frecuencia.

El primer chip de radar puede diseñarse como el denominado chip maestro, que genera una señal de sincronización, con la ayuda de la cual se sincronizan uno o más chips de radar, que se denominan chips esclavos.

Según otra realización de la invención, la señal de alta frecuencia es una señal de alta frecuencia dividida por un factor entero en relación con la señal de transmisión.

Se puede prever que la potencia de amplificador del o de los amplificadores de alta frecuencia dispuestos en la disposición de línea de alta frecuencia se establezca en función del nivel de llenado y/o, por ejemplo, en función de cuántos chips de radar se usan actualmente para la medición del nivel de llenado.

Según otra realización de la invención, el amplificador de alta frecuencia tiene un rango de frecuencia útil de 30 GHz o de 60 GHz.

5 Según otra realización de la invención, un convertidor analógico a digital está integrado en cada caso en el primer y/o en el segundo chip de radar, y está configurado para convertir la señal de recepción en una señal de frecuencia intermedia digitalizada, que es atribuible a una o más señales de transmisión reflejadas en la superficie del producto de llenado.

10 Según otra realización de la invención, al menos dos de los canales de transmisión comprenden cada uno una antena que está conectada a los mismos.

15 Según otra realización de la invención, el dispositivo de medición de nivel de llenado por radar está diseñado como un dispositivo de medición de nivel de llenado por radar FMCW que usa una señal de onda continua modulada en frecuencia para la medición, en el que cada ciclo de medición comprende al menos un barrido de frecuencia, que tiene, por ejemplo, una frecuencia de inicio de 75 GHz y una frecuencia máxima de 85 GHz.

20 Según otra realización, la disposición de línea de alta frecuencia comprende un primer circuito impreso en una placa de circuito impreso, un segundo circuito impreso en la placa de circuito impreso y una guía de onda dispuesta entre los mismos.

25 Además, la disposición de línea de alta frecuencia puede comprender vías que se guían a través de la placa de circuito impreso y sirven para cambiar el lado superior de la placa de circuito impreso, de modo que partes de la disposición de línea de alta frecuencia se unan en un lado de la placa de circuito impreso y otras partes de la disposición de línea de alta frecuencia en el otro lado opuesto.

Según otra realización de la invención, el dispositivo de medición de nivel de llenado por radar está configurado para detectar la topología de un medio en un recipiente.

30 Según otra realización de la invención, el primer y el segundo chip de radar están basados cada uno en la tecnología BiCMOS. Según otra realización de la invención, los chips de radar se basan en la tecnología SiGe. Según otra realización de la invención, los chips de radar se basan en la tecnología de HF-CMOS y comprenden partes de circuito de alta frecuencia para frecuencias de 75 GHz y superiores.

35 Según otra realización de la invención, el amplificador de alta frecuencia es un amplificador de bajo ruido (LNA, por sus siglas en inglés) con una fuente de alimentación individual.

40 Según una realización de la invención, el amplificador de alta frecuencia funciona exclusivamente en su rango lineal. En caso necesario, se pueden proporcionar varios amplificadores de alta frecuencia en la disposición de línea de alta frecuencia.

A continuación, se describen realizaciones de la invención con referencia a las figuras. Si se usan los mismos símbolos de referencia en la siguiente descripción de las figuras, estos designan los mismos elementos o elementos similares. Las representaciones en las figuras son esquemáticas y no están a escala.

#### 45 Breve descripción de las figuras

La figura 1A muestra un dispositivo de medición de nivel de llenado por radar, que se instala en un recipiente, para detectar la topología de la superficie de un producto de llenado en el recipiente.

50 La figura 1B muestra otro dispositivo de medición de nivel de llenado por radar.

La figura 1C muestra otro dispositivo de medición de nivel de llenado por radar.

La figura 2 muestra una antena de matriz de un dispositivo de medición de nivel de llenado por radar.

La figura 3 muestra la estructura de un dispositivo de medición de nivel de llenado por radar con un chip de radar.

La figura 4A muestra la estructura de un dispositivo de medición de nivel de llenado por radar adicional con dos chips de radar.

55 La figura 4B muestra la estructura de un dispositivo de medición de nivel de llenado por radar adicional.

La figura 5 muestra la estructura de un dispositivo de medición de nivel de llenado por radar adicional.

La figura 6 muestra la estructura de un dispositivo de medición de nivel de llenado por radar adicional.

La figura 7 muestra la estructura de un dispositivo de medición de nivel de llenado por radar adicional.

La figura 8 muestra una estructura de capas de placa de circuito impreso.

60 La figura 9A muestra una disposición de vía de un dispositivo de medición de nivel de llenado por radar.

La figura 9B muestra los elementos metalizados de la disposición de vía de la figura 9A.

La figura 10A muestra una sección de una disposición de línea de alta frecuencia.

La figura 10B muestra una sección de una disposición de línea de alta frecuencia adicional.

La figura 10C muestra una sección de una disposición de línea de alta frecuencia adicional.

La figura 11 muestra otra disposición de línea de alta frecuencia con una guía de onda.

La figura 12 muestra otra disposición de línea de alta frecuencia.

5 La figura 13A muestra la vista superior de otra disposición de línea de alta frecuencia.

La figura 13B muestra la parte inferior de una placa de circuito impreso de la disposición de línea de la figura 13A.

La figura 14A muestra otra disposición de línea de alta frecuencia con una guía de onda y un divisor de potencia.

La figura 14B muestra otra disposición de línea de alta frecuencia con una guía de onda, un divisor de potencia y un amplificador.

10 La figura 15A muestra otra disposición de línea de alta frecuencia con un divisor de potencia.

La figura 15B muestra otra disposición de línea de alta frecuencia con una guía de onda, un divisor de potencia y un amplificador.

La figura 15C muestra el lado inferior de las disposiciones de línea de alta frecuencia de la figura 15A y la figura 15B.

15

#### Descripción detallada de realizaciones

La figura 1A muestra un dispositivo de medición de nivel de llenado por radar 101, que se instala en un recipiente, para detectar la topología de la superficie de un producto de llenado en el recipiente.

20

El dispositivo de medición de nivel de llenado por radar comprende varios chips de radar altamente integrados (RSoC, sistema de radar en chips) 301, véase, por ejemplo, la figura 4A, que comprende varios transmisores y receptores. Estos también se pueden usar en áreas como sistemas de asistencia al conductor, control de tráfico, monitorización de objetos en empresas industriales, drones y muchas otras áreas. Una ventaja de los chips de radar multicanal 301 es que se puede llevar a cabo un tipo de conformación de haz. Los dispositivos de radar habituales para las aplicaciones anteriores a veces requieren de uno a cuatro chips de radar 301 para cumplir los requisitos.

25

Estos RSoC 301 también se pueden aplicar en la medición de niveles de llenado. La figura 1A muestra un dispositivo de medición de nivel de llenado 101 que detecta la topología de una superficie de producto de relleno, que escanea la superficie de los productos a granel para obtener así más información sobre el nivel de llenado real y su volumen, que la que se obtendría con una medición de nivel de llenado convencional.

30

Uno de los desafíos en este caso radica en el hecho de que incluso en distancias pequeñas, se requiere un ángulo de apertura pequeño, lo que está asociado con una gran apertura de antena.

35

Una forma de lograr esto es hacer pivotar mecánicamente un dispositivo de radar de un solo canal (figura 1A) para escanear la superficie. Otra posibilidad es el uso de sistemas ya parcialmente mecánicos (figura 1B). En este caso, una combinación de conformación de haz analógico o digital se combina con una rotación mecánica. Estos sistemas tienen desventajas en términos de robustez. Los componentes mecánicos son susceptibles de mantenimiento en condiciones de proceso difíciles y su fabricación es costosa. Por lo tanto, existe la posibilidad de realizar una conformación de haz completamente electrónica (figura 1C).

40

Para lograr aperturas de antena relativamente grandes con estos sistemas de radar de conformación de haz, se debe proporcionar una gran cantidad de transmisores y receptores. La desventaja de la conformación totalmente electrónica del haz es que se deben usar muchas antenas con una apertura única relativamente pequeña. Además, el transmisor y el receptor, que generalmente están provistos cada uno de un elemento de antena 144, 303, deben estar alineados en dos dimensiones (dirección x e y) (figura 2).

45

Por lo tanto, generalmente se requieren más transmisores y receptores que en otras aplicaciones para la técnica de medición de nivel de llenado, lo que puede dar como resultado un número de chips superior a cuatro.

50

Los dispositivos de medición de nivel de llenado por radar de detección de topología generalmente tienen varias antenas de transmisión y recepción. Estos sistemas también se denominan sistemas MIMO (Entrada múltiple Salida múltiple). Ciertos procedimientos de conformación digital de haz se pueden usar para influir digitalmente en las características direccionales de las antenas de grupos transmisores y receptores tanto en el lado transmisor como en el lado receptor, de modo que se pueda realizar el escaneo de la superficie de un producto de llenado. Hasta ahora, estos dispositivos de medición de nivel de llenado han utilizado varios componentes discretos de alta frecuencia para cada canal de transmisión y recepción, tal como mezcladores, amplificadores de bajo ruido, acopladores, multiplicadores de frecuencia, osciladores controlados por voltaje, etc., así como convertidores analógicos/digitales discretos, bucles de fase bloqueada, reguladores de voltaje, filtros, amplificadores y otros componentes de baja frecuencia. Esta propiedad puede hacer que los sistemas MIMO sean complejos, grandes y costosos.

55

60

Los nuevos chips de radar altamente integrados 301 ya han integrado completamente muchos de estos componentes mencionados anteriormente en un chip 301. Los ya integrados son: PLL, VCO, mezcladores, ADC, filtros, unidades de control, interfaz SPI, amplificadores, interruptores, reguladores de voltaje. Esto puede ahorrar mucho espacio en una placa de circuito. Estos chips 301 ofrecen una ventaja adicional en términos de costes, ya que son más económicos que una estructura discreta con varios componentes individuales diferentes. Los chips MIMO 301 tienen, por ejemplo, tres etapas de transmisor y cuatro de receptor. Un posible rango de frecuencia de transmisión puede estar, por ejemplo, entre 55 y 65 GHz o también entre 75 y 85 GHz.

Los chips de radar 301 pueden definir los parámetros a través de una interfaz digital (con el bus asociado 305) (SPI, I<sup>2</sup>C, etc.). Se pueden configurar o leer varios parámetros para configurar el tipo de modulación, ancho de banda, rango de frecuencia, frecuencia de muestreo, características del filtro de FI (señal de frecuencia intermedia), etc. Por lo general, las señales de FI analógicas, que contienen información sobre distancias y ángulos de objetos desde el área de monitorización, también se digitalizan en el chip de radar 301 para un procesamiento adicional de la señal.

El procedimiento de radar según el cual estos chips de radar 301 funcionan normalmente es un procedimiento de radar de onda continua modulada en frecuencia especial (procedimiento de FMCW, onda continua modulada en frecuencia). Sin embargo, no solo se modula una rampa de frecuencia durante una medición, sino varias sucesivas, que tienen una relación temporal fija entre sí. Un número posible de rampas por medición es 128, por ejemplo. Estas 128 rampas combinadas se llaman marcos.

Con algoritmos inteligentes de procesamiento de señales, se pueden determinar también las velocidades de varios objetos además de las distancias. El tiempo de rampa es muy corto en comparación con el procedimiento de FMCW tradicional y generalmente está en el rango entre 10 y 500  $\mu$ s por rampa. Dado que el ancho de banda de HF de las señales de transmisión puede estar en el rango entre varios cientos de megahercios y cuatro (o más) gigahercios, la señal de frecuencia intermedia debe digitalizarse a una alta velocidad de muestreo.

La combinación de un ancho de banda de HF alto y tiempos de rampa cortos da como resultado una alta tasa de muestreo para la conversión de analógico a digital.

La interfaz para las señales de salida digitalizadas suele ser una interfaz digital diferencial serial rápida 304, tal como LVDS o CSI2. En el ejemplo de un chip de radar 301 con cuatro canales de recepción, el chip de radar 301 comprende cuatro interfaces LVDS o CSI2 por parte de la interfaz digital, a través de las cuales se transmite la señal de frecuencia intermedia digitalizada. Además, estas interfaces digitales utilizan una señal de reloj diferencial adicional, que se requiere en el receptor de los datos digitalizados para sincronizar las interfaces. Dependiendo de la interfaz, se requieren líneas de señal adicionales para marcar el inicio y/o el final de los paquetes de datos.

Sin embargo, en el caso de que el chip de radar 301 no proporcione suficientes canales de transmisión y recepción 307 (figura 3) para la aplicación deseada, estos chips (301) ofrecen la posibilidad de una conexión en cascada. Esto significa que se combinan varios chips para formar una unidad de radar sincronizada. Esto hace posible que los transmisores transmitan simultáneamente con una señal síncrona y/o que los receptores se reciban sincrónicamente, aunque estos se encuentren físicamente en diferentes RSoC.

Esto es posible distribuyendo una señal de alta frecuencia en una disposición de línea de alta frecuencia 401 además de varias líneas de sincronización de reloj, comenzando desde un circuito de sincronización 402 de un primer chip 301a a los circuitos de sincronización 403 de otros chips 301b. La señal de alta frecuencia se conoce como señal de oscilador local (señal LO) y, en términos de rango de frecuencia, es una señal dividida por un factor entero con respecto al rango de frecuencia de transmisión. Los factores divisores dos o cuatro son posibles, pero también otros factores divisores enteros. Por ejemplo, si el chip de radar tiene un rango de frecuencia de transmisión de alrededor de 80 GHz, la señal LO puede comprender un rango de frecuencia de alrededor de 20 GHz o 40 GHz.

El chip que proporciona la señal de alta frecuencia se denomina maestro 301a. Los chips que reciben la señal de alta frecuencia se denominan esclavos 301b.

Por ejemplo, un sistema de radar en cascada que contiene cuatro chips de radar (figura 5), cada uno de los cuales comprende cuatro canales de recepción, tiene dieciséis interfaces digitales a través de las cuales se transmiten las señales de frecuencia intermedia asociadas (datos de medición).

Los chips de radar utilizan principalmente procesadores de señal especialmente adaptados para procesar estos datos de medición digital, que tienen, sin embargo, un número muy limitado de interfaces digitales. Las unidades para el procesamiento de la señal digital se pueden integrar en el chip del radar, pero esto es de uso limitado o no se puede usar para la conexión en cascada de los chips de radar y en el contexto de la medición de nivel de llenado por radar para determinar la topología.

Por eso, para evitar este problema, se propone usar un componente de FPGA (matriz de compuerta programable por campo) en lugar del procesador de señal especialmente adaptado (figuras 3, 4A, 4B y 5). Estos componentes de uso universal están disponibles por algunos fabricantes en varias realizaciones. La FPGA recibe los valores digitalizados de la señal de frecuencia intermedia y se hace cargo de las operaciones informáticas, tales como el promedio, el sistema de ventana o el cálculo de la transformación rápida de Fourier (FFT, por sus siglas en inglés). De manera ventajosa, en la combinación de chips de radar y la FPGA existe una combinación flexible de ocho o más chips de radar, que no sería posible con un procesador de señal especialmente adaptado como se usa en la industria automotriz. La conexión en cascada de una cantidad tan grande de chips de radar hace que esta tecnología sea interesante para la técnica de medición de nivel de llenado.

Si se requiere un número mucho mayor de chips de radar, también es posible utilizar varias FPGA y luego sincronizarlas entre sí.

Además de las celdas lógicas programables, la FPGA incluye ventajosamente un sistema de procesador integrado (PS) que puede realizar tareas de control como la definición de parámetros de los chips de radar, la gestión energética, el control de una pantalla o la comunicación con un ordenador o un punto de control de procesos a través de una red. El sistema de procesador también puede indicar el inicio de una medición a través de una línea digital 306.

Además, el sistema del procesador puede realizar tareas de procesamiento de señales como las conocidas a partir de los dispositivos de medición por radar del nivel de llenado existentes, como la búsqueda de eco, la supresión de eco falso, etc.

Dependiendo del tipo de chip de radar y de la FPGA, puede ser necesario ajustar el nivel de las interfaces digitales.

Para esto se puede utilizar una red de resistencia especialmente adaptada o un chip de ajuste.

Dado que las interfaces digitales a través de las cuales se transmite la señal de FI digitalizada generalmente consisten en un par diferencial de cables por canal, dependiendo de la FPGA, se deben proporcionar resistencias de terminación de línea discretas. Estas generalmente tienen un valor de 100 ohmios.

Otro componente que puede usarse de manera ventajosa es un amplificador (o varios de ellos) con un divisor integrado para señales de baja frecuencia que, comenzando por el maestro, indica el inicio de una medición. El maestro envía esta señal y la distribuye a todos los esclavos. Es importante en este caso que las líneas tengan aproximadamente la misma longitud para que no haya desfases de tiempo en los chips de radar individuales.

Dado que se puede conectar en cascada un mayor número de chips de radar de esta manera, puede suceder que la etapa de salida de la señal LO no proporcione suficiente potencia de salida para controlar todos los chips de radar. El problema con la distribución de la señal LO en la línea de alta frecuencia 401 es que las líneas de alta frecuencia tienen una atenuación de línea que no se puede descuidar. Como los chips de radar 301 en la placa de circuito impreso 904 están separados espacialmente entre sí, en general, varios centímetros (orden de magnitud: 5 a 10 cm), las líneas de alta frecuencia 401 que conducen la señal LO deben tener al menos la misma longitud. Una línea típica de microcinta en un sustrato estándar de alta frecuencia puede tener una atenuación de 0,5 a 2 dB/cm. Esto depende principalmente del sustrato y la frecuencia. Sin embargo, las guías de onda se pueden construir de modo que tengan una pérdida de trayectoria mucho menor. Por esta razón, después de que la señal LO se ha desacoplado en la placa de circuito impreso 904 por medio de una línea de microcinta, tiene sentido acoplar la señal en una guía de onda para reducir las pérdidas en la trayectoria hacia el chip vecino (representado esquemáticamente en la figura 11).

Otra posibilidad es usar uno o más amplificadores externos de alta frecuencia 601 para amplificar la potencia de HF de la señal LO en la línea de alta frecuencia 401 (figuras 6 y 7). Estos amplificadores tienen ventajosamente un bajo factor de ruido (Noise Figure), ya que esto tiene un efecto directo en el rendimiento del sistema. Por lo tanto, se proponen amplificadores de bajo ruido (Low Noise Amplifiers en inglés, LNA) para este propósito.

Los LNA son componentes activos con una fuente de alimentación individual. Estos se apagan ventajosamente entre los marcos de radar y/o en las interrupciones de transmisión para ahorrar energía y evitar un calentamiento excesivo del dispositivo.

Además, se debe tener cuidado para garantizar que los LNA se operen en su rango lineal, lo que significa que la potencia de entrada de la señal de alta frecuencia no sea demasiado grande. Si este es el caso, puede producirse una distorsión de la señal. Debido a la tecnología, las potencias de salida típicas de los componentes semiconductores a 80 GHz están entre 8 y 15 dBm sin distorsiones de señal significativas.

Si un amplificador de alta frecuencia 601 con una ganancia de 20 dB se alimentara con una señal de alta frecuencia

con una potencia de 15 dBm, la potencia de salida teórica sería de 35 dBm. Sin embargo, dado que el amplificador de alta frecuencia 601 ya no funcionaría en su rango lineal, se producirían distorsiones de señal indeseables. Por lo tanto, la señal LO primero debe llevarse a un rango de potencia para que el amplificador de alta frecuencia 601 pueda operar en su rango lineal. La potencia de salida LO de los chips de radar 301 se puede parametrizar y amortiguar de este modo. Una línea larga de alta frecuencia también puede amortiguar la potencia de salida.

También es posible que los amplificadores de alta frecuencia solo se puedan usar después de que la señal LO se haya dividido utilizando un divisor de potencia de alta frecuencia y, por lo tanto, la potencia se haya reducido. Este es el caso si se usan varios esclavos 301b o si, dependiendo del chip de radar 301, la señal LO tiene que retornarse al maestro 301a.

Se pueden usar varios amplificadores, como se puede ver en la figura 7. Dado que un amplificador también tiene un tiempo de procesamiento de señal finito, los amplificadores se colocan ventajosamente de tal manera que se produce sustancialmente el mismo tiempo de procesamiento de señal en todas las líneas.

Dado que la señal LO es una señal de alta frecuencia, se usan ventajosamente guías de onda, conductores de microcinta 903 y/o líneas SIW (guía de onda de sustrato integrada) 1002 (figura 10). Los divisores de potencia 501 (por ejemplo, el divisor Wilkinson) y/o el acoplador 501 (por ejemplo, el acoplador Rat-Race o el Magic T 1401) también se usan ventajosamente para la división de la línea.

Ventajosamente, los chips de radar 301 se colocan en un lado de la placa de circuito impreso 904 y la línea de alta frecuencia 1301, que puede representar la mayor parte de la disposición de la línea de alta frecuencia 401, está dispuesta en el otro lado de la placa de circuito impreso, de modo que se produce la división y distribución de la señal LO en el otro lado de la placa de circuito impreso 904 como se muestra en las figuras 5 a 7 y también en las figuras 13A y 13B. La razón de esto se representa a continuación.

Los chips de radar generalmente tienen nueve o diez entradas de señal y salidas de señal cuyo rango de frecuencia está en el rango de los gigahercios de dos dígitos. Al conectar en cascada los chips de radar, además de las líneas a las antenas de transmisión y recepción, las señales LO también se deben enrutar de chip a chip. Debido a esta pluralidad de líneas de señal, las intersecciones de señales a menudo son inevitables.

Sin embargo, dado que las intersecciones de las líneas de señal en una placa de circuito impreso 904 no son posibles, las señales generalmente se enrutan a otros niveles internos de la placa de circuito impreso (capas internas) 803, 807 con vías y se guían aquí de forma alineada entre sí. Una estructura de capa de placa de circuito impreso típica se puede ver en la figura 8, donde varios sustratos se pegan junto con una película adhesiva 804, 806. En la mayoría de los casos, las capas internas de las placas de circuito impreso 904 son materiales de sustrato estándar 804, 805, 806 y no son adecuados para señales de alta frecuencia. Por razones de coste y estabilidad, solo una o las dos capas de sustrato más externas 802, 808 de una placa de circuito impreso 904 a menudo se construye(n) con material de sustrato especial optimizado para tecnología de alta frecuencia (por ejemplo, Rogers RO3003). Los sustratos de alta frecuencia son generalmente blandos y deben diseñarse muy delgados a altas frecuencias, por ejemplo, con 127 µm.

Por estas razones, se propone utilizar estructuras de línea especiales y disposiciones de vías para enrutar la señal LO desde el nivel de la placa de circuito impreso del lado del chip hacia la parte posterior, dividirla aquí, en caso necesario, amplificarla y distribuirla, y emerger nuevamente en el nivel de la placa de circuito impreso del lado del chip. Dichas estructuras de línea especiales y disposiciones de vía se pueden ver en las figuras 9A y 9B (la figura 9B muestra la línea y las vías sin los materiales de sustrato y las superficies de cobre). Las vías secundarias adicionales 902 se colocan alrededor de la vía principal 901 en un radio constante y, por lo tanto, forman una especie de guía de placa de circuito impreso coaxial. El diámetro de la vía y la distancia a la vía principal determinan en gran medida la impedancia de la guía y deben adaptarse al rango de frecuencia utilizado, por ejemplo, 40 GHz.

Una forma alternativa de enrutar las señales LO sin intersectar las líneas es acoplar la señal en una guía de onda o un cable coaxial y configurar la guía de onda o el cable coaxial para que las líneas se alineen entre sí. Para acoplar en una guía de ondas, por ejemplo, se debe utilizar una transición de la línea de microcinta a la guía de ondas 1101.

Otro tipo de línea útil es la guía de onda de sustrato integrada (SIW, por sus siglas en inglés) (figura 10A). Este tipo de línea se usa ventajosamente si, por ejemplo, una guía de onda 1001 descansa directamente sobre una placa conductora/placa de circuito impreso 904 en la que una señal LO/HF tiene que ser enrutada debajo de la guía de onda por medio de una línea de microcinta. Dado que la guía de onda generalmente está hecha de un metal, provocaría un cortocircuito en la línea de microcinta, haciendo imposible la transmisión de la señal. La SIW ofrece ventajas en este caso porque tiene una superficie de metal puro en la parte superior de la placa de circuito impreso y no importa si hay una guía de onda por encima (véase la figura 10C). En la figura 10B se muestra una transición de la tecnología de línea de microcinta a SIW.



La señal se debe acoplar nuevamente a la placa de circuito impreso 904 en una línea de microcinta para poder enrutarse al chip del radar.

- 5 Los dispositivos de medición de nivel de llenado por radar se caracterizan por ser equipos de antena robustos que funcionan incluso en condiciones de proceso severas como las altas y bajas presiones, las temperaturas altas y bajas, la suciedad, el polvo, la humedad, la niebla, etc. Además, las antenas también deben proteger la electrónica de las influencias anteriores y, a menudo, están diseñadas de tal manera que también cumplan con los aspectos críticos de seguridad, como la protección contra explosiones.
- 10 De esta manera, esta propiedad también se puede implementar en dispositivos de medición de nivel de llenado por radar de detección de topología. A diferencia de los dispositivos de radar en la industria automotriz, donde dichos requisitos no son tan altos, las guías de onda y las antenas de bocina a menudo se usan en la tecnología de medición de procesos.
- 15 Además, es ventajoso en sistemas para la conformación digital de haces si uno o más elementos de antena están a una distancia  $\leq \lambda/2$ , donde  $\lambda$  denota la longitud de onda de la señal de transmisión. En dichos casos, se deben usar acoplamientos de guía de onda especiales 302 para acoplar la señal de una placa de circuito impreso a una antena (de bocina) 303.
- 20 Otro problema de los dispositivos de medición de nivel de llenado por radar de detección de topología con chips de radar con conexión en cascada es que las antenas descritas anteriormente solo pueden estar dispuestas en ciertos patrones. Un patrón ventajoso sería una disposición en "en forma de T" o "en forma de L" de los elementos de antena. Para evitar largas longitudes de líneas para las señales de alta frecuencia, se propone colocar los chips de radar en la parte superior e inferior de la placa de circuito impreso para que las longitudes de línea desde el chip de radar hasta el acoplamiento de la guía de onda tengan aproximadamente la misma longitud para todas las señales de HF.

La figura 14A muestra una disposición de línea de alta frecuencia que conduce la señal de alta frecuencia desde el primer circuito de sincronización 402 (véase la figura 5) del primer chip de radar a los circuitos de sincronización correspondientes 403 de los chips esclavos, de modo que el chip maestro pueda sincronizar los chips esclavos.

- 30 La línea unida a la placa de circuito impreso 903 se abre en un acoplamiento de guía de onda, de modo que la señal de alta frecuencia puede ser transmitida por la guía de onda 1401. La guía de onda 1401 está provista de un divisor de potencia de alta frecuencia 501, que divide la señal de alta frecuencia en dos guías de onda, que a continuación se abren en una línea de alta frecuencia unida a una placa de circuito impreso 903, que envía la señal de alta frecuencia al chip de radar correspondiente.

En comparación con la figura 14A, en la realización según la figura 14B, se proporciona un amplificador de alta frecuencia 601 en la primera línea unida a la placa de circuito impreso para amplificar la señal de alta frecuencia antes de que se acople a la guía de onda 1401.

- 40 La figura 15A muestra una realización adicional de una disposición de línea de alta frecuencia en la parte superior de la placa de circuito impreso con un divisor de potencia 501. El punto de partida 1501 y los puntos finales 1502, 1503 tienen cada uno una vía, como se muestra con más detalle en las figuras 9A y 9B.
- 45 La figura 15B corresponde a la realización de la figura 15A y también tiene un amplificador 601 delante del divisor de potencia 501.

La figura 15C muestra la parte inferior de las placas de circuito impreso de las figuras 15A y 15B, en las que se pueden ver los chips de radar 301 y las líneas conectadas a los otros circuitos de sincronización, que se abren en las vías mostradas en las figuras 15A y B.

- 50 Se puede ver una idea central de la invención en el hecho de que se proporciona un dispositivo de medición de nivel de llenado por radar 101 que detecta la topología de la superficie del producto de llenado y que consiste en o al menos comprende varios chips de radar integrados 301, donde los chips de radar 301 se sincronizan entre sí con una señal de alta frecuencia (señal de oscilador local) generada por un chip de radar 301a y que se transporta en una línea de alta frecuencia 401, donde los chips de radar se colocan en la parte superior de la placa de circuito impreso y la señal del oscilador local, después de que se ha acoplado a una línea de microcinta 903, se conduce a la parte posterior de la placa de circuito impreso por medio de una vía coaxial 905.

- 60 Además, debe señalarse que "que comprende" y "que tiene" no excluyen otros elementos o etapas, y los artículos indefinidos "un" o "una" no excluyen una pluralidad. Además, debe señalarse que las características o etapas que se han descrito con referencia a una de las realizaciones ejemplares anteriores también se pueden usar en combinación

con otras características o etapas de otras realizaciones ejemplares descritas anteriormente. Los símbolos de referencia en las reivindicaciones no deben considerarse como limitaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar (101) para medir el nivel de llenado o para detectar la topología de la superficie de un producto de llenado en un recipiente, que comprende:
- 5 una placa de circuito impreso (904) que tiene una primera capa (801) y una segunda capa (809);  
un primer chip de radar (301a) y un segundo chip de radar (301b), cada uno dispuesto en la primera capa;
- 10 donde el primer chip de radar (301a) tiene como maestro un primer circuito de sincronización (402) que está configurado para generar una señal de alta frecuencia;  
donde el segundo chip de radar (301b) tiene como esclavo un segundo circuito de sincronización (403);
- 15 una disposición de línea de alta frecuencia (401) configurada para transmitir la señal de alta frecuencia desde el primer circuito de sincronización al segundo circuito de sincronización para sincronizar los dos chips de radar;  
donde la disposición de línea de alta frecuencia comprende un primer circuito impreso (903) en la primera capa, un segundo circuito impreso (903) en la primera capa y una línea de alta frecuencia dispuesta entre los mismos (1301, 1001) en la segunda capa, cada uno de los cuales está conectado al primer y segundo circuito impreso a través de una vía (901).
- 20 2. Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar (101) según la reivindicación 1, donde la línea de alta frecuencia (1301, 1001, 1002) comprende un tercer circuito impreso (1301).
3. Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar (101) según una de las reivindicaciones anteriores, donde la línea de alta frecuencia (1301, 1001) comprende una guía de onda (1001, 1002).
- 25 4. Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar (101) según una de las reivindicaciones anteriores, donde el primer circuito impreso (903) y el segundo circuito impreso (903) son líneas de microcinta.
5. Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar (101) según una de las reivindicaciones anteriores, donde el tercer circuito impreso (903) es una línea de microcinta.
- 30 6. Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar (101) según una de las reivindicaciones anteriores, donde la disposición de línea de alta frecuencia para transmitir la señal de alta frecuencia comprende dos o más tipos de línea diferentes (903, 1001, 1002, 1301), en particular una línea de microcinta, una guía de onda rectangular, una guía de onda circular, un conductor coaxial, una guía de onda de sustrato integrada y/o una línea coplanar, que están dispuestas en serie entre sí.
- 35 7. Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar (101) según una de las reivindicaciones anteriores, donde la disposición de línea de alta frecuencia (401) se divide por medio de un divisor de potencia de alta frecuencia (501) para sincronizar una pluralidad de chips de radar (301b).
- 40 8. Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar (101) según la reivindicación 7, donde las dos líneas que emanan del divisor de potencia de alta frecuencia (501) tienen el mismo tiempo de propagación de señal hasta que la señal de alta frecuencia dividida alcanza el circuito de sincronización (403) del chip de radar correspondiente (301b).
- 45 9. Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar (101) según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un amplificador de alta frecuencia (601) que está dispuesto en la disposición de línea de alta frecuencia y está configurado para amplificar la señal de alta frecuencia.
- 50 10. Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar (101) según una de las reivindicaciones anteriores, donde la señal de alta frecuencia en relación con la señal de transmisión es una señal de alta frecuencia dividida por un factor entero.
- 55 11. Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar (101) según una de las reivindicaciones 9 o 10, donde el amplificador de alta frecuencia (601) tiene un rango de frecuencia útil de más de 30 GHz.
12. Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar (101) según una de las reivindicaciones anteriores, donde un convertidor analógico a digital está integrado en cada caso en el primer y el segundo chip de radar (301a, 301b).
- 60 13. Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar (101) según una de las reivindicaciones anteriores,

configurado para detectar la topología de un medio en un recipiente.

14. Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar (101) según una de las reivindicaciones anteriores, donde el primer chip de radar (301a) y el segundo chip de radar (301b) comprenden uno o más canales de transmisión (307) para emitir una señal de transmisión respectiva y uno o más canales de recepción (308) para recibir cada una de las señales de transmisión reflejadas en la superficie del producto de llenado.

15. Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar (101) según una de las reivindicaciones anteriores, donde el dispositivo de medición de nivel de llenado (100) está diseñado como un dispositivo de medición de nivel de llenado FMCW.

10

16. Dispositivo de medición de nivel de llenado por radar (101) según una de las reivindicaciones anteriores, donde todas las señales de medición detectadas por el dispositivo de medición de nivel de llenado por radar se procesan exclusivamente en la primera capa (801).

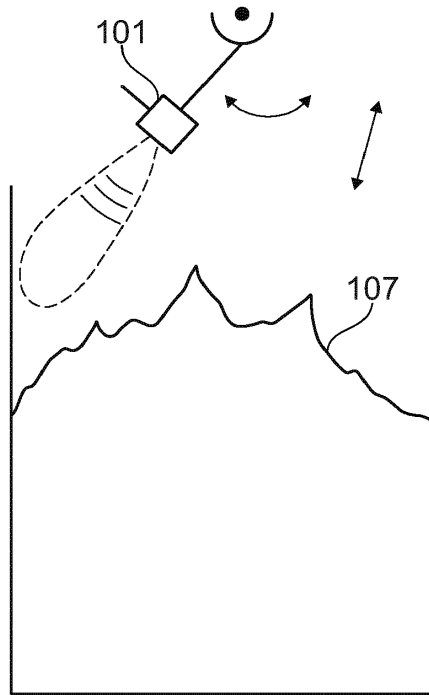


Fig. 1A

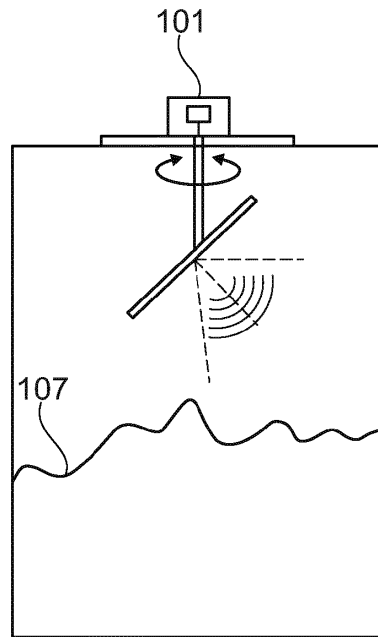


Fig. 1B

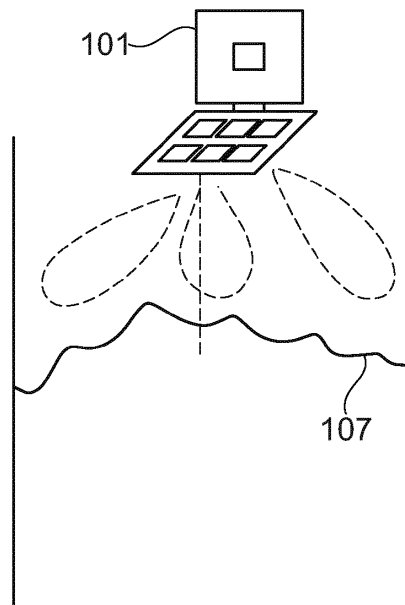


Fig. 1C

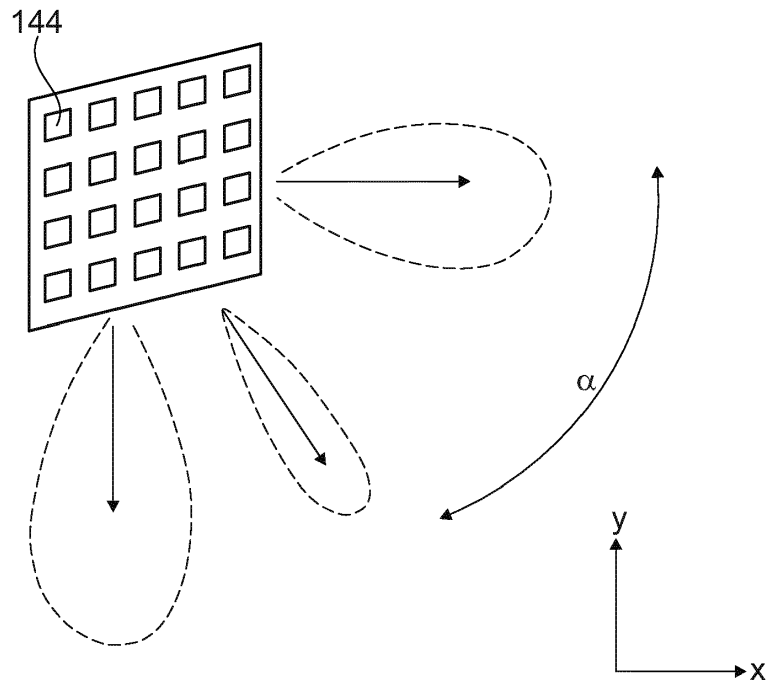


Fig. 2

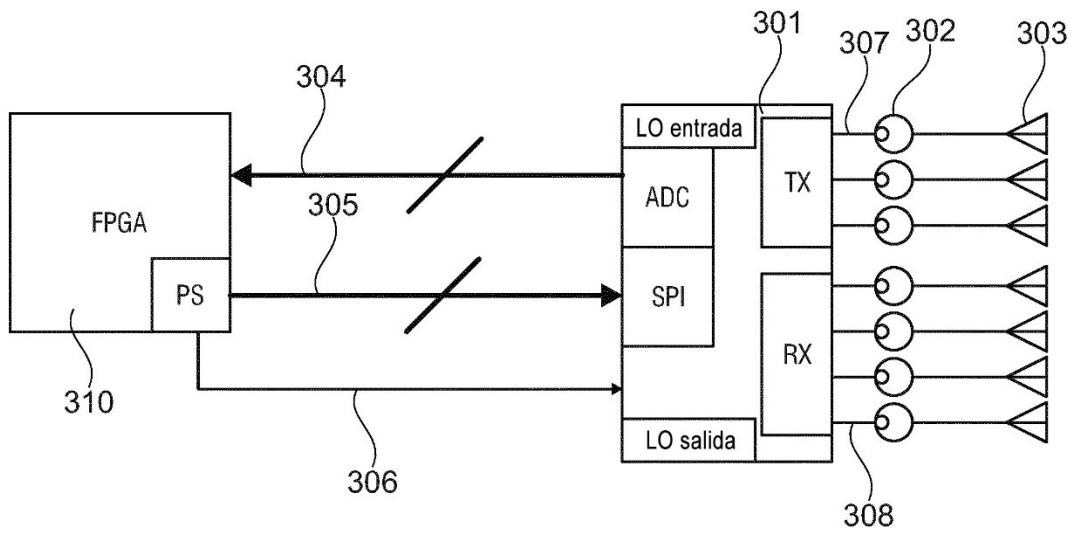


Fig. 3

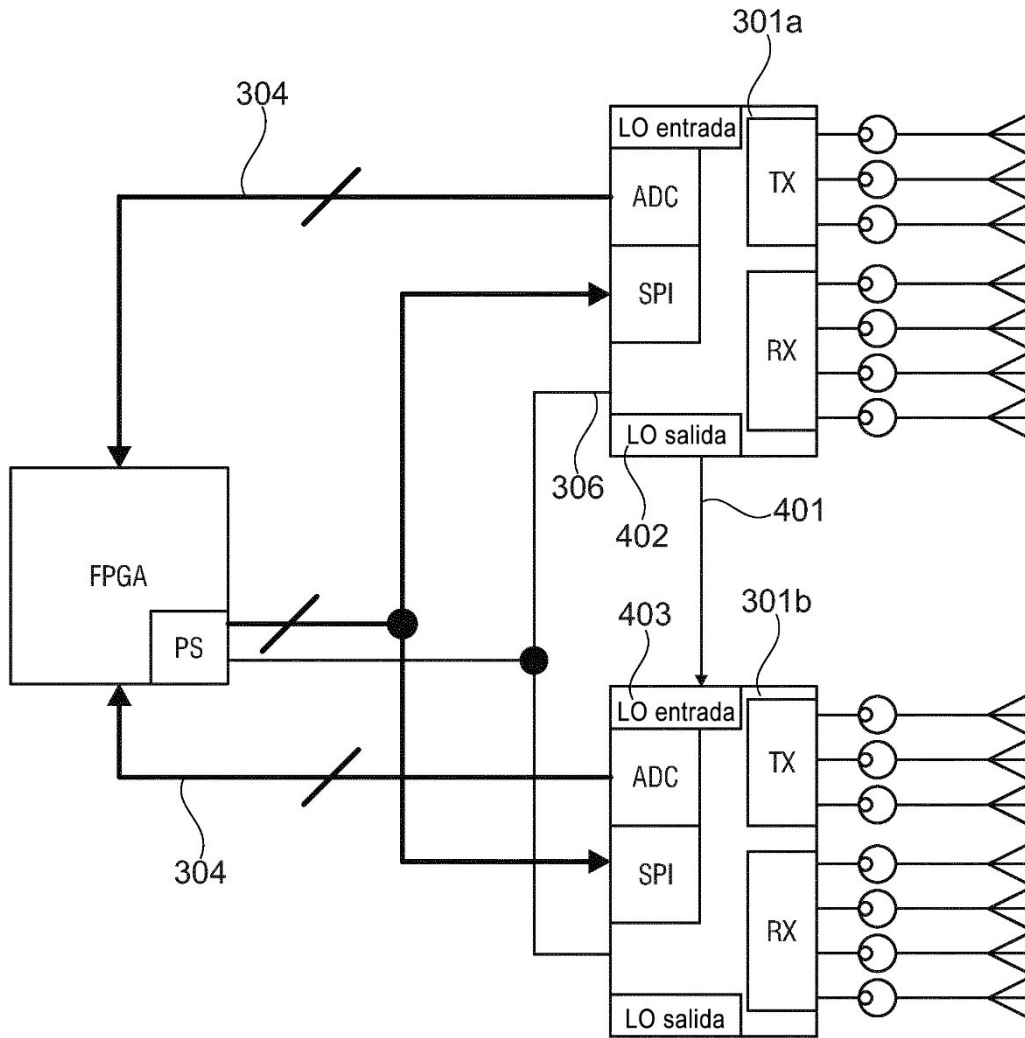


Fig. 4A



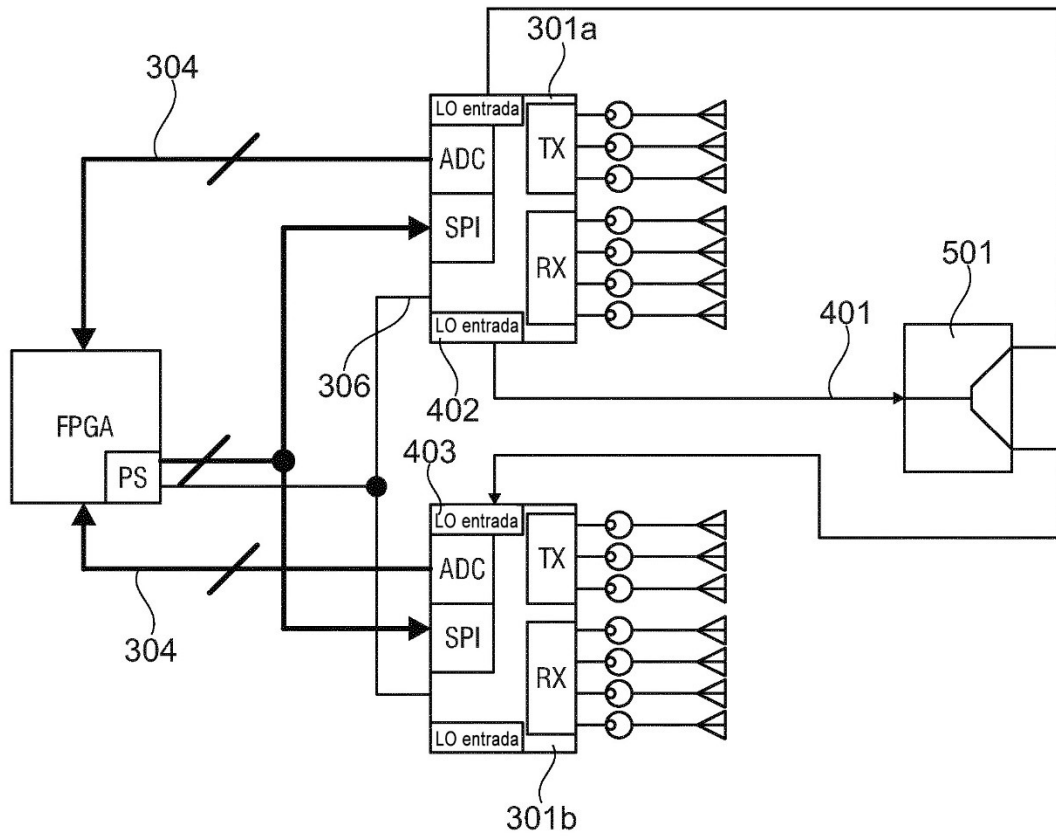


Fig. 4B

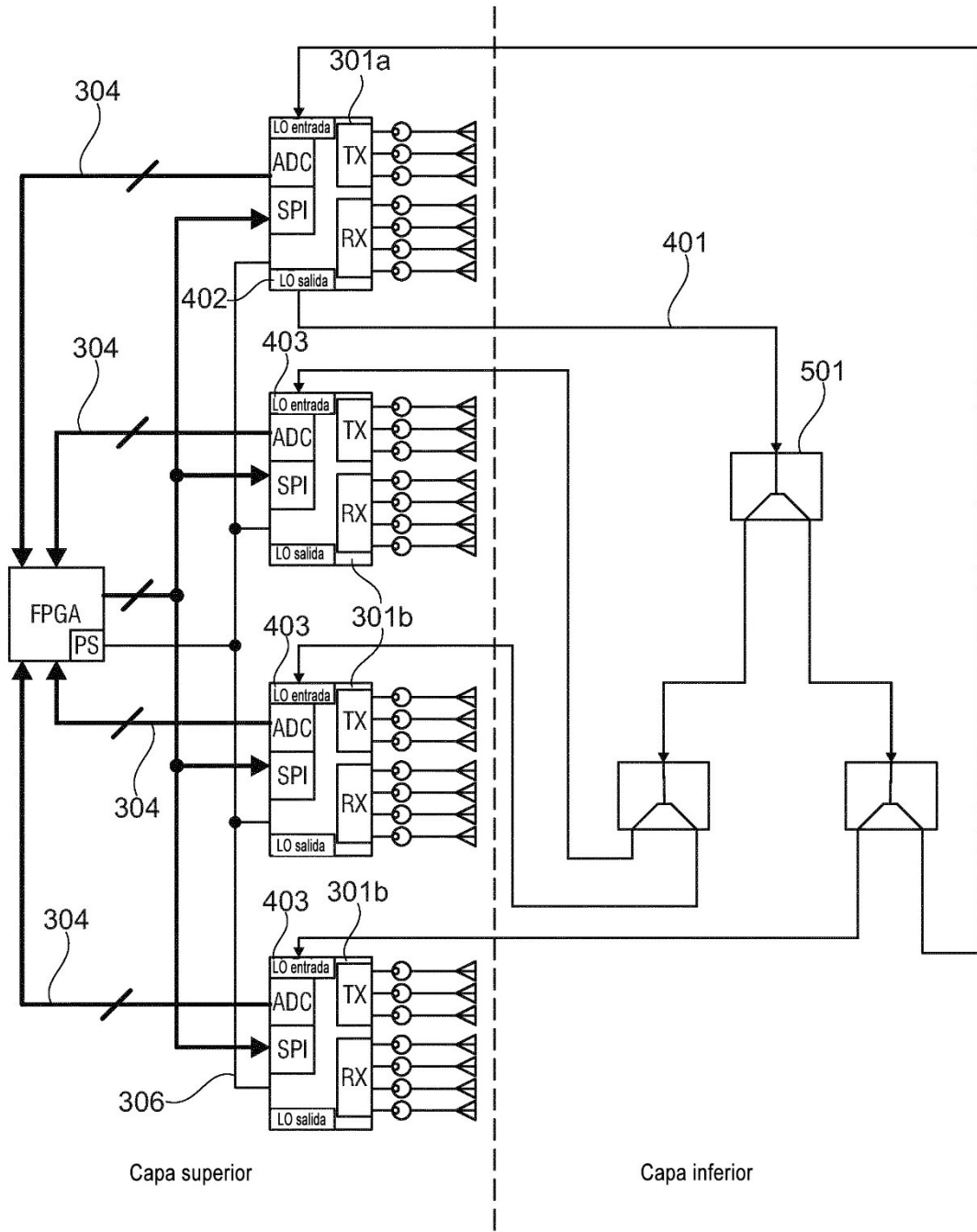


Fig. 5

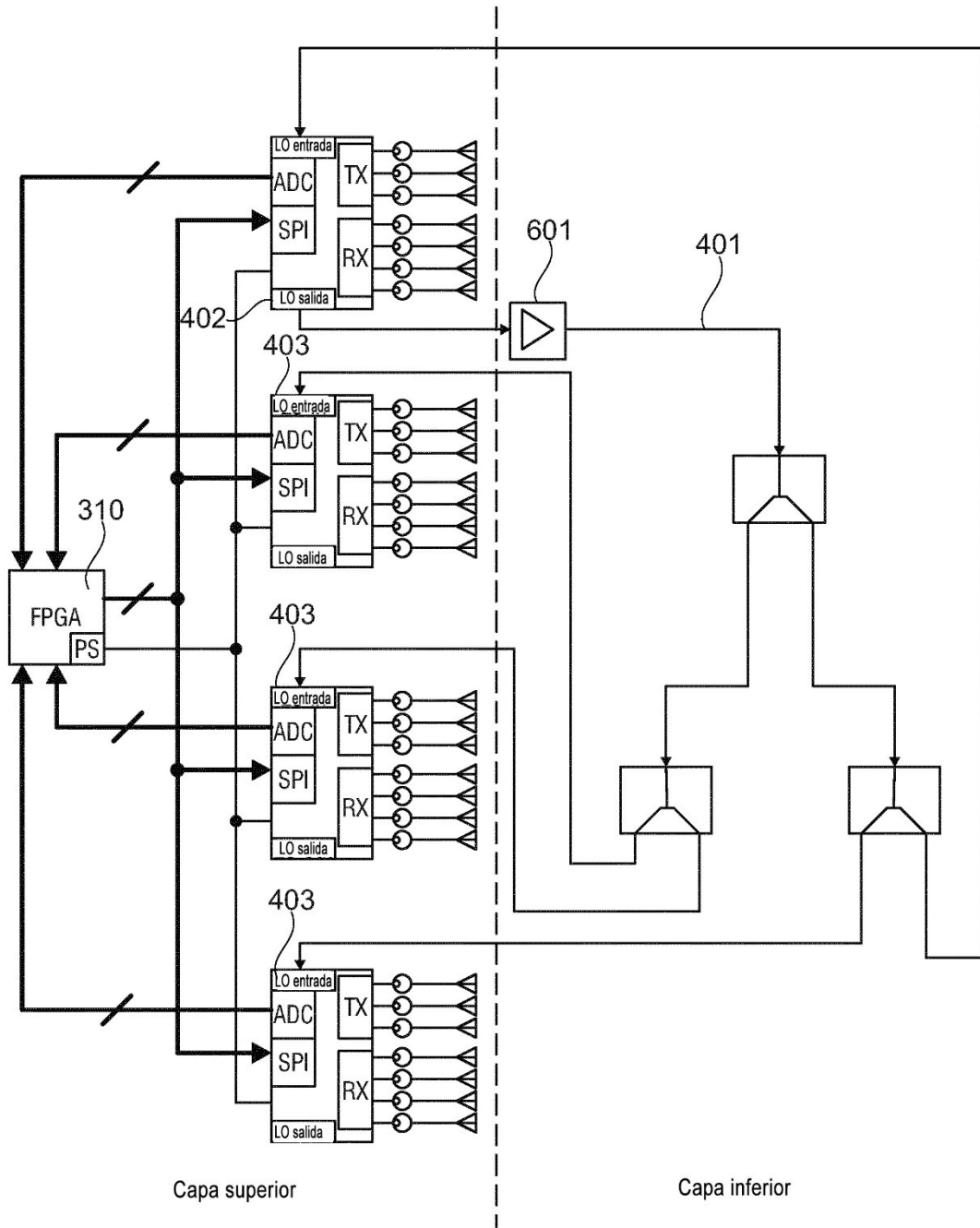


Fig. 6

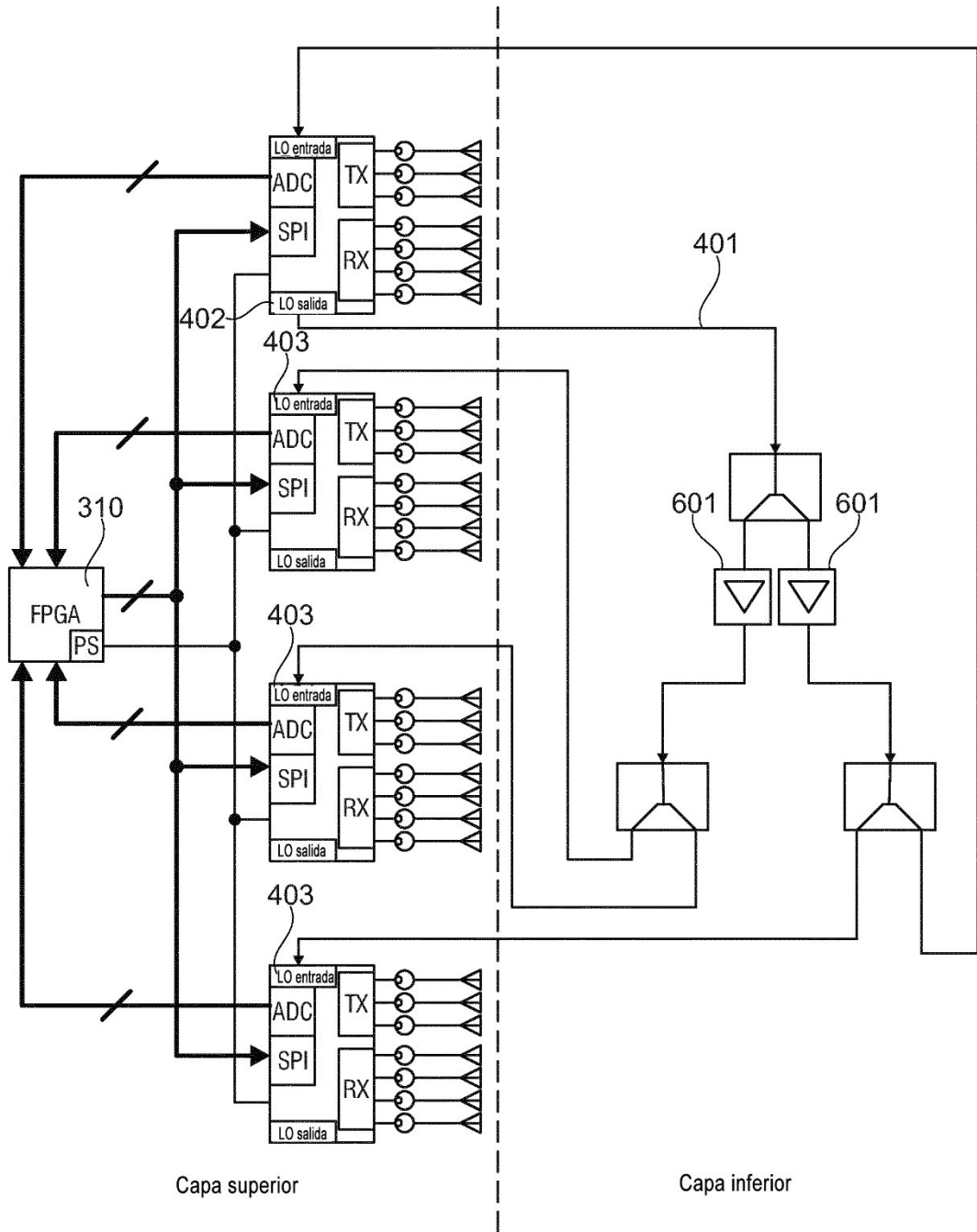


Fig. 7

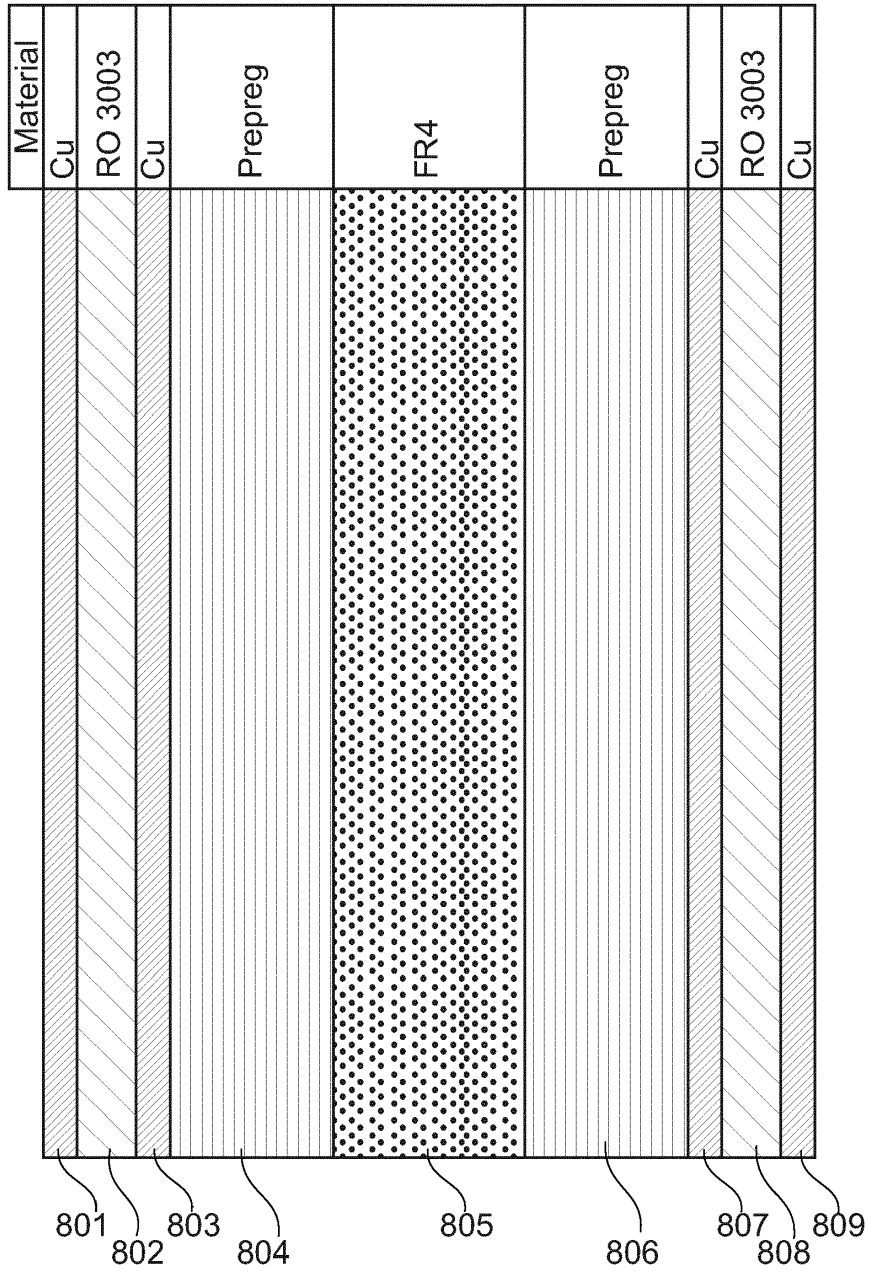


Fig. 8

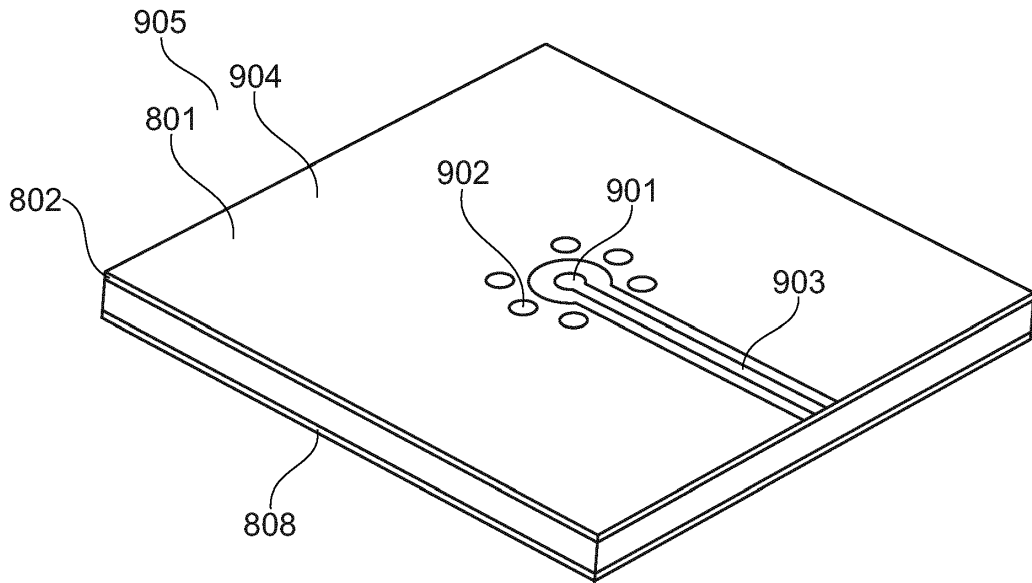


Fig. 9A

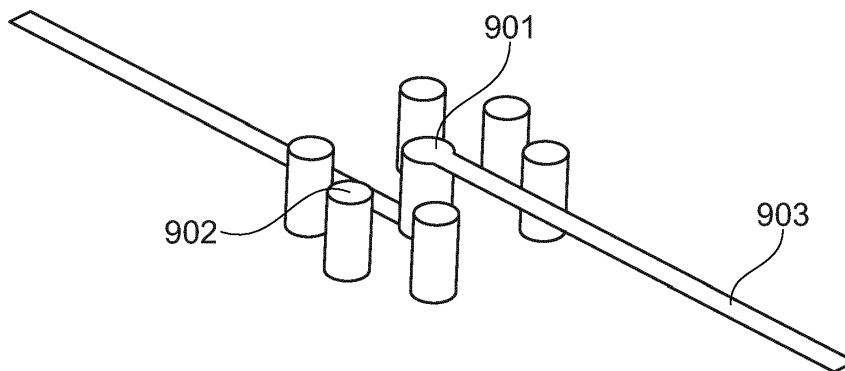


Fig. 9B

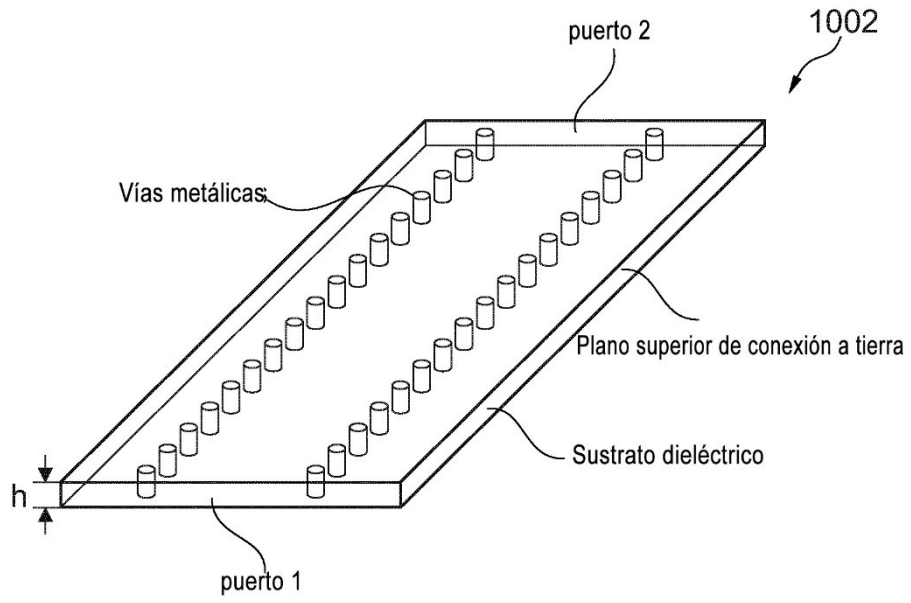


Fig. 10A

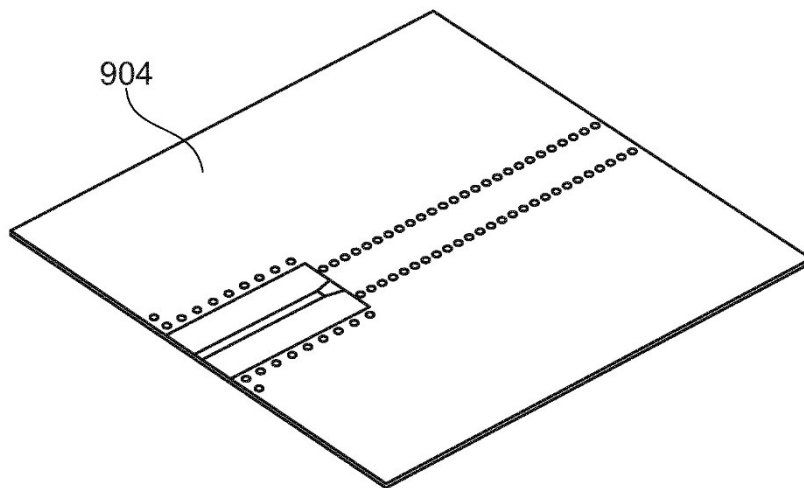


Fig. 10B

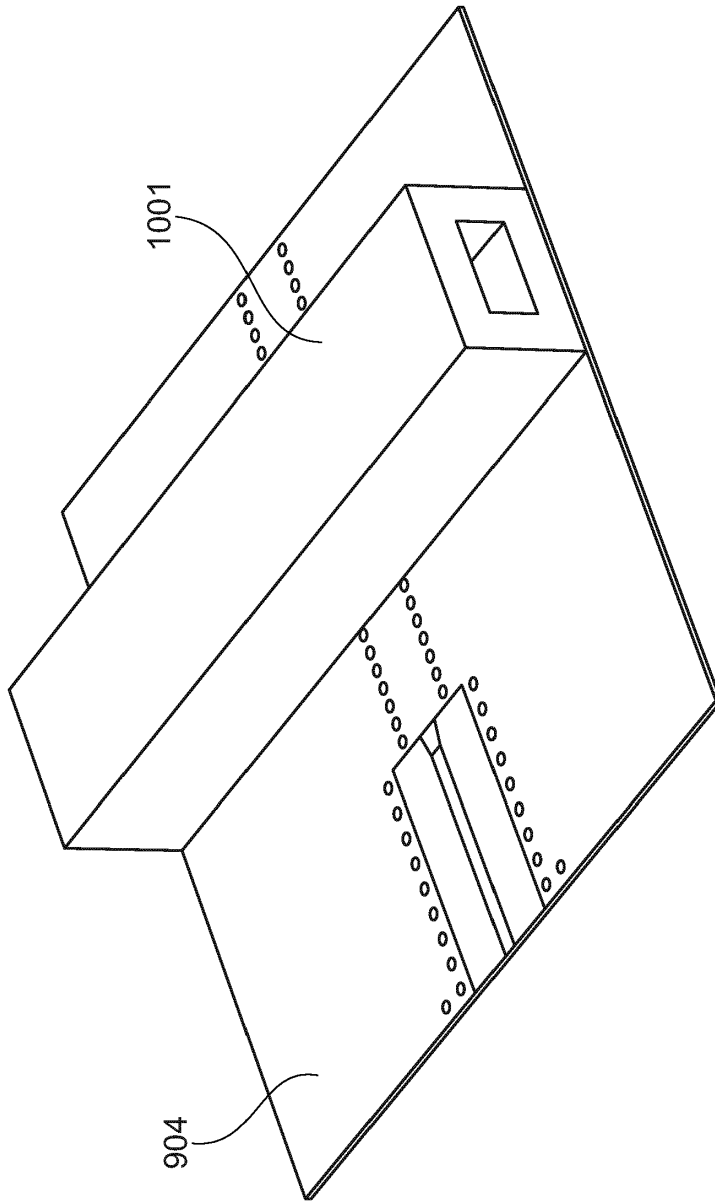


Fig. 10C



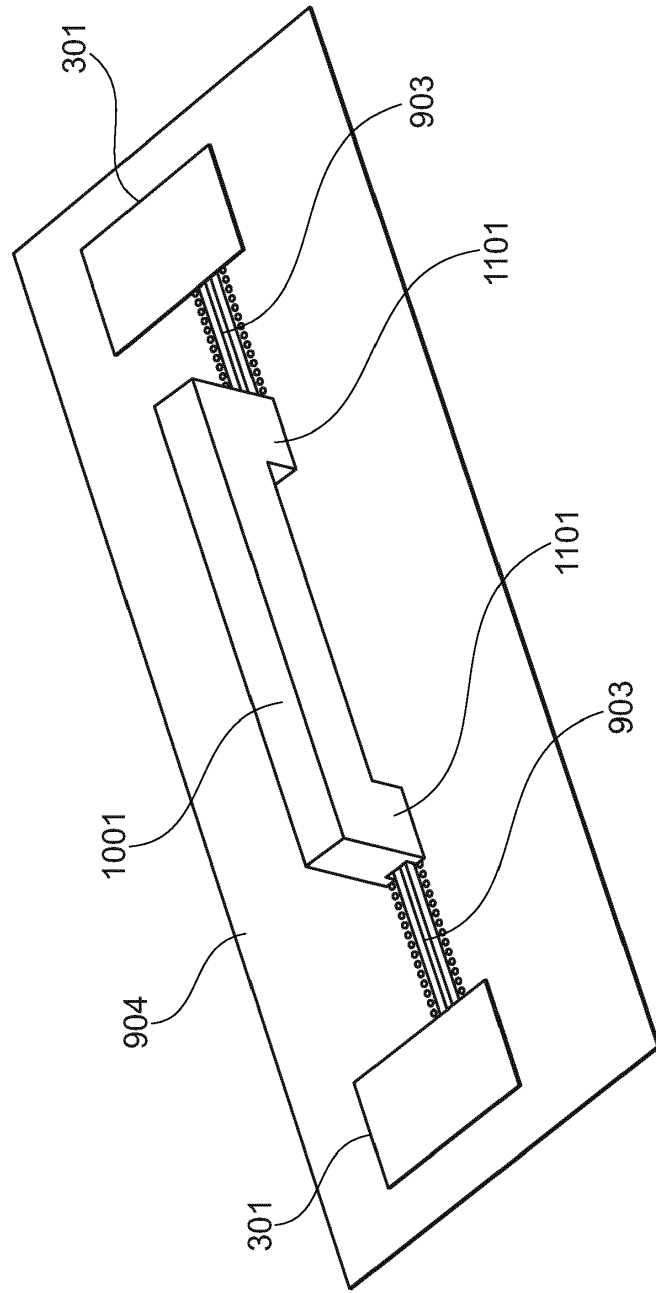


Fig. 11

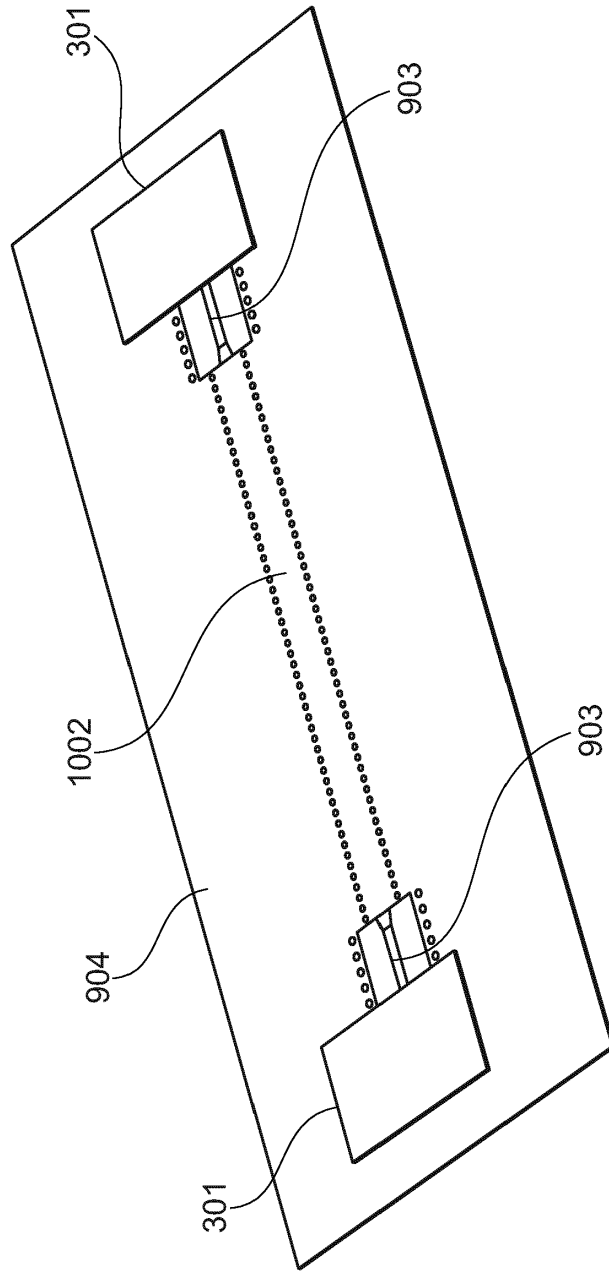


Fig. 12

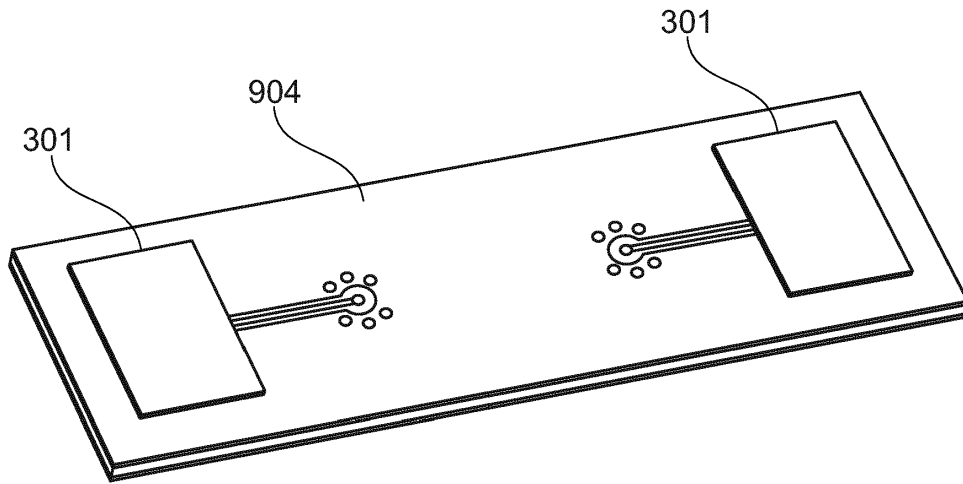


Fig. 13A

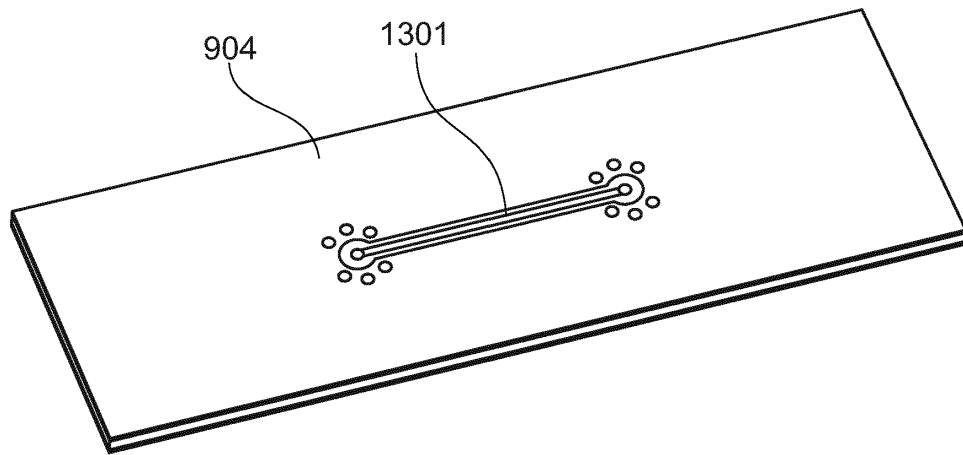


Fig. 13B

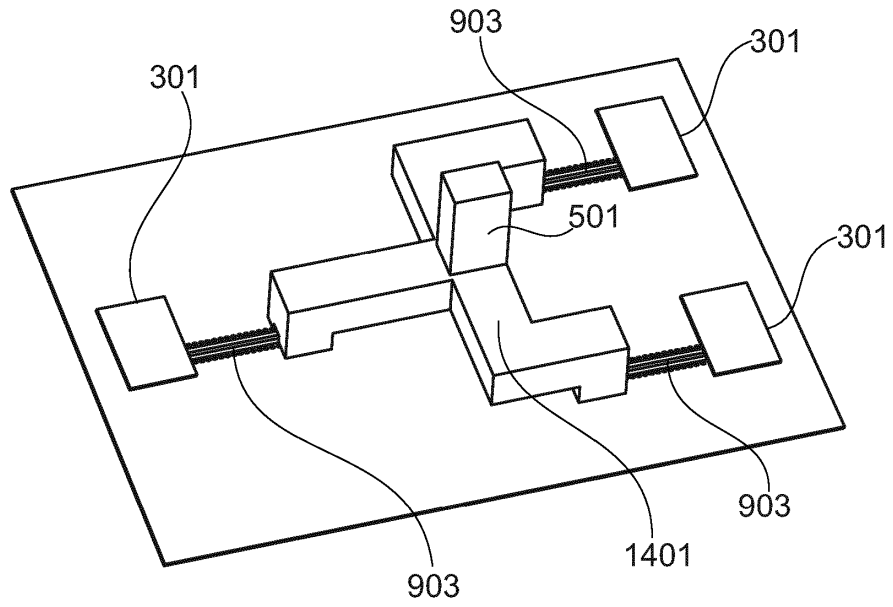


Fig. 14A

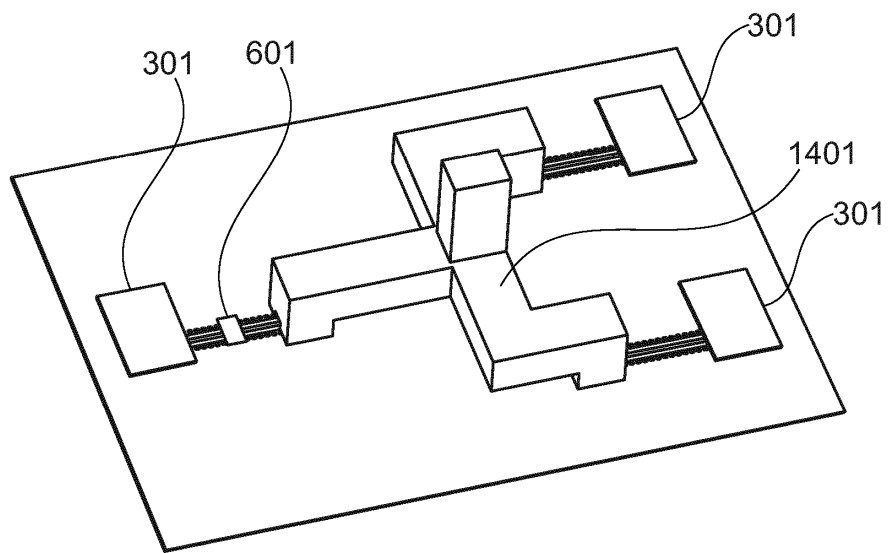
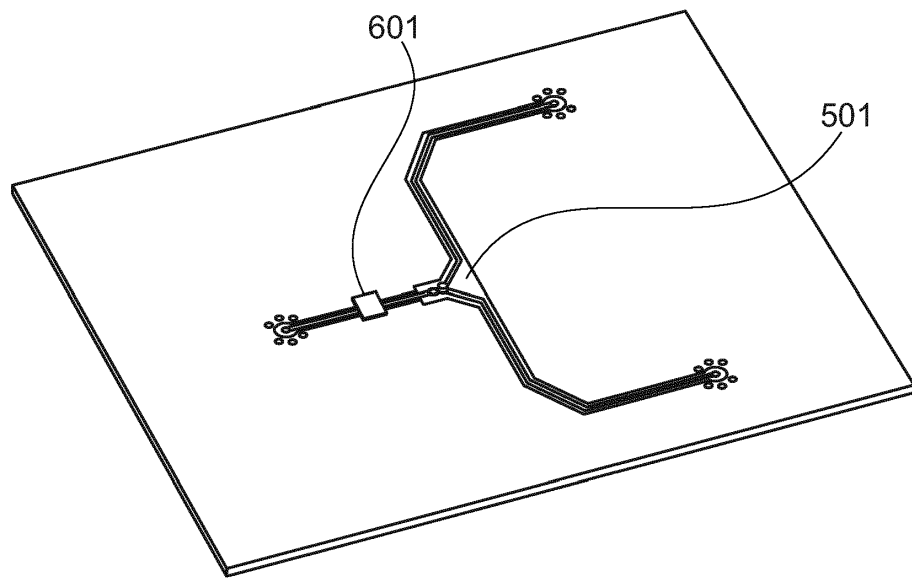
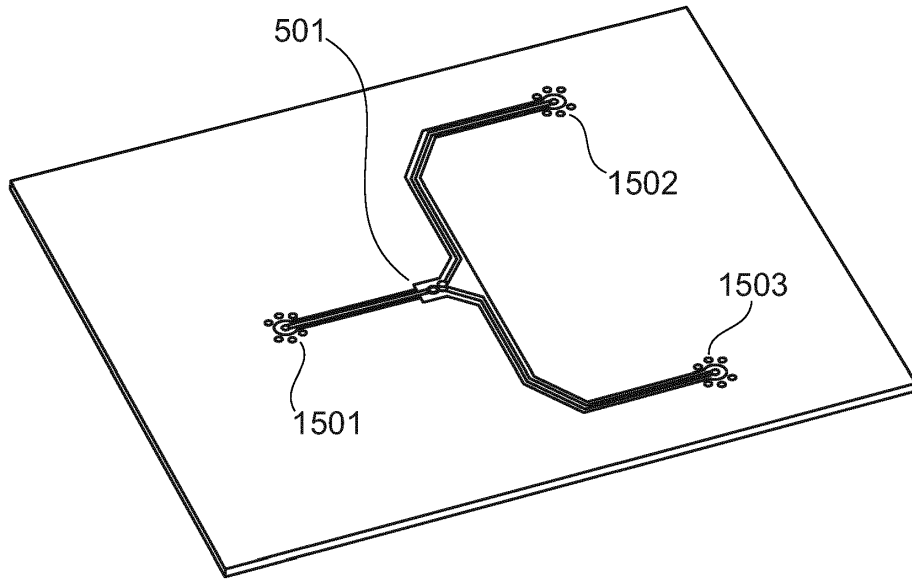


Fig. 14B



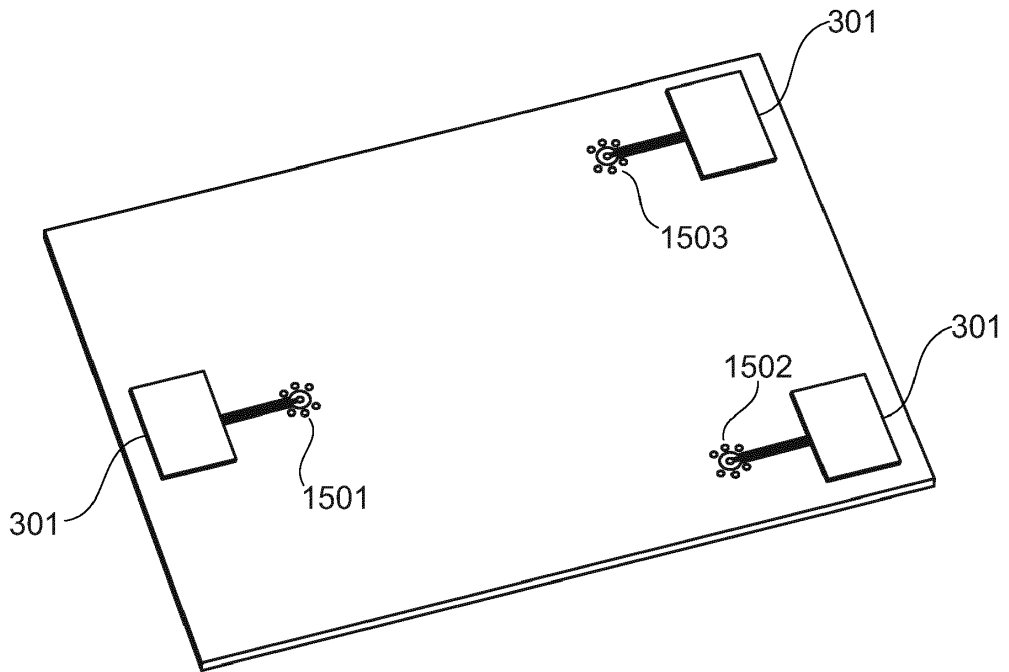


Fig. 15C