

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 958 913**

51 Int. Cl.:

G01S 13/88 (2006.01)

G01S 13/34 (2006.01)

G01V 3/12 (2006.01)

G01S 7/02 (2006.01)

G01V 8/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.08.2019** **PCT/EP2019/071688**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.12.2020** **WO20253975**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.08.2019** **E 19755334 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2023** **EP 3994489**

54 Título: **Dispositivo GPR reconfigurable**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
16.02.2024

73 Titular/es:

PROCEQ SA (100.0%)
Ringstrasse 2
8603 Schwerzenbach, CH

72 Inventor/es:

LEHNER, SAMUEL;
KNORR, THOMAS;
GEISER, MICHAEL;
TSALICOGLOU, ISAAK y
POSER, MARCEL

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 958 913 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 GPR reconfigurable

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un dispositivo GPR reconfigurable, a un sistema GPR autónomo y a un método para adquirir datos de radar acerca de un medio.

10 **Técnica anterior**

El radar de penetración terrestre (GPR) se usa habitualmente para formar imágenes de un medio, es decir, para generar imágenes de la estructura interior del medio. En particular, dichas imágenes contienen información acerca de la posición y propiedades de capas, objetos, grietas y/o huecos en el medio. El principio subyacente del GPR es la propagación de ondas de radar, por ejemplo con frecuencias entre 10 MHz y 10 GHz, que son emitidas y recibidas por al menos una antena de radar. La propagación de las ondas de radar está influenciada por la estructura y las propiedades del medio. En particular, las ondas de radar se reflejan en un límite de materiales con diferentes constantes dieléctricas y/o constantes diamagnéticas. Por lo tanto, el GPR se aplica habitualmente en ensayos no destructivos (END), por ejemplo en hormigón, mampostería, ladrillo o madera. El GPR es particularmente útil para localizar barras de refuerzo o huecos en construcciones, como casas y puentes.

Las ondas de radar se caracterizan además por su polarización. En particular, las ondas de radar pueden presentar diferentes direcciones de polarización. Las ondas de radar polarizadas ortogonalmente pueden presentar polarización H (horizontal) o polarización V (vertical). Es bien sabido que la profundidad de penetración de las ondas de radar, así como la resolución de la imagen resultante, varían con la polarización de las ondas de radar y dependen de la estructura interior del medio. Las barras de refuerzo en un muro de hormigón pueden servir como ejemplo: Las ondas de radar que se polarizan a lo largo de las barras de refuerzo pueden no penetrar en las partes más profundas del medio situadas detrás de las barras de refuerzo, es decir, más alejadas de la antena que las barras de refuerzo, mientras que las ondas de radar que se polarizan en dirección transversal con respecto a las barras de refuerzo sí pueden penetrar en las partes más profundas. Por ello, en aplicaciones prácticas, puede resultar beneficioso elegir la polarización en función de la estructura y el intervalo de profundidad de interés.

Los dispositivos GPR convencionales para END comprenden dispositivos de mano que pueden funcionar en diferentes superficies, por ejemplo con diferentes inclinaciones. Dichos dispositivos de mano se conocen, por ejemplo, por los documentos EP 2 720 065 A1 y EP 1 197 762 B1. El cambio de la polarización de las ondas de radio emitidas con respecto al medio se puede lograr girando el dispositivo, por ejemplo 90°, para cambiar entre la polarización H y la polarización V.

Además, un prototipo de plataforma GPR para "*Multi-Azimuth Ground Penetrating Radar Surveys to Improve the Imaging of Complex Fractures*" se conoce a partir de un artículo de revista con el mismo título, publicado en Geosciences 2018, 8, 425, por Federico Lombardi y Maurizio Lualdi. Las inspecciones se realizaron con una antena GPR montada en un carro de PVC. En el fondo de la carcasa de la antena y del carro se insertó una mesa giratoria mecánica para la rotación precisa de la plataforma.

Sin embargo, dichos dispositivos GPR convencionales tienen varias desventajas. En primer lugar, son bastante grandes, pesados y voluminosos para un manejo manual cómodo. En segundo lugar, es difícil, y a menudo imposible, adquirir datos en las esquinas y alrededor de los bordes de una construcción. En tercer lugar, es imposible cambiar la polarización para adquirir datos en la misma trayectoria con polarización H y V. En cuarto lugar, es imposible un procesamiento e interpretación refinados de los datos de radar adquiridos, ya que la información relativa a la polarización no está disponible habitualmente en el conjunto de datos.

Divulgación de la invención

Por lo tanto, el problema a resolver por la presente invención es proporcionar un dispositivo GPR reconfigurable que permita adquirir datos de radar de diferente polarización a lo largo de una trayectoria definida en un medio.

Este problema se resuelve mediante un dispositivo GPR reconfigurable para adquirir datos de radar acerca de un medio de acuerdo con la reivindicación 1. GPR significa radar de penetración terrestre e incluye el uso de ondas de radar para formar imágenes de una estructura interior de un medio, como, por ejemplo, suelo, roca, hielo, hormigón, madera u otro material de construcción. El GPR para estructuras de hormigón funciona preferentemente dentro de una gama de frecuencias comprendida entre 50 MHz y 8000 MHz, en particular entre 400 MHz y 6000 MHz. Preferentemente, el dispositivo adquiere y procesa los datos de radar en tiempo real, es decir, el marco temporal es del orden de milisegundos, en particular inferior a 1 s.

El dispositivo comprende una antena de radar con una primera polarización, una unidad de procesamiento, en particular una FPGA o una CPU, conectada a dicha antena y una carcasa alrededor de la antena y la unidad de

procesamiento. La antena está adaptada preferentemente para emitir y recibir ondas de radar que se desplazan a través del medio, y para convertir las ondas de radar recibidas en datos de radar. Los datos de radar son preferentemente una representación de las ondas de radar como una señal eléctrica. El término "antena de radar con una primera polarización" se usa en el sentido de que las ondas de radar emitidas por la antena presentan la primera polarización. Incluirá explícitamente una antena adaptada para emitir ondas de radar de diferentes polarizaciones. La carcasa protege preferentemente la antena y la unidad de procesamiento, por ejemplo contra al menos uno de polvo y líquidos. Sin embargo, la carcasa no tiene que estar necesariamente cerrada por todos los lados.

Además, el dispositivo comprende un conjunto de rueda. El dispositivo también puede comprender una unidad de determinación de la dirección; sin embargo, dicha forma de realización no se reivindica en el presente documento.

El conjunto de rueda comprende un soporte, una rueda y un sensor de rotación de rueda. El sensor de rotación de rueda está conectado a la unidad de procesamiento. Un eje de la rueda pivota con respecto a la primera polarización. Es decir, una dirección de rodadura de la rueda, y por lo tanto del dispositivo, se puede cambiar pivotando la rueda. Esto permite adquirir datos de radar con diferentes polarizaciones a lo largo de la misma trayectoria, lo que a su vez puede mejorar la calidad y la resolución de la imagen resultante de la estructura interior del medio.

El sensor de rotación de rueda está adaptado para detectar una longitud de trayectoria del movimiento del dispositivo y, en particular, para determinar información de posición a partir de la longitud de la trayectoria. El sensor de rotación de rueda puede ser, por ejemplo, un codificador giratorio. La longitud de la trayectoria, y preferentemente la información de posición, se utiliza de manera ventajosa en la visualización y/o interpretación de los datos de radar, por ejemplo para localizar un objeto dentro del medio, por ejemplo una barra de refuerzo o un hueco en el hormigón o una construcción.

Si está presente (aunque no se reivindica en el presente documento), la unidad de determinación de dirección está conectada a la unidad de procesamiento y está adaptada para determinar la información de dirección. La información de dirección describe un ángulo entre la dirección de movimiento del dispositivo y la primera polarización. Dicha información de dirección puede respaldar el procesamiento y/o la interpretación de los datos de radar. En particular, la información de dirección se tiene en cuenta para procesar y/o interpretar datos de radar con diferentes polarizaciones adquiridas a lo largo de la misma trayectoria. Por lo tanto, es ventajoso que la unidad de procesamiento esté adaptada para generar un conjunto de datos que comprende los datos de radar y al menos una de la información de posición y la información de dirección.

La unidad de determinación de dirección puede adaptarse para determinar la información de dirección de diferentes maneras. En una forma de realización, el conjunto de rueda comprende un sensor de ángulo adaptado para detectar un ángulo entre el eje de la rueda y el soporte. En particular, el sensor de ángulo está conectado a la unidad de determinación de dirección. En otra forma de realización, la unidad de determinación de dirección está conectada a un sensor de dirección diferente, por ejemplo un codificador óptico, adaptado para detectar la dirección de al menos uno del movimiento y una aceleración del dispositivo. Además, la unidad de procesamiento puede adaptarse para determinar información de dirección fusionada a partir de la información de dirección de diferentes sensores de dirección. En lo que sigue, se entiende que el término "sensor de dirección" incluye "sensores de orientación", tales como un sensor de brújula o un acelerómetro.

Como se describe anteriormente, el dispositivo presenta al menos dos direcciones de movimiento preferidas con respecto a la primera polarización, de modo que la antena se puede orientar en dos orientaciones distintas con respecto a la dirección de movimiento del dispositivo. Esto permite ajustar la polarización de las ondas de radar para optimizar la calidad y/o la resolución de la imagen resultante, por ejemplo dependiendo de la estructura interior del medio.

Además, la rueda (es decir, su eje) presenta dos orientaciones estables, con respecto a la carcasa, que difieren en un ángulo de pivote que puede ser, por ejemplo, de 90°, en particular para permitir la emisión de ondas con polarización H y V. Preferentemente, otras orientaciones de la rueda distintas de las dos orientaciones estables son inestables. En particular, una orientación estable requiere aplicar un par de torsión o una fuerza por encima de un umbral dado para cambiar la orientación. Dicha orientación estable se logra por medio de un mecanismo de encaje a presión, implementado por una fuerza elástica, como la de un resorte, o por una fuerza magnética, que debe superarse para cambiar la orientación.

El dispositivo es un dispositivo de mano.

En una forma de realización ventajosa, el conjunto de rueda se puede acoplar de forma desmontable a la carcasa, es decir, se puede acoplar a la carcasa y retirarse de la misma de forma no destructiva. En particular, el conjunto de rueda puede acoplarse a varias paredes laterales de la carcasa. Esto permite cambiar la polarización con respecto al movimiento del dispositivo acoplando el conjunto de rueda a una pared lateral diferente. Preferentemente, el conjunto de rueda se puede acoplar manualmente, en particular mediante encaje a presión. "Manualmente" significa que el acoplamiento y/o separación se puede realizar solo con las manos, es decir, sin usar ninguna herramienta, como un destornillador. "Encaje a presión" describe un elemento de fijación, en donde el conjunto de rueda acoplado solo se

puede separar si una fuerza de separación es mayor que un determinado umbral. Dicho encaje a presión puede lograrse, por ejemplo, por medio de una fuerza elástica, por ejemplo a través de un resorte, o de una fuerza magnética.

En otra forma de realización, el dispositivo comprende una unidad de comunicación adaptada para transmitir los datos de radar a una unidad informática remota a través de una conexión inalámbrica, en particular en donde la conexión inalámbrica comprende Wi-Fi o Bluetooth. Preferentemente, la unidad de comunicación está ubicada en la carcasa o en una parte del dispositivo.

Otro aspecto de la invención se refiere a un sistema GPR autónomo para adquirir datos de radar de acuerdo con la reivindicación 13. El sistema comprende el dispositivo descrito anteriormente y una unidad de suministro de energía conectada eléctricamente al dispositivo y adaptada para suministrar energía al dispositivo. En particular, la unidad de suministro de energía puede acoplarse al dispositivo; preferentemente, puede acoplarse manualmente. La unidad de suministro de energía puede comprender al menos una batería, por ejemplo al menos una batería recargable. Dicho sistema es autónomo en el sentido de que puede funcionar de forma autónoma, es decir, sin cables conectados. El sistema se puede conectar a un aparato electrónico separado, por ejemplo, una unidad informática remota y/o una unidad con un dispositivo de visualización. Esto permite un uso sencillo, así como su aplicación, en zonas de difícil acceso, tales como las esquinas de estructuras de construcción.

Aún otro aspecto de la invención se refiere a un método para adquirir datos de radar acerca de un medio, para hacer funcionar el dispositivo o el sistema descrito anteriormente, de acuerdo con la reivindicación 16.

El método comprende las etapas de mover el dispositivo GPR que comprende la antena de radar a lo largo del medio, emitir repetidamente ondas de radar de la primera polarización en el medio a través de la antena, recibir repetidamente ondas de radar a través de la antena y convertir las ondas de radar recibidas en datos de radar. Además, comprende la etapa de cambiar un ángulo entre una dirección de movimiento del dispositivo y la primera polarización y repetir las etapas anteriores. Actualmente no forma parte de la invención una etapa adicional de determinar información de dirección descriptiva de un ángulo entre una dirección de movimiento del dispositivo y la primera polarización.

Otras formas de realización ventajosas se enumeran en las reivindicaciones dependientes, así como en la siguiente descripción.

Breve descripción de los dibujos

La invención se entenderá mejor y otros objetivos distintos de los expuestos anteriormente se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la misma. Dicha descripción se refiere a los dibujos adjuntos, en donde:

Las Figs. 1 y 2 muestran vistas en perspectiva de un dispositivo GPR reconfigurable, que no es una forma de realización de la invención, desde el lado trasero y el lado delantero, respectivamente;
 las Figs. 3 y 4 muestran vistas en perspectiva del dispositivo de las Figs. 1 y 2 que comprende adicionalmente un conjunto de rueda. El dispositivo de las Figs. 3 y 4 es un dispositivo GPR reconfigurable de acuerdo con una forma de realización de la invención;
 las Figs. 5 y 6 muestran vistas en perspectiva de un conjunto de rueda;
 La Fig. 7 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo GPR o sistema GPR que no forma parte de la invención;
 las Figs. 8 y 9 muestran vistas en perspectiva de un sistema GPR autónomo, que no es una forma de realización de la invención, que comprende una unidad de suministro de energía;
 las Figs. 10 y 11 muestran vistas en perspectiva del sistema de las Figs. 8 y 9 que comprende adicionalmente un conjunto de rueda. El sistema de las Figs. 10 y 11 es un sistema GPR autónomo de acuerdo con una forma de realización de la invención;
 la Fig. 12 muestra un diagrama de flujo de un método para adquirir datos de radar acerca de un medio de acuerdo con una forma de realización de la invención.

Modos de llevar a cabo la invención

Las Figs. 1 y 2 muestran vistas en perspectiva de un dispositivo GPR reconfigurable 1, que no es una forma de realización de la invención, desde el lado trasero y el lado delantero, respectivamente. El dispositivo GPR reconfigurable 1 para adquirir datos de radar acerca de un medio comprende una carcasa 4 que rodea una antena de radar 2 (indicada como una línea discontinua) y una unidad de procesamiento (no mostrada) conectada a la antena. Incluir la unidad de procesamiento en el dispositivo 1 hace que el dispositivo 1 sea autónomo, es decir, el GPR no es un "esclavo" de otro dispositivo externo, por ejemplo, a través de cables. La antena 2 está adaptada para emitir y recibir ondas de radar de una primera polarización (la antena "tiene" una primera polarización). La carcasa 4 comprende un lado superior 5, un lado inferior 6 opuesto al lado superior 5 y cuatro paredes laterales, a saber, una pared lateral trasera 7, una pared lateral delantera 8 opuesta a la pared lateral trasera 7 y dos paredes laterales 9 y 9' opuestas entre sí. En general, la carcasa 4 puede comprender, de forma alternativa, un número superior o inferior a cuatro paredes laterales. La antena 2 está ubicada en la parte inferior de la carcasa 4, es decir, más cerca del lado inferior 6 que del lado superior 5, preferentemente en el cuadrante inferior de la carcasa 4. En general, el lado inferior

6 corresponde a un lado de emisión de la antena 2, y el medio de interés se encuentra adyacente (es decir, "debajo") del lado inferior 6 cuando el dispositivo 1 está en funcionamiento, es decir, adquiriendo datos de radar acerca del medio.

5 Preferentemente, la carcasa 4 del dispositivo 1 está hecha de un material duradero y/o resistente, por ejemplo de un policarbonato tal como Lexan, de modo que el dispositivo no se dañe en condiciones de funcionamiento adversas durante su uso en el terreno. Es ventajoso que la carcasa 4 esté protegida contra el polvo y/o protegida contra salpicaduras de agua, por ejemplo de acuerdo con la norma IP 54 o, mejor, de acuerdo con la norma IEC 60529. En particular, el lado inferior 6 de la carcasa 4 está hecho de un material resistente a los arañazos y preferentemente resbaladizo. Preferentemente, el lado inferior 6 puede intercambiarse fácilmente, por ejemplo a mano, es decir, sin usar herramientas adicionales.

15 En un ejemplo, la longitud, la anchura y la altura de la carcasa 4 son inferiores a 10 cm y, preferentemente, inferiores a 9 cm. La altura de la carcasa 4, es decir, su dimensión entre el lado superior 5 y el lado inferior 6, es preferentemente inferior a 8 cm, preferentemente inferior a 7 cm. Estas dimensiones hacen que el dispositivo 1 sea ergonómico y permiten la accesibilidad a espacios reducidos. El dispositivo es un dispositivo de mano, lo que significa que puede funcionar cuando se sostiene con las manos, preferentemente con una sola mano. Esto permite que el dispositivo 1 funcione en zonas de difícil acceso, por ejemplo, esquinas de estructuras de construcción, o entre tuberías suspendidas de un techo y el propio techo, o entre tuberías y otras características estructurales. El reducido tamaño y peso también permiten que el dispositivo 1 funcione en paredes verticales y por encima de la cabeza.

25 En el dispositivo de las Figs. 1 y 2, la carcasa 4 comprende además un conector 10, en particular un conector de cuatro clavijas, en cada pared lateral. Dicho conector se puede usar para la comunicación con un conjunto, tal como un conjunto de rueda (véanse las Figs. 3-6). De manera alternativa, el conector 10 se puede usar para la comunicación con un conjunto diferente, por ejemplo que comprenda una cámara, en particular una cámara CCD, o un ratón óptico, en particular para determinar el movimiento del dispositivo 1. Además, la carcasa 4 comprende un segundo conector 11, por ejemplo un orificio roscado, para la conexión mecánica del conjunto en cada pared lateral, por ejemplo mediante un tornillo en el conjunto.

30 La carcasa 4 en las Figs. 1 y 2 comprende adicionalmente una tapa 12, por ejemplo un elemento de sellado de goma, que cubre al menos una ranura. En particular, el dispositivo 1 comprende una ranura para una unidad de comunicación 13, por ejemplo, un dispositivo Wi-Fi 802. 11a/b/g/n o una llave Bluetooth, para la comunicación con una unidad de procesamiento remota. Además, el dispositivo 1 puede comprender una ranura adicional, por ejemplo un conector USB-C 14. La ranura adicional puede estar adaptada para la comunicación, por ejemplo para la transferencia de datos, y/o para recibir energía desde una fuente de alimentación remota.

40 El dispositivo 1 de las Figs. 1 y 2 comprende además botones 15 y 15' en las paredes laterales 9 y 9'. Los botones están conectados funcionalmente a la unidad de procesamiento para controlar el dispositivo 1. En particular, el usuario puede controlar al menos una de las siguientes acciones simplemente pulsando uno de los botones 15 y 15': encender el dispositivo, iniciar la adquisición de datos de radar, marcar una ubicación específica (por ejemplo, la ubicación de una barra de refuerzo) durante la adquisición (por ejemplo, pulsando el botón dos veces durante un corto intervalo de tiempo, por ejemplo, 1 s), y apagar el dispositivo (por ejemplo, pulsando el botón más tiempo, por ejemplo, durante más de 1 s). La presencia de al menos dos botones 15 y 15' permite manejar el dispositivo con ambas manos, es decir, el dispositivo se puede manejar de una manera sencilla con la mano izquierda y/o la mano derecha. En general, 45 el dispositivo 1 puede comprender, de forma alternativa, solo un botón. El funcionamiento del dispositivo pulsando un solo botón (o uno de dos o más botones equivalentes) es sencillo y facilita la adquisición de datos de radar con el dispositivo.

50 Las Figs. 3 y 4 muestran vistas en perspectiva del dispositivo 1 de las Figs. 1 y 2, que comprende adicionalmente un conjunto de rueda 20. El dispositivo de las Figs. 3 y 4 es un dispositivo GPR reconfigurable de acuerdo con una forma de realización de la invención. El conjunto de rueda 20 comprende un soporte 21, una rueda 22 y un sensor de rotación de rueda 23 (indicado, pero no visible en las figuras). El sensor de rotación de rueda 23 mide una cantidad indicativa de la rotación de la rueda 22 alrededor de su eje 24 (véase la Fig. 4). El sensor de rotación de rueda 23 puede ser, por ejemplo, un codificador giratorio y está conectado a la unidad de procesamiento (no mostrada en las Figs. 3 y 4). 55 El sensor de rotación de rueda 23 está adaptado para detectar una longitud de trayectoria del movimiento del dispositivo. En particular, el sensor de rotación de rueda 23 está adaptado para determinar información de posición a partir de la longitud de trayectoria, es decir, para determinar coordenadas de una posición dentro de un marco de referencia dado. Por lo tanto, los datos de radar pueden estar vinculados a su respectiva posición en el medio.

60 Además, el eje 24 (véase la Fig. 4) de la rueda 22 pivota con respecto a la carcasa 4 y, por lo tanto, a la primera polarización. La rueda 22 tiene dos orientaciones estables con respecto a la carcasa 4, que difieren en un ángulo de pivote α que, en particular, es de 90° como indica la flecha en negrita de la Fig. 3. Por lo tanto, el dispositivo presenta al menos dos direcciones de movimiento preferidas con respecto a la primera polarización. Como indican las flechas en negrita de la Fig. 4, el dispositivo 1 puede moverse, en particular, en las direcciones hacia delante F (rueda trasera), hacia atrás B (rueda delantera), hacia la izquierda L y hacia la derecha R (ambas con la rueda en configuración de sidecar, no mostradas). Nota: En la configuración de sidecar, el eje 22' de la rueda 22 es perpendicular a la pared 65

lateral a la que está acoplado el conjunto de rueda 20; en las configuraciones de rueda trasera y delantera, el eje 22' es paralelo a esa pared lateral. Por lo tanto, la polarización de los datos de radar adquiridos a lo largo de una misma trayectoria se puede cambiar, por ejemplo de la polarización H a la polarización V o viceversa, pivotando la rueda desde la configuración de rueda trasera/delantera a la de sidecar y haciendo mediciones a lo largo de la misma trayectoria una segunda vez. Los datos de radar con diferentes polarizaciones pueden, a su vez, ofrecer una mejor resolución y/o calidad de los datos acerca del medio, en particular en intervalos de profundidad específicos del medio.

Como se entiende a partir de las Figs. 3 y 4, el conjunto de rueda 20 puede acoplarse de manera alternativa a una pared lateral diferente del dispositivo que la pared lateral trasera 7 (mostrada). Además, de esta manera, la polarización de los datos de radar adquiridos se puede cambiar cuando se hacen mediciones a lo largo de la misma trayectoria una segunda vez. Preferentemente, el conjunto de rueda 20 se puede acoplar de forma desmontable a la carcasa 4. En general, el conjunto de rueda 20 puede acoplarse a varias, en particular a al menos cuatro (como se muestra), de las paredes laterales. Es ventajoso que el conjunto de rueda 20 se pueda acoplar a la carcasa 4 y retirarse de la misma manualmente, es decir, a mano, sin usar herramientas adicionales. Dicho modo de acoplamiento es simple y ahorra tiempo, y puede implementarse, en particular, mediante un encaje a presión. Una forma de realización de dicho mecanismo de encaje a presión se muestra en las Figs. 5 y 6.

Las Figs. 5 y 6 muestran vistas en perspectiva de un conjunto de rueda 20. El soporte 21 comprende cuatro bolas 24 que están montadas en el soporte con un resorte. Las bolas 24 encajan en hendiduras 16 correspondientes en la carcasa 4 (véase la Fig. 2) de modo que encajar las bolas 24 en las hendiduras 16 da lugar a una conexión mecánica entre el conjunto de rueda 20 y la carcasa 4. De forma alternativa, dicho mecanismo de encaje a presión puede implementarse mediante imanes en el soporte 21 y en la carcasa 4. Además, el soporte 21 comprende un tornillo 25 que está adaptado para enclavarse con el segundo conector 11 de la carcasa 4. Por lo tanto, el tornillo 25 se puede usar para fijar el conjunto de rueda 20 en la carcasa 4. De manera ventajosa, el tornillo 25 se puede atornillar en la carcasa 4 manualmente, es decir, sin usar herramientas adicionales. El soporte 21 comprende además un enchufe 26 adaptado para establecer una conexión eléctrica entre el conjunto de rueda 20 y los componentes dentro de la carcasa 4 cuando se enchufa en el conector 10.

Preferentemente, el conjunto de rueda 20 comprende una suspensión 28 para la rueda 22. La suspensión 28 es elástica, por ejemplo implementada por un resorte, y está adaptada para presionar la rueda 22 contra la superficie del medio mientras el dispositivo 1 se mueve a lo largo del medio. Esto hace que la longitud de trayectoria y la información de posición determinadas a partir de mediciones del sensor de rotación de rueda 23 sean más precisas y fiables, por ejemplo, en caso de rugosidad superficial.

En un ejemplo que no forma parte de la invención, el dispositivo 1 puede comprender una unidad determinante de dirección. La Fig. 7 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo GPR de acuerdo con un ejemplo que incluye dicha unidad de determinación de dirección 30. La unidad de determinación de dirección 30 está conectada a la unidad de procesamiento 3 y está adaptada para determinar información de dirección. La información de dirección describe un ángulo entre la dirección de movimiento del dispositivo y la primera polarización. En ese caso, es ventajoso que el conjunto de rueda 20 comprenda un sensor de ángulo 27 (indicado en la Fig. 6) adaptado para detectar un ángulo entre el eje 22' de la rueda y el soporte 21. El sensor de ángulo 27 está conectado a la unidad de determinación de dirección 30 y puede ser, por ejemplo, un sensor de ángulo resistivo o capacitivo.

Como alternativa o además del sensor de ángulo 27 en el conjunto de rueda 20, la unidad de determinación de dirección 30 puede estar conectada a un sensor de dirección 31 que está adaptado para detectar la dirección de al menos uno del movimiento y una aceleración del dispositivo 1. El sensor de dirección 31 puede comprender al menos uno de los siguientes componentes: (i) Puede comprender una cámara 32, es decir, un codificador óptico, por ejemplo con una cámara CCD, con una vista de cámara dirigida, al menos parcialmente, hacia el lado inferior 6 de la carcasa 4. En ese caso, la unidad de determinación de dirección 30 está adaptada para determinar la información de dirección a partir de imágenes posteriores tomadas por la cámara 32, por ejemplo mediante técnicas de procesamiento de imágenes convencionales, con el fin de recuperar la dirección de movimiento y/o aceleración del dispositivo 1. De manera ventajosa, la superficie del medio presenta una textura que facilita la recuperación de la dirección. (ii) El sensor de dirección 31 puede comprender un acelerómetro 33, por ejemplo un componente piezoeléctrico, piezorresistivo o capacitivo. En ese caso, la unidad de determinación de dirección 30 está adaptada para determinar la dirección de aceleración del dispositivo. (iii) El sensor de dirección 31 puede comprender un sensor de brújula 34, es decir, un sensor que mide una cantidad indicativa de la orientación del sensor con respecto a una dirección de campo magnético en el área circundante, por ejemplo del campo magnético de la Tierra. En general, el sensor de dirección 31 puede implementarse en un conjunto que se puede acoplar a la carcasa 4 similar al conjunto de rueda 20, por ejemplo un conjunto con una cámara, o puede implementarse dentro de la carcasa 4, por ejemplo un acelerómetro integrado del dispositivo.

Si hay más de una información de dirección, preferentemente la unidad de procesamiento está adaptada para determinar información de dirección fusionada a partir de la información de dirección de diferentes sensores de dirección. La información de dirección (fusionada) indica la polarización de los datos de radar adquiridos, por ejemplo la polarización H o V. La información de dirección es útil para el procesamiento y/o la interpretación de los datos de radar con el fin de determinar una imagen de alta calidad del interior del medio. El procesamiento y/o la interpretación pueden tener en cuenta, por ejemplo, la polarización de los datos de radar adquiridos y/o diferir dependiendo de dicha

polarización. Por lo tanto, se prefiere que la información de dirección se almacene y/o transmita junto con los datos de radar.

En general, la información de dirección no solo indica la polarización de los datos de radar adquiridos, sino que también se puede usar para reconstruir la trayectoria de medición, es decir, la trayectoria real a lo largo de la cual se mueve el dispositivo durante la adquisición de los datos. Además, la información de dirección puede comprender información acerca de la orientación en la que se usa el dispositivo, por ejemplo, en el suelo, en una pared, en una superficie inclinada o en una configuración por encima de la cabeza. Dicha información puede ser evaluada por el usuario y/o el fabricante y puede proporcionar al usuario información de medición e interpretación, así como respaldar el desarrollo adicional del dispositivo y/o de métodos de adquisición.

Además, la unidad de procesamiento 3 está adaptada para controlar la antena 2 y para recibir los datos de radar desde la antena 2, así como al menos una de información de posición del sensor de rotación de rueda 23, si está presente, e información de dirección de la unidad de determinación de dirección 30, si está presente (véase la Fig. 7). Los datos de radar pueden almacenarse en una memoria interna 40 del dispositivo 1 o transmitirse a través de una unidad de comunicación 13 junto con al menos una de la información de posición y la información de dirección. Para ese propósito, el dispositivo puede comprender además, preferentemente, una unidad de comunicación 13 adaptada para transmitir los datos de radar a una unidad informática remota a través de una conexión inalámbrica, por ejemplo, a través de Wi-Fi 802. 11a/b/g/n o Bluetooth. La unidad informática remota puede ser, por ejemplo, un ordenador convencional o un iPad, preferentemente equipado con un software para procesar los datos de radar y/o para determinar una imagen de la estructura interior del medio a partir de los datos de radar.

Preferentemente, la antena 2 es una fuente de radar con una gama de frecuencias comprendida entre 50 MHz y 8000 MHz, en particular entre 400 MHz y 6000 MHz. En particular, la unidad de procesamiento 3 está configurada para controlar la antena 2 para emitir una onda continua de frecuencia escalonada (SFCW).

En este ejemplo, que no forma parte de la invención, no es necesario que el dispositivo 1 comprenda todas las unidades que se muestran en el diagrama de bloques de la Fig. 7. Si bien la antena 2 y la unidad de procesamiento 3 son partes esenciales, diferentes ejemplos comprenden solo uno o ambos del sensor de rotación de rueda 23 y la unidad de determinación de dirección 30.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, un sistema GPR autónomo para adquirir datos de radar comprende el dispositivo de acuerdo con la invención, así como una unidad de suministro de energía 50 adaptada para suministrar energía al dispositivo 1. Si bien se puede suministrar energía al dispositivo 1 a través de la ranura 14, por ejemplo a través de un cable USB-C (véase la Fig. 1), puede ser ventajoso que en determinadas aplicaciones la unidad de suministro de energía 50 esté acoplada al dispositivo 1.

Las Figs. 8 y 9 muestran vistas en perspectiva de un sistema GPR autónomo 60, que no es una forma de realización de la invención, que comprende una unidad de suministro de energía 50 en forma de un paquete de baterías 51. Preferentemente, el paquete de baterías 51 se puede acoplar manualmente a la carcasa 4, por ejemplo mediante un mecanismo de encaje a presión. En un ejemplo particular, el mecanismo de encaje a presión se implementa mediante imanes, por ejemplo, tres imanes. El paquete de baterías 51 puede comprender baterías convencionales, por ejemplo, baterías recargables de NiMH. Esto tiene la ventaja de que dichas baterías están disponibles prácticamente en cualquier lugar y de que el sistema puede transportarse fácilmente, incluso, por ejemplo, en aviones. De manera ventajosa, el paquete de baterías 51 tiene una altura de menos de 2 cm medida desde el lado superior 5 del dispositivo 1. De este modo, el sistema autónomo 60 es de tamaño reducido y ligero para que resulte manejable y pueda funcionar en zonas inaccesibles, tal como, por ejemplo, las esquinas de estructuras de construcción, debajo de las tuberías o en situaciones por encima de la cabeza. Además, el paquete de baterías 51 puede comprender un tubo de luz 52, en donde el color o patrón de iluminación de uno o más LED indica un estado de funcionamiento del dispositivo 1, tal como, por ejemplo, "arrancando", "encendido", "listo para adquirir datos" o "adquiriendo datos". El uno o más LED pueden estar ubicados en la carcasa 4 o en el paquete de baterías 51. Las Figs. 10 y 11 muestran vistas en perspectiva del sistema de las Figs. 8 y 9, que comprende adicionalmente un conjunto de rueda 20 como se muestra, por ejemplo, en las Figs. 5 y 6. El sistema de las Figs. 10 y 11 es un sistema GPR autónomo de acuerdo con una forma de realización de la invención.

De forma ventajosa, el sistema GPR autónomo 60 comprende adicionalmente una varilla 61 para sostener el dispositivo 1 (véase la Fig. 9). Esto permite un funcionamiento más sencillo en zonas inaccesibles. En una forma de realización, la carcasa 4 del dispositivo 1 comprende un conector, por ejemplo, los segundos conectores 11 (véase la Fig. 1), y el sistema 60 comprende además una varilla 61 con un elemento de unión 62 que se puede acoplar, en particular que se puede acoplar manualmente, al conector. En una forma de realización, la varilla 61 se puede atornillar a tres de los cuatro segundos conectores 11, uno en cada pared lateral de la carcasa 4. La varilla 61 está adaptada para sostener el dispositivo. Preferentemente, el elemento de unión 62 comprende un elemento de unión esférico 63, lo que facilita que el dispositivo 1 siga la superficie del medio mientras se mueve a lo largo del medio. Además, es ventajoso que la varilla 61 comprenda una varilla telescópica, cuya longitud pueda ajustarse, por ejemplo hasta 2 m de longitud.

En una forma de realización, el sistema GPR 60 comprende adicionalmente un sensor inductivo 64 adaptado para detectar un campo electromagnético (véase la Fig. 11). En particular, el sensor inductivo 64 está adaptado para determinar la presencia de un cable o de una tubería a partir del campo electromagnético detectado. Preferentemente, el sensor inductivo 64 convierte la intensidad de un campo magnético o eléctrico en un valor proporcional, que puede evaluarse en lo que se refiere a la presencia de un cable o tubería. Para ese propósito, el sensor inductivo 64 puede funcionar de forma pasiva, es decir, sin transmitir un campo electromagnético. En particular, el sensor inductivo 64 está adaptado para detectar un campo eléctrico o magnético a una frecuencia entre 45 Hz y 65 Hz, preferentemente alrededor de 55 Hz, con el fin de poder detectar cables con corrientes de CA a 50 Hz o 60 Hz. En una forma de realización diferente, el sensor inductivo 64 puede adaptarse para transmitir un campo electromagnético, que en particular induce corrientes eléctricas en los objetos metálicos, por ejemplo cables o tuberías, en las proximidades. Dicha transmisión activa facilita la localización de objetos que no son cables con corriente, en donde un cable con corriente es un cable con una carga, es decir, que transporta corriente eléctrica. En ese caso, se utiliza preferentemente un generador de señales para generar una excitación del objeto, en particular en donde una frecuencia de traza de la excitación está comprendida entre 400 Hz y 800 Hz o entre 4 kHz y 150 kHz. En general, el sensor inductivo 64 se puede acoplar, preferentemente, al dispositivo 1 a través de un soporte 65. El mecanismo del soporte 65 puede ser similar al del soporte 21 del conjunto de rueda (véase anteriormente), es decir, preferentemente se puede acoplar manualmente, por ejemplo mediante encaje a presión. De manera adicional o alternativa, el sensor inductivo 64 puede fijarse en el dispositivo 1 con un tornillo que puede atornillarse en el segundo conector 11. Una conexión eléctrica entre el sensor inductivo 64 y el dispositivo 1, en particular con la unidad de procesamiento 3, se establece preferentemente a través del conector 10.

Aún otro aspecto de la invención se refiere a un método para adquirir datos de radar acerca de un medio. La Fig. 12 muestra un diagrama de flujo del mismo de acuerdo con una forma de realización de la invención. El método es para hacer funcionar el dispositivo o el sistema de acuerdo con la invención. El método comprende las siguientes etapas S1 a S5 y, opcionalmente, de manera adicional, la etapa S6:

Etapas S1: Mover el dispositivo GPR que comprende la antena de radar a lo largo del medio. En la mayoría de los casos, "moverse a lo largo del medio" debe entenderse como moverse / ser empujado / arrastrarse a lo largo de una trayectoria de medición en la superficie del medio, en particular en donde el lado inferior de la carcasa hace contacto con la superficie. Sin embargo, en aplicaciones especiales, la carcasa del dispositivo puede no hacer contacto directo con la superficie. En una forma de realización, el dispositivo o el sistema está montado en un vehículo que sigue la trayectoria de medición, por ejemplo, un dron, lo que facilita la adquisición de datos de radar en un área grande o inaccesible de otro modo.

Etapas S2: Emitir repetidamente ondas de radar de una primera polarización en el medio a través de la antena. Las ondas de radar pueden emitirse como pulsos de radar, una onda continua o una onda continua de frecuencia escalonada. La primera polarización está definida por la antena y el control de la antena a través de la unidad de procesamiento.

Etapas S3: Recibir repetidamente ondas de radar a través de la antena. Las ondas de radar reflejadas por el medio, por ejemplo por los límites entre regiones de diferente permitividad dieléctrica relativa en el medio, son recibidas por la misma antena que emite las ondas de radar. Sin embargo, también es factible, en ejemplos que no forman parte de la invención, separar una antena emisora de una antena receptora. Las etapas S2 y S3 se repiten varias veces al adquirir mediciones de radar.

Etapas S4: Convertir las ondas de radar recibidas en datos de radar, en particular en donde los datos de radar son una representación de las ondas de radar como una señal eléctrica. La etapa S4 puede comprender convertir datos analógicos en datos digitales como preparación para el almacenamiento, transmisión o procesamiento de datos.

Etapas S5: Cambiar un ángulo entre una dirección de movimiento del dispositivo y la primera polarización, y repetir las etapas anteriores S1 a S4. Al cambiar dicho ángulo, se cambia la polarización de los datos de radar, por ejemplo de la polarización H a la polarización V o viceversa. La adquisición de datos de radar de diferente polarización puede producir imágenes de mayor calidad del interior del medio. En particular, las ondas de radar de diferente polarización pueden penetrar en el medio hasta una profundidad diferente, es decir, a una distancia de la antena, dependiendo de las propiedades de reflexión y/o absorción del medio. Por lo tanto, los datos de radar con diferentes polarizaciones pueden presentar una alta resolución en diferentes intervalos de profundidad. Preferentemente, cambiar el ángulo entre la dirección de movimiento del dispositivo y la primera polarización comprende pivotar un eje de una rueda con respecto a la primera polarización, en particular mediante un ángulo de pivote, y hacer girar la carcasa mediante el ángulo de pivote. En general, por ejemplo, si no hay ninguna rueda presente y, por lo tanto, de acuerdo con un ejemplo que no forma parte de la invención, el dispositivo puede hacerse girar mediante el ángulo de pivote y, a continuación, moverse a lo largo de la trayectoria de medición.

Etapas S6 (actualmente no forma parte de la invención): Determinar información de dirección descriptiva de un ángulo entre la dirección de movimiento del dispositivo y la primera polarización. Dicha información de dirección caracteriza la polarización de los datos de radar adquiridos, por ejemplo la polarización H o V. Por lo tanto, es un parámetro importante y puede respaldar el procesamiento y/o la interpretación de los datos de radar. La etapa S6 puede comprender la subetapa de detectar el ángulo entre la dirección del movimiento y la primera polarización por medio de un sensor de dirección. La información de dirección puede determinarse a partir de mediciones de diferentes sensores, por ejemplo un sensor de ángulo, una cámara, un acelerómetro o un sensor de brújula, como se describió anteriormente. La etapa S6 puede realizarse de manera adicional a la etapa S5.

Opcionalmente, el método puede comprender al menos una de las siguientes etapas (las líneas de flecha discontinuas

indican etapas opcionales):

Etapa S7: Generar un conjunto de datos que comprende los datos de radar y la información de dirección. A continuación, dicho conjunto de datos puede almacenarse en una memoria interna del dispositivo o transmitirse a una unidad informática remota como se describió anteriormente.

- 5 Etapa S8: Procesar los datos de radar teniendo en cuenta la información de dirección y, en particular, generar una imagen de una estructura, es decir, una estructura interior, del medio a partir de los datos de radar teniendo en cuenta la información de dirección. Como se describió anteriormente, dicho procesamiento puede dar lugar a una imagen de mayor calidad de la estructura que los métodos de procesamiento convencionales, en particular en el caso de las propiedades de reflexión y/o absorción anisotrópicas del medio.

10

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (1) de radar de penetración terrestre, GPR, reconfigurable para adquirir datos de radar acerca de un medio, que comprende

- una antena de radar (2) con una primera polarización,
- una unidad de procesamiento (3) conectada a dicha antena (2),
- una carcasa (4) alrededor de la antena (2) y la unidad de procesamiento (3),
- un conjunto de rueda (20) que comprende un soporte (21), una rueda (22) y un sensor de rotación de rueda (23), en donde el sensor de rotación de rueda (23) está conectado a la unidad de procesamiento (3), en donde un eje (22') de la rueda (22) pivota con respecto a la primera polarización,

en donde el sensor de rotación de rueda (23) está adaptado para detectar una longitud de trayectoria del movimiento del dispositivo (1),
en donde el dispositivo (1) presenta dos direcciones de movimiento preferidas con respecto a la primera polarización,

caracterizado por que

en donde el eje (22') de la rueda (22) presenta dos orientaciones estables, con respecto a la carcasa (4), que difieren en un ángulo de pivote (α),
en donde las orientaciones estables se logran por medio de un mecanismo de encaje a presión, implementado por una fuerza elástica o por una fuerza magnética, y
en donde el dispositivo (1) es un dispositivo de mano.

2. El dispositivo de la reivindicación 1,
en donde la antena (2) está adaptada para emitir y recibir ondas de radar que se desplazan a través del medio, y para convertir las ondas de radar recibidas en datos de radar.

3. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en donde el sensor de rotación de rueda (23) está adaptado para determinar información de posición a partir de la longitud de trayectoria.

4. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en donde la unidad de procesamiento (3) está adaptada para controlar la antena (2) y para recibir los datos de radar, así como información de posición desde el sensor de rotación de rueda (23),
en donde, en particular, la unidad de procesamiento (3) está adaptada para generar un conjunto de datos que comprende los datos de radar y la información de posición.

5. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en donde otras orientaciones del eje (22') de la rueda (22) distintas de las dos orientaciones estables son inestables.

6. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en donde el ángulo de pivote (α) es de 90°.

7. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en donde el conjunto de rueda (20) se puede acoplar de forma desmontable a la carcasa (4),
en donde, en particular, el conjunto de rueda (20) se puede acoplar manualmente, en particular mediante encaje a presión.

8. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en donde la carcasa (4) comprende paredes laterales, en particular cuatro paredes laterales (7, 8, 9, 9'),
en donde el conjunto de rueda (20) se puede acoplar a varias, en particular a al menos cuatro, de las paredes laterales,
en donde el conjunto de rueda (20) se puede acoplar manualmente, en particular mediante encaje a presión.

9. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en donde la antena (2) es una fuente de radar con una gama de frecuencias comprendida entre 50 MHz y 8000 MHz, en particular entre 400 MHz y 6000 MHz.

10. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
en donde la unidad de procesamiento (3) está configurada para controlar la antena (2) para emitir una onda continua de frecuencia escalonada.

11. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la longitud, la anchura y la altura de la carcasa (4) son inferiores a 10 cm.

5 12. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además

- una unidad de comunicación (13) adaptada para transmitir los datos de radar a una unidad informática remota a través de una conexión inalámbrica, en donde, en particular, la conexión inalámbrica comprende Wi-Fi o Bluetooth,
- 10 en donde, en particular, la unidad de comunicación (13) está ubicada en la carcasa (4).

13. Un sistema GPR autónomo (60) para adquirir datos de radar, que comprende

- el dispositivo (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
- 15 - una unidad de suministro de energía (50) conectada eléctricamente al dispositivo (1) y adaptada para suministrar energía al dispositivo (1),

en donde el sistema es autónomo en el sentido de que puede funcionar sin cables conectados, en donde, en particular, la unidad de suministro de energía (50) se puede acoplar al dispositivo (1), en particular, se puede acoplar manualmente.

14. El sistema de la reivindicación 13,

en donde la carcasa (4) del dispositivo (1) comprende un conector (11), que comprende además

- 25 - una varilla (61) con un elemento de unión (62) que se puede acoplar a, en particular que se puede acoplar manualmente a, el conector (11), en donde la varilla (61) está adaptada para sostener el dispositivo (1),
- 30 en donde, en particular, el elemento de unión (62) comprende un elemento de unión esférico (63) y, en particular, en donde la varilla (61) comprende una varilla telescópica.

15. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 14, que comprende además

- 35 - un sensor inductivo (64) adaptado para detectar un campo electromagnético, en particular adaptado para determinar la presencia de un cable o de una tubería a partir del campo electromagnético detectado.

16. Un método para adquirir datos de radar acerca de un medio, para hacer funcionar el dispositivo GPR (1) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 o el sistema (60) de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, que comprende las etapas de

- 40 - mover el dispositivo GPR (1) que comprende la antena de radar (2) a lo largo del medio,
- emitir repetidamente ondas de radar de la primera polarización en el medio a través de la antena (2),
- recibir repetidamente ondas de radar a través de la antena (2),
- convertir las ondas de radar recibidas en datos de radar,
- 45 - cambiar un ángulo entre una dirección de movimiento del dispositivo (1) y la primera polarización, y repetir las etapas anteriores.

17. El método de la reivindicación 16,

en donde cambiar el ángulo entre la dirección de movimiento del dispositivo (1) y la primera polarización comprende pivotar el eje (22') de la rueda (22) con respecto a la primera polarización.

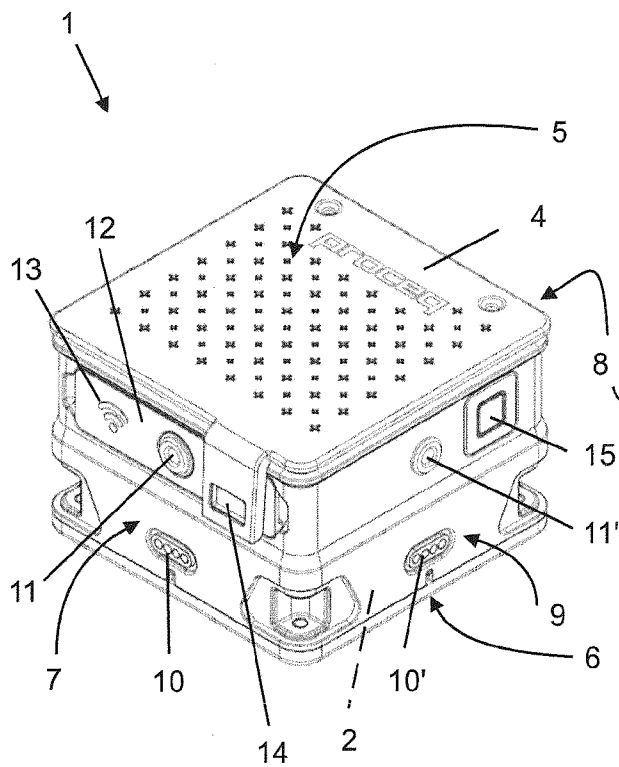


Fig. 1

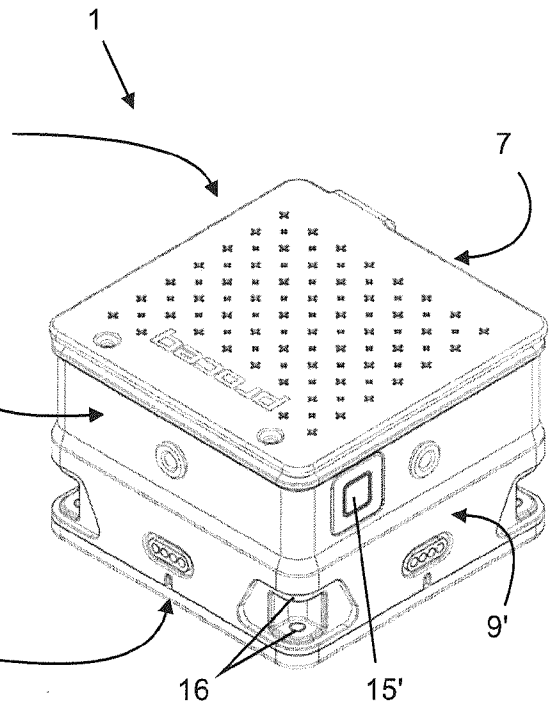


Fig. 2

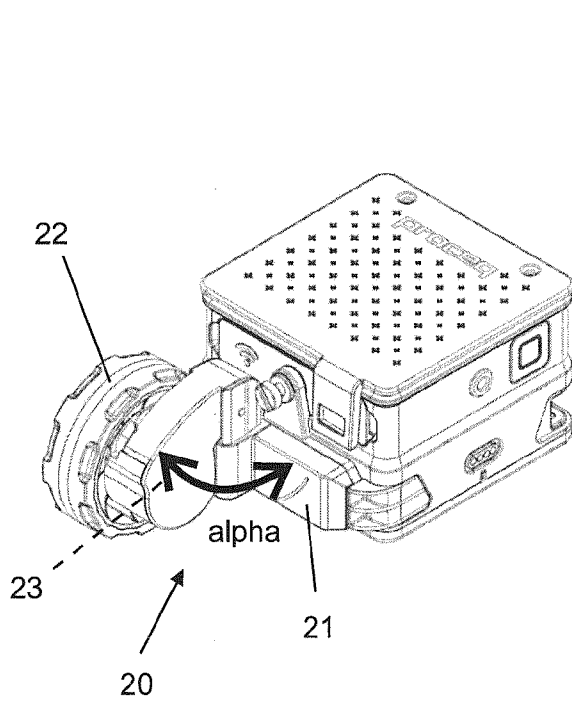


Fig. 3

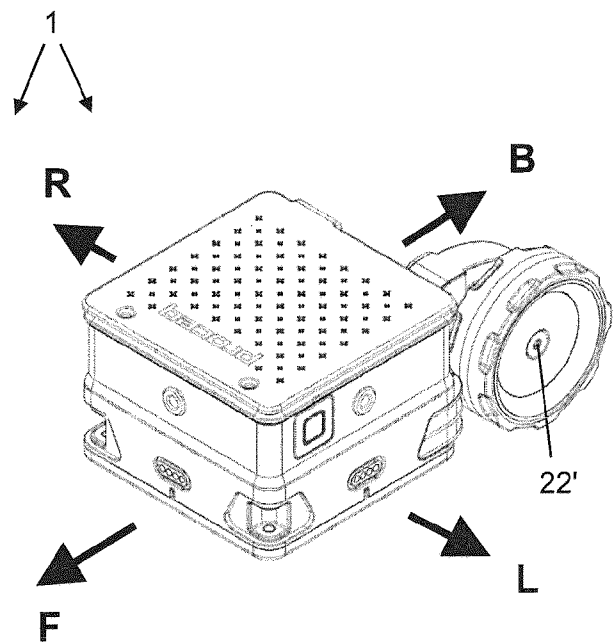


Fig. 4

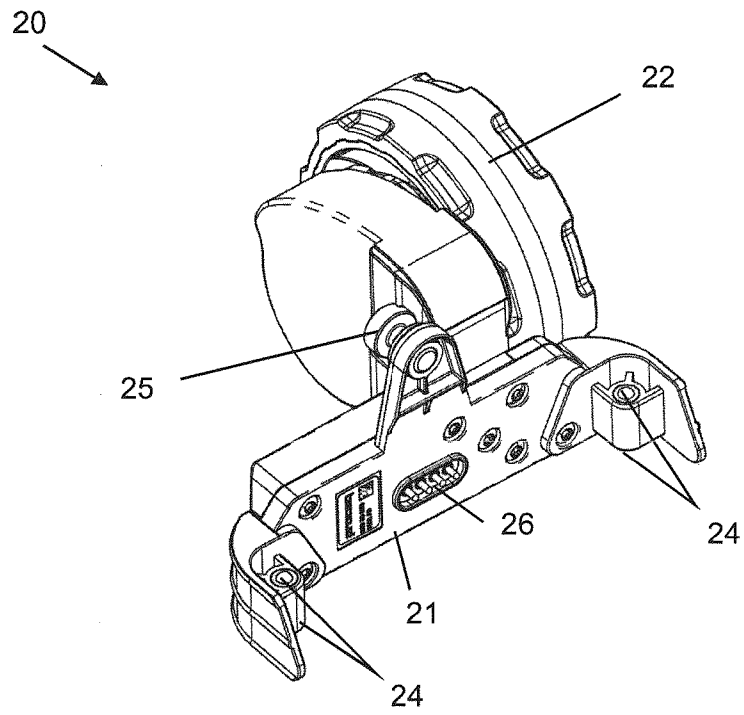


Fig. 5

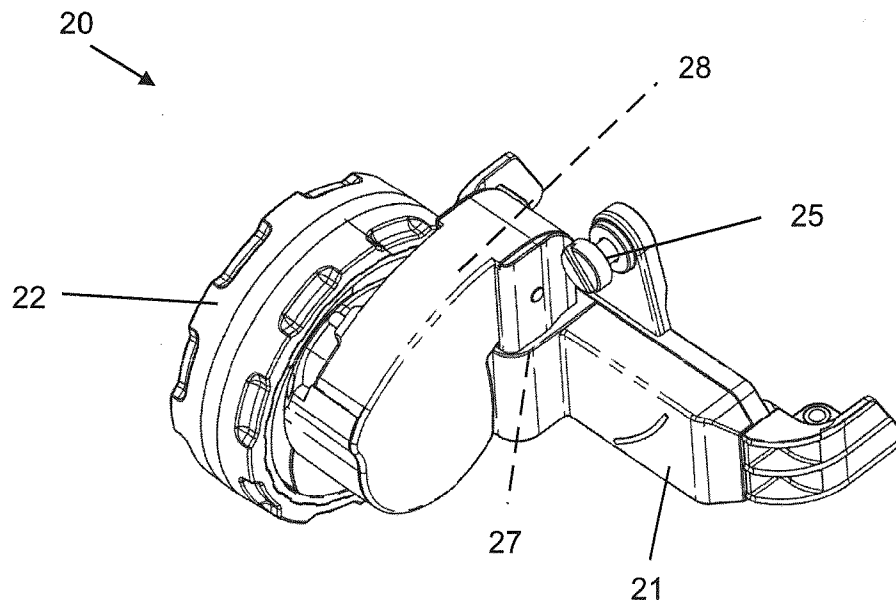


Fig. 6

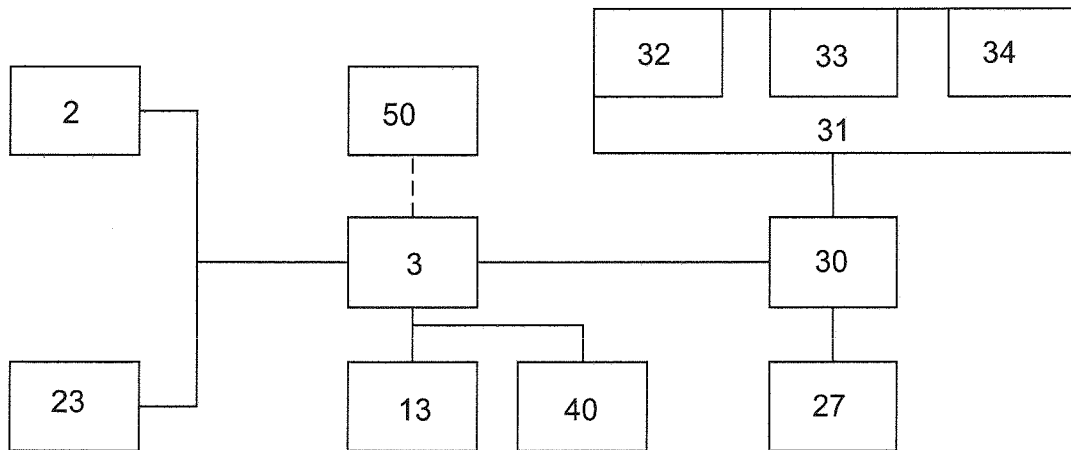


Fig. 7

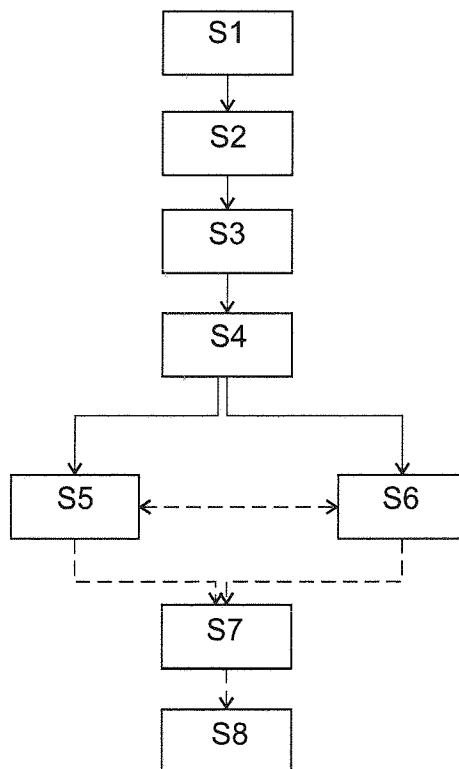


Fig. 12

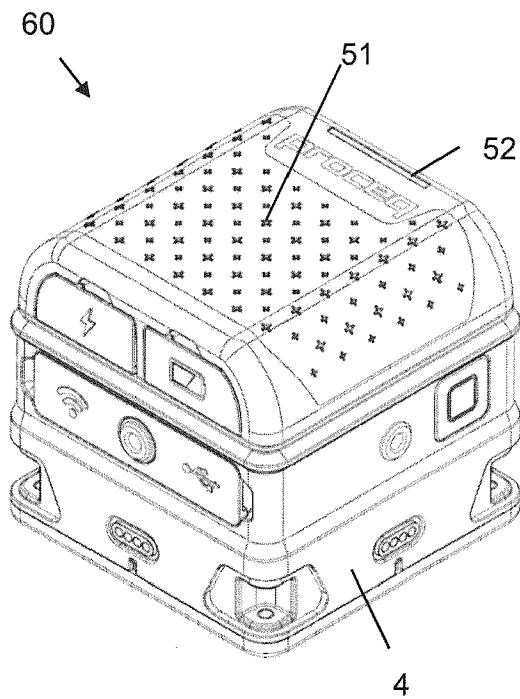


Fig. 8

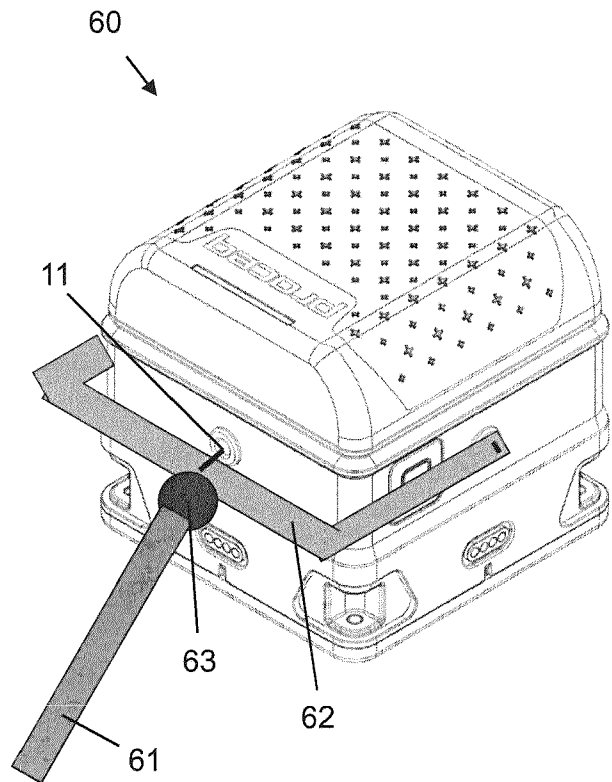


Fig. 9

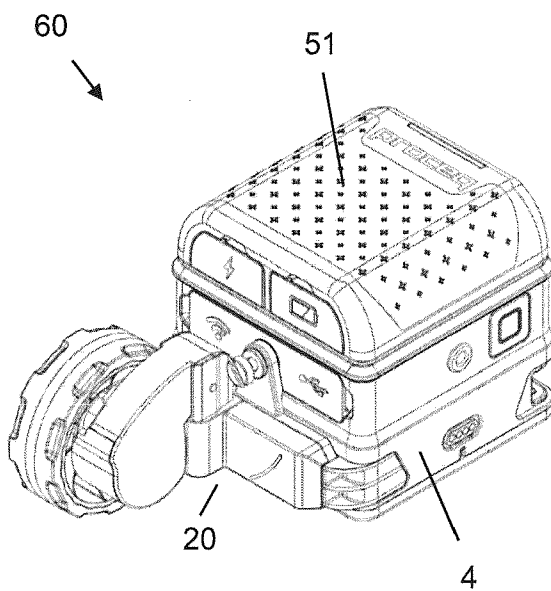


Fig. 10

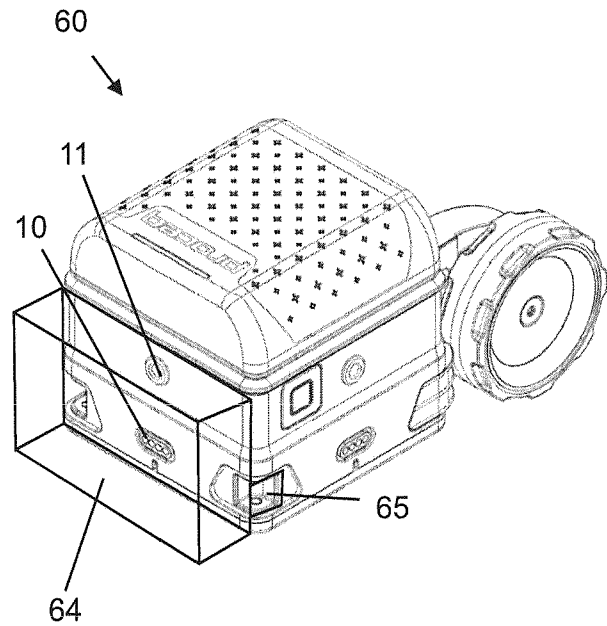


Fig. 11