

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 788**

51 Int. Cl.:

H04B 13/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.10.2014 PCT/IB2014/065712**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.05.2015 WO15063717**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2014 E 14812608 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2017 EP 3063886**

54 Título: **Nodo emisor de señales radioeléctricas controlado por potencia de emisión**

30 Prioridad:

01.11.2013 EP 13397535

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

25.09.2017

73 Titular/es:

**SOIL SCOUT OY (100.0%)
Eskolantie 1
00720 Helsinki, FI**

72 Inventor/es:

TIUSANEN, JOHANNES

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 633 788 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

Nodo emisor de señales radioeléctricas controlado por potencia de emisión

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un nodo emisor de señales radioeléctricas configurado para emitir una señal radioeléctrica con una potencia de emisión radioeléctrica cuando está enterrado en el suelo, comprendiendo dicho nodo:

- 10 - una antena;
 - un circuito electrónico integrado que se conecta eléctricamente a la antena usando una línea de alimentación; y
 - al menos un sensor para generar unos datos de medición; mientras que el circuito integrado se configura para operar la antena para emitir la señal radioeléctrica que contiene los datos de emisión de forma periódica o tras recibir una solicitud inalámbrica. La invención se refiere además a un sistema de sensor con al menos uno de dichos nodos.
 15

Antecedentes de la invención

20 Los nodos emisores de señales radioeléctricas subterráneos inalámbricos se han empleado para monitorizar parámetros del suelo durante periodos de tiempo más largos. Por lo general, también se hace referencia a dichos nodos como "exploradores del suelo" y encuentran diferentes aplicaciones en aplicaciones agrícolas. Los nodos se emplean para monitorizar, por ejemplo, la humedad o la temperatura usando los sensores correspondientes. No obstante, debido a que se entierran bajo tierra, sobretodo en campos u otras zonas agrícolas, se ha realizado mucho esfuerzo en el pasado para transmitir apropiadamente los datos de medición de los sensores a una estación radioeléctrica o una unidad radioeléctrica que recopila los datos de medición a ciertos intervalos de tiempo a lo largo de un periodo de tiempo más largo, como meses o incluso años.
 25

En el foco de la investigación y el desarrollo estaba convencionalmente la alta atenuación causada por el suelo y sus efectos en el diseño de las antenas. Debido a que el nodo se ha de instalar justo por debajo de la profundidad de arada o una profundidad que sea suficiente para protegerlo, se ha de emplear una potencia de emisión radioeléctrica considerable con el fin de transmitir los datos de medición a través del suelo y también a través del aire con el fin de alcanzar la estación radioeléctrica o cualquier otra unidad radioeléctrica que recopile los datos de medición.
 30

En el trabajo de investigación "*Validation and results of the soil scout radio signal attenuation model*" ("Validación y resultados del modelo de atenuación de señal radioeléctrica de los exploradores del suelo"), Biosystems Engineering 97 (2007) 11/19 por J. Tiusanen, ya se consideraron los problemas anteriormente mencionados del monitoreo en el subsuelo en la agricultura. Se reconoció que un nodo con un intervalo conveniente de operación necesitaría emitir con una potencia que violaría los reglamentos de banda radioeléctrica.
 35

40 Sumario de la invención

En esta tecnología, bastante nueva, el inventor de la presente invención ha reconocido que la potencia de emisión de los nodos, de hecho, viola en muchos casos los reglamentos actuales de la banda radioeléctrica en la mayoría de los países. Existe un peligro considerable de que este nodo se lleve hasta la superficie del suelo durante la acción de arada, en donde emitiría sin suficiente atenuación del suelo. Incluso a pesar de que los nodos emisores de señales radioeléctricas se emplean por lo general solo durante un par de milisegundos para solicitar y enviar los datos de medición deseados sería inevitable la violación de los reglamentos de banda radioeléctrica.
 45

Un objetivo de la invención consiste en el deseo de cumplir con los reglamentos actuales de la banda radioeléctrica en los países respectivos en los que se despliegan los nodos.
 50

Otro objetivo de la invención es identificar rápidamente los nodos emisores de señales radioeléctricas, que se han desplazado de su posición propuesta dentro del suelo. Estos nodos también entregarían de forma inevitable datos de medición incorrectos, o bien debido a que el sensor está midiendo en la superficie o bien debido a que el sensor se ha dañado o desconectado del nodo. Con el tiempo, ambos casos conducirían a una toma de decisiones agrícolas inapropiadas.
 55

De acuerdo con la invención, se configura un nodo emisor de señales radioeléctricas para emitir una señal radioeléctrica con una potencia de emisión radioeléctrica cuando está enterrado en el suelo, comprendiendo dicho nodo:
 60

- una antena;
 - un circuito electrónico integrado que se conecta eléctricamente a la antena usando una línea de alimentación; y
 - al menos un sensor para generar unos datos de medición;
 65

mientras que el circuito integrado se configura para operar la antena para emitir la señal radioeléctrica que contiene dichos datos de medición de forma periódica o tras recibir una solicitud inalámbrica.

5 Los objetivos deseados se alcanzan por el nodo emisor de señales radioeléctricas que se configura para permitir que un medio circundante del suelo influya sobre el campo cercano de la antena, cuando dicho nodo está enterrado en el suelo. El nodo emisor de señales radioeléctricas se ha configurado además para disminuir la potencia de emisión radioeléctrica o para impedir la emisión de señales radioeléctricas en el caso de que se retire la influencia del medio circundante sobre el campo cercano, cuando dicho nodo se retira del suelo. En otras palabras, el nodo emisor de señales radioeléctricas se configura para acoplar la potencia radioeléctrica emitida de la antena al suelo
10 en el campo cercano electromagnético, siempre que dicho nodo esté enterrado en el suelo, pero además el nodo se configura para disminuir la potencia de emisión radioeléctrica o para impedir que el campo cercano se acople a un medio circundante del suelo.

15 Con el término suelo se hace referencia a la tierra en el sentido más general. El suelo puede comprender o consistir en roca, piedras, tierra, arena, humus o sustancias orgánicas, en particular, el suelo puede consistir en una mezcla de sustancias que incluyen los microorganismos que viven en el mismo. Por lo tanto, el suelo también puede comprender o consistir en césped, abono o similares.

20 La potencia de emisión radioeléctrica del nodo debe ser alta debido a que, cuando está enterrado en el suelo, debe generar una señal radioeléctrica medible, que ha de viajar a través del suelo y después en el aire. La potencia de emisión se disminuye, una vez que la retirada con respecto al suelo daría lugar a una señal radioeléctrica de muy alta potencia en el aire, que generalmente no cumple con los reglamentos de banda radioeléctrica.

25 Dependiendo de la profundidad de arada, los nodos emisores de señales radioeléctricas se colocan a unas profundidades del suelo de convencionalmente 10 cm, 25 cm o 40 cm. La posición depende de la aplicación respectiva y, desde luego, puede diferir de dichas profundidades del suelo. En consecuencia, la potencia de emisión radioeléctrica operacional en el suelo también puede variar dependiendo de la profundidad asignada.

30 El campo cercano de la antena y/o línea de campo hace referencia a la región circundante de la antena definida por aproximadamente la mitad de la longitud de onda de la radiación emitida. El nodo pasa el campo cercano fuera del medio circundante, que pertenece al suelo y puede tener influencia sobre el campo cercano de la antena y/o línea de campo. El nodo permite que el campo cercano se superponga con el medio circundante al comprender la forma correspondiente, en particular, un alojamiento particular alrededor de la antena y/o línea de alimentación.

35 El al menos un sensor genera unos datos de medición, que permiten que se extraigan conclusiones acerca de las condiciones del suelo en la proximidad del nodo. El al menos un sensor proporciona los datos de medición al nodo emisor de señales radioeléctricas y el nodo integra los datos de medición en su señal radioeléctrica.

40 Debido a que los nodos emisores radioeléctricos están destinados a permanecer en el suelo durante muchos años, la acción de arada y la erosión continuadas pueden conducir a un cambio considerable de la posición del nodo, que entonces se puede monitorizar o, al menos, el nodo puede adoptar las medidas necesarias para impedir toda violación de los reglamentos radioeléctricos.

45 Una realización preferida del nodo tiene una batería que suministra energía al circuito integrado. Es ventajoso elegir baterías con una larga vida útil, con el fin de reducir los esfuerzos de mantenimiento o incluso evitar todo mantenimiento que no sea colocar los nodos bajo tierra y retirarlos al final de la vida útil de la batería.

50 En una realización preferida del nodo, el nodo emisor de señales radioeléctricas se ha adaptado para disminuir la potencia de emisión radioeléctrica o para impedir la emisión de señales radioeléctricas en el caso de que se retire la influencia del medio circundante sobre el campo cercano, cuando dicho nodo se retira del suelo, de una forma pasiva.

55 La acción del nodo se emprende sin detección activa alguna del incremento de potencia de emisión radioeléctrica o un cambio de impedancia. Simplemente la retirada del medio circundante del suelo crea la condición necesaria para dar lugar al ajuste de la potencia de emisión radioeléctrica. Eso se lleva a cabo al retirar la influencia del medio circundante sobre la antena, la línea de alimentación o el circuito integrado o cualquier otro componente del nodo.

60 De forma ventajosa, el nodo se configura para atenuar la potencia de emisión radioeléctrica o incluso apagar completamente la emisión de señales radioeléctricas, dependiendo de la posición no deseada del nodo dentro o por encima del suelo. Por ejemplo, si el nodo se ha sacado por la acción de arada, o de otro modo, a la superficie del suelo, en la mayoría de los casos es aconsejable detener completamente la emisión radioeléctrica. Como alternativa, la emisión radioeléctrica se atenúa a un grado que sigue cumpliendo con los reglamentos generales de la banda radioeléctrica. Asimismo, se puede atenuar la potencia de emisión radioeléctrica de acuerdo con un grado de la cobertura del suelo restante del nodo para cumplir los reglamentos radioeléctricos en el aire.

65

De forma ventajosa, se ha implementado la adaptación de la potencia de emisión, al menos en parte, mediante la utilización de la contribución de permitividad y/o permeabilidad del suelo a la impedancia de operación de la antena y/o su línea de alimentación. También se puede hacer uso en consecuencia de otras cualidades del suelo, tales como la permeabilidad o similares.

5 En una realización preferida, un cambio del estado enterrado a un estado desenterrado del nodo da lugar a un cambio de impedancia de la antena y/o su línea de alimentación, convirtiendo la impedancia operacional en una impedancia no adaptada. La impedancia operacional de la antena y/o su línea de alimentación se optimiza para la emisión radioeléctrica cuando se cubre por una capa del suelo. La capa de suelo puede tener diferentes influencias en el nodo emisor de señales radioeléctricas. Una de ellas, por ejemplo, es la atenuación de la señal radioeléctrica y otra es la posible influencia sobre la impedancia de la antena y/o su línea de alimentación, que se ve particularmente alterada si el suelo alcanza la región de campo cercano de la antena. En ambos casos, la antena se puede optimizar en términos de tamaño y dimensiones para una emisión radioeléctrica por debajo del suelo. El objetivo general es mantener la potencia de señal radioeléctrica aceptable en el aire circundante por encima del suelo. Si se desadapta la impedancia, se abandona el estado de la operación convencional del nodo. A pequeñas profundidades, la impedancia no adaptada puede indicar una profundidad incorrecta en el suelo, o bien demasiado profunda o bien demasiado cerca de la superficie. En particular, cuando se alcanza la superficie, la impedancia se desadapta para indicar el desplazamiento. A unas profundidades más grandes, la impedancia se verá afectada apenas, o nada en absoluto, por un desplazamiento del nodo emisor radioeléctrico, no obstante, la atenuación por el suelo se ve afectada ante todo.

En una realización preferida, debido a la impedancia no adaptada, la antena es operable con una baja potencia de emisión, es operable con una potencia de emisión permitida o no es operable. Dependiendo de la aplicación respectiva, se podría elegir la medida más útil. Por ejemplo, si no se desea la recolección de un nodo a una impedancia no adaptada, es de lo más conveniente detener la operación. No obstante, si el nodo aún pudiera contener datos de medición importantes, puede ser aconsejable una emisión continuada a un nivel de potencia permitido. Asimismo, si el nodo contiene sustancias contaminantes, se debería haber retirado del suelo para el final de su vida útil. Por lo tanto, se hace posible una recolección del nodo si la antena sigue siendo operable con una baja potencia de emisión.

En una realización preferida, el nodo comprende al menos un controlador de profundidad, y el nodo emisor de señales radioeléctricas se ha adaptado para disminuir la potencia de emisión radioeléctrica o para impedir la emisión de señales radioeléctricas en el caso de que se retire la influencia del medio circundante sobre el campo cercano, cuando dicho nodo se retira del suelo, de una forma activa en respuesta a unos datos de medición procedentes de dicho al menos un controlador de profundidad.

De forma ventajosa, dependiendo de unos datos de posición originados a partir de dicho al menos un controlador de profundidad, el nodo es operable con una baja potencia de emisión, es operable con una potencia de emisión permitida o no es operable. Se dieron posibles razones para las mediciones respectivas con respecto a la forma pasiva de detección. Las mismas también son de aplicación a la detección activa.

De forma ventajosa, el nodo, en particular el controlador de profundidad, genera unos datos de posición que contienen información acerca de la posición actual del nodo dentro del suelo. Se puede deducir la profundidad a partir de la impedancia de la antena y/o su línea de alimentación, o la varianza del ciclo diario de temperaturas. De esta forma, es posible identificar el movimiento relativo del nodo con referencia a la superficie del suelo durante periodos de tiempo más largos y actuar en consecuencia. Por lo tanto, por ejemplo, un usuario no ha de esperar hasta que el nodo se saque a la superficie completamente mediante la acción de arada. En su lugar, el mismo es capaz de decidir acerca de la retirada del nodo o una medida alternativa, tal como simplemente añadir más suelo en la superficie y corregir la posición del nodo de esta forma.

En una realización preferida, se detecta un cambio entre un estado cubierto y un estado no cubierto del nodo emisor de señales radioeléctricas mediante el nodo que mide un cambio de impedancia correspondiente de la antena y/o su línea de alimentación. Una vez que se ha superado un umbral de impedancia definido, tiene lugar el cambio de estados, lo que tiene lugar, por lo general, durante la acción de arada. De forma adicional, el nodo puede monitorizar o almacenar sus datos de posición del nodo.

En una realización preferida, la antena no es operable en el estado no cubierto debido al cambio de impedancia correspondiente de la antena y/o su línea de alimentación. De esta forma la antena, incluyendo su línea de alimentación, se puede hacer parte de una unidad de control o formar la propia unidad de control, que se usa para controlar y/o ajustar la potencia de emisión radioeléctrica. Esto es ventajoso, debido a que la unidad de control es fácilmente realizable dentro del circuito integrado.

Una posibilidad para adaptar la impedancia de operación es ajustar las dimensiones de la línea de alimentación en consecuencia, por lo cual la línea de alimentación se implementa preferiblemente como una línea de microcinta. Se alimenta la potencia radioeléctrica a la antena a través de la línea de alimentación, la impedancia de operación de la cual se ha adaptado al ajustar el ancho w de la línea de alimentación y la distancia h de una placa puesta a tierra de

tal forma que la impedancia de la línea de alimentación se adapta a la antena cuando hay suelo presente en el campo cercano de la línea de alimentación. Si el nodo se levanta fuera del suelo, se desintoniza la línea de alimentación. Por lo tanto, se impide una potencia de emisión radioeléctrica demasiado grande de una forma pasiva.

5 En una realización preferida, el circuito integrado se adapta para monitorizar la impedancia de la antena y/o su línea de alimentación y se habilita para iniciar una medición alternativa, preferiblemente una señal acústica tras la solicitud inalámbrica, si se supera un umbral de impedancia. También se pueden usar otras señales para indicar que el nodo se ha desplazado dentro del suelo. El circuito integrado también se puede adaptar para seguir registrando datos en un almacenamiento integrado del circuito integrado con el fin de permitir la lectura en un momento posterior. Una
10 medida alternativa también es un elemento fluorescente o etiqueta fluorescente, que se activa por encima del suelo, estando el elemento o bien alimentado por el nodo o bien, como alternativa, por el sol o una fuente de luz ultravioleta. Por lo tanto se puede mejorar de forma sustancial la visibilidad del nodo sobre la superficie del suelo para encontrar el nodo desplazado de forma más fácil. Debido a que el propio nodo no tiene mucha energía eléctrica después de un periodo más largo de uso, es mejor hacer que el sol cargue el elemento fluorescente, que ha salido
15 del subsuelo junto con el nodo, con energía óptica, permitiendo que el usuario reconozca el nodo durante la noche. Se puede buscar de forma activa el nodo etiquetado usando la fuente de luz ultravioleta, que suministra energía al elemento fluorescente en el momento en que esta brilla sobre el mismo. De forma ideal, el elemento fluorescente comprende o consiste en una cinta fluorescente o un revestimiento superficial fluorescente.

20 De forma ventajosa, el ancho w de la línea de alimentación es de entre 1 y 2 mm, preferiblemente 1,5 mm. También en el presente caso, se tienen en cuenta las condiciones de emisión así como las condiciones para el suministro de la corriente alterna. En el experimento, se halló que dichas dimensiones de la línea de alimentación son muy efectivas.

25 En una realización preferida, la línea de alimentación forma una línea recta a través de toda o casi toda su longitud L en el plano conductor de la antena. Preferiblemente, la línea de alimentación también se puede conectar con otro plano conductor de una placa de circuito de múltiples capas. Sobre tales placas, también se hace referencia a los planos conductores como capas.

30 En una realización preferida, la antena es una antena de monopolo con un diámetro D y la línea de alimentación que tiene una longitud L de línea de alimentación de un 60 % a un 80 % del diámetro D , que es $0,6 * D \leq L \leq 0,8 * D$. La línea de alimentación tiene la tarea de conectar la antena de monopolo con un amplificador y por lo tanto permitir las oscilaciones eléctricas dentro de la antena de monopolo necesarias para la transmisión radioeléctrica. El diseño de la línea de alimentación también influye sobre los campos magnéticos y eléctricos dentro del campo cercano de la
35 antena y por lo tanto debe ser de la longitud ideal L como se confirma en el experimento.

En una realización preferida, el al menos un sensor está completa o parcialmente integrado en el circuito integrado. También puede variar el número de sensores. De forma ideal. El número varía entre uno, dos o tres sensores, que se pueden colocar o integrar en el circuito integrado por diferentes razones. El hecho de tener múltiples sensores
40 con el nodo emisor de señales radioeléctricas evita los problemas de mantenimiento no deseados en el caso de que un sensor falle durante el periodo de vida útil del nodo. Entonces, simplemente uno o dos de otros sensores toman el lugar del sensor roto. Como alternativa, puede ser útil considerar datos de medición, que se tomaron en diferentes ubicaciones de sensor, como en la parte superior del nodo emisor de señales radioeléctricas y/o por debajo del mismo. Por esa razón, puede ser útil no integrar el al menos un sensor en el circuito integrado del nodo, sino hacer
45 que se conecten usando un cable con el fin de lograr una cierta distancia entre los sensores que conduzca a unos datos de medición más fiables. No obstante, en algunas aplicaciones esto puede ser problemático, debido a que una conexión de cables siempre presenta el riesgo de que la humedad entre en el alojamiento del nodo emisor de señales radioeléctricas y, de ese modo, lo destruya a lo largo de un periodo de tiempo más largo. Por lo tanto, la integración del al menos un sensor en el circuito integrado del nodo emisor de señales radioeléctricas puede ser una
50 solución más segura.

En una realización preferida, el al menos un sensor es un sensor de parámetros del suelo, por ejemplo, un sensor de humedad, un sensor de conductividad del suelo, un sensor de acidez o un sensor de temperatura. La elección del tipo de sensor depende de la respectiva aplicación o necesidades del usuario que toma las decisiones en el proyecto
55 respectivo. El nodo emisor de señales radioeléctricas se puede usar dependiendo de su al menos un sensor. Un nodo con un sensor de humedad se puede usar para el monitoreo de la humedad de pisos de edificios, cimientos y/o campos agrícolas, o para la detección de terraplenes contra inundaciones o socavación de erosión fluvial. Un nodo con un sensor de acidez se puede usar para monitorizar zonas industriales de fábricas de productos químicos o farmacéuticos para monitorizar contaminaciones no deseadas del suelo. También son posibles aplicaciones
60 adicionales en otras áreas técnicas o no técnicas, dependiendo del tipo del al menos un sensor.

En una realización preferida, el nodo emisor de señales radioeléctricas tiene un almacenamiento para datos de medición que se originan a partir del al menos un sensor. De hecho, el almacenamiento se puede usar para los
65 datos de medición de otros sensores para permitir un análisis de fallos en un momento posterior.

El análisis de fallos se puede iniciar por una solicitud inalámbrica o al retirar el nodo emisor de señales radioeléctricas de su posición en el suelo y conectarlo a un sistema de análisis. El almacenamiento también se puede usar para datos de posición de nodo. De esta forma los datos de medición tomados se pueden entender mejor al relacionarlos con los datos de posición de nodo.

5 En una realización preferida, las partes de circuito y antena del circuito integrado se colocan en lados opuestos de la placa de circuito de múltiples capas. La antena y las partes de circuito del circuito integrado se colocan en diferentes capas conductoras de una placa de circuito de múltiples capas, mientras que las capas respectivas son paralelas entre sí. Esto conduce a un nodo emisor de señales radioeléctricas, que es de pequeño tamaño y se puede colocar y manejar fácilmente.

15 En una realización preferida, el nodo comprende un revestimiento y/o una cubierta para definir una distancia mínima entre el suelo y la antena y/o la línea de alimentación en el estado enterrado, siendo el revestimiento y/o la cubierta, preferiblemente, una parte integrante de un alojamiento del nodo. Al definir la distancia mínima se puede controlar fácilmente la influencia del suelo en la impedancia operativa. También se puede pasar de forma ventajosa el campo cercano a través del medio circundante del suelo para dar los mejores resultados de acoplamiento.

20 Una realización preferida es un sistema de sensor con al menos un nodo emisor de señales radioeléctricas de acuerdo con la invención y una unidad radioeléctrica para solicitar y/u obtener unos datos de medición a partir del nodo. En particular, es extremadamente útil una unidad radioeléctrica móvil para encontrar y localizar nodos emisores de señales radioeléctricas y comprobarlos para el mantenimiento. Los datos de medición también se pueden recuperar por una unidad radioeléctrica móvil. Por el contrario, puede ser de interés una unidad radioeléctrica o estación radioeléctrica fija, debido a que el proceso de recuperación de datos de medición se puede hacer de forma automática, sin la interferencia de personal, conduciendo a un procedimiento muy rentable y también a uno más fiable.

Otras realizaciones favorables e implementaciones ventajosas de la invención se describen en los dibujos o las reivindicaciones dependientes.

30 Breve descripción de los dibujos

En lo sucesivo, la invención se explica con más detalle con referencia al ejemplo que se muestra en los dibujos adjuntos en las figuras 1 a 5, de las cuales:

35 la figura 1 muestra una placa de circuito de múltiples capas de un nodo emisor de señales radioeléctricas colocado por debajo del suelo,

la figura 2 muestra la placa de circuito de múltiples capas del nodo emisor de señales radioeléctricas de la figura 1,

40 la figura 3 muestra una placa de base no conductora de una segunda realización de un nodo emisor de señales radioeléctricas,

la figura 4 muestra el circuito integrado de la segunda realización de la figura 3,

45 la figura 5 muestra la placa de base no conductora de un nodo emisor de señales radioeléctricas con una línea de alimentación recta en la capa conductora de la antena, y

la figura 6 muestra un nodo emisor de señales radioeléctricas con sensores externos en comunicación con una unidad radioeléctrica estacionaria.

50 Los mismos números de referencia hacen referencia a los mismos componentes en todas las figuras.

Descripción detallada de la invención

55 La figura 1 muestra el nodo emisor de señales radioeléctricas 25 con cuatro capas conductoras. La capa 14 es la capa puesta a tierra (GND, *ground*) y la capa conductora exterior aloja la antena (que no se muestra) y su línea de alimentación 15. La elección de la distancia h es crucial para implementar la impedancia deseada de la línea de alimentación 15 que tiene el ancho w .

60 En la otra capa 22 se implementa un circuito integrado con diferentes componentes que tiene las funciones de hacer funcionar la antena, almacenar datos de medición, lectura de un sensor o similar. La placa de circuito de múltiples capas 11, en particular la línea de alimentación 15 se coloca en proximidad al suelo 10. Esto significa que, en el campo cercano, indicado por las líneas de campo magnético 13, el suelo 10 tiene influencia sobre la permitividad así como la susceptibilidad para influir sobre la impedancia de la antena y/o su línea de alimentación 15. En otras palabras, la antena y/o su línea de alimentación 15, así como la capa conductora puesta a tierra 14, se diseñan

tomando en cuenta la influencia del suelo 10 para una emisión de señales radioeléctricas óptima a una cierta profundidad del suelo.

5 La capa conductora 7 puede comprender un sensor integrado, tal como un sensor de humedad o un sensor de temperatura o un elemento de detección de otra forma, tal como una resistencia dependiente de la temperatura. Con el fin de ahorrar espacio, la capa 7 también puede contener partes o componentes del circuito integrado 22.

10 La figura 2 muestra la placa de circuito de múltiples capas 11 del nodo emisor de señales radioeléctricas 25 de la figura 1 en una perspectiva tridimensional. La antena de monopolo 20 se coloca en la misma capa conductora como la línea de alimentación 15, que tiene la tarea de conectar eléctricamente la antena 20 a una de las otras capas conductoras, en particular, la capa sobre el lado opuesto del nodo 25 que comprende el circuito integrado 22.

15 La placa de base no conductora 16 que comprende la antena 20 está hecha de fibra de vidrio y no tiene alguna relevancia conductora, al igual que las capas no conductoras 8, 9. Su grosor se puede elegir debido a la capacidad y/o consideraciones de estabilidad.

20 En la realización, la placa de base no conductora 16 y/o las capas no conductoras 8, 9 están hechas de fibra de vidrio FR-4, que es un material muy resistente al fuego. Como alternativa, la placa de base no conductora 16 y/o las capas no conductoras 8, 9 están hechas de politetrafluoroetileno (PTFE) o cualquier otro laminado aislante, resina, fibra de vidrio o similar.

25 La figura 3 muestra la placa de base no conductora 16 que comprende una antena de monopolo 20 y su línea de alimentación 18 de otro nodo emisor de señales radioeléctricas que difiere en la forma de su línea de alimentación 18. La línea de alimentación 18 y la antena de monopolo 20 son elementos de una capa conductora, que es la capa conductora más exterior de la placa de circuito de múltiples capas. La posición y guía de la línea de alimentación 18 con respecto a la capa conductora puesta a tierra 14 es crucial para las características de emisión. Es ventajoso tener las menos curvas posibles en la línea de alimentación 18. No obstante, en la realización de la figura 3 existe solo una curva en el plano conductor de la antena 20 con el fin de alcanzar el punto de conexión 19, que establece contacto eléctrico con el circuito integrado 22. Por lo tanto la línea de alimentación 18 es - hasta cierto grado - ajustable a los requisitos del circuito integrado 22.

30 También es ventajoso si se coloca el circuito integrado 22 sobre una capa conductora paralela de la placa de circuito de múltiples capas, en particular la capa más exterior opuesta con respecto a la capa conductora de la antena 20.

35 En la realización, la antena 20 tiene un diámetro de $D = 32$ mm y una longitud de línea de alimentación de $L = 24$ mm. La frecuencia de emisión de señales radioeléctricas es de 870 MHz. Debido a que la antena 20 se comporta casi como una antena de una lambda (onda completa), el campo cercano circunda la antena 20 en una distancia de aproximadamente 100 mm cuando el suelo está húmedo. En suelo seco en el campo cercano es más pequeño que 100 mm. Esto se confirma de forma experimental por la fuerte dependencia de impedancia en la profundidad entre 0 y 10 cm. Para profundidades más grandes la impedancia no cambia mucho, debido a que el campo cercano completo se rellena con el suelo.

40 Las frecuencias de emisión convencionales son de 500 MHz a 2 GHz, por lo cual alrededor de 1 GHz se puede lograr una muy buena eficiencia. Los nodos emisores de señales radioeléctricas de las figuras 3 a 5 se configuran para una frecuencia de portadora de 870 MHz. En el aire los nodos emisores de señales radioeléctricas pueden tener una potencia de emisión de 20 a 25 dBm (100 a 500 mW), durante una duración de unos cuantos milisegundos, que debe estar de acuerdo para la banda de frecuencia radioeléctrica mencionada en la mayoría de los países, pero puede ser demasiada para otros considerando los reglamentos locales del ancho de banda radioeléctrico.

45 La figura 4 muestra el circuito integrado 22 de la realización de la figura 3 que indica el punto de conexión 12, en donde la línea de alimentación 18 se conecta con el circuito integrado 22. El punto de conexión 12 se conecta eléctricamente al punto de conexión 19 de la figura 3. Además, existen diferentes componentes eléctricos, tal como resistores, condensadores y elementos conductores, que se pueden conectar eléctricamente el uno con el otro por la placa conductora del circuito integrado 22.

50 Los nodos emisores de señales 25, 38 de todas las figuras se muestran sin una batería de suministro de energía. No obstante, todos son conectables a una batería de suministro de energía. El nodo emisor de señales de la figura 4, por ejemplo, se puede conectar con el polo positivo de una batería en el contacto 21. Se propone que el área 27 aloje un puerto de conexión para la transferencia de datos y la programación del nodo emisor de señales radioeléctricas.

55 La figura 5 muestra otra realización de un nodo emisor de señales radioeléctricas con una placa de base no conductora 16, al igual que la placa de base no conductora 16 de los nodos emisores de señales radioeléctricas de las figuras 1, 2 y 3, mientras que la línea de alimentación 17 no tiene curvas en la capa conductora más exterior de la placa de circuito de múltiples capas. La longitud L es la longitud de la antena 20, que es de forma circular, al punto de conexión 23, que se usa para llevar el contacto eléctrico hasta una de las capas conductoras paralelas, de forma

ideal la capa del circuito integrado 22. La línea de alimentación 17 es muy recta y tiene por lo tanto un efecto positivo en las características de emisión.

5 La posición de la capa conductora puesta a tierra cercana 14 se indica por las líneas punteadas y muestra la proximidad de la antena 20 a la capa puesta a tierra 14, mientras que la mayor parte de la línea de alimentación 17 se coloca en paralelo a la capa 14. De forma ventajosa, el punto de conexión 19 se puede mover sin restringir demasiado el circuito integrado.

10 La figura 6 muestra una unidad radioeléctrica estacionaria 33 que envía una solicitud al nodo 38 para emitir una señal radioeléctrica que contiene unos datos de medición 31 del sensor de humedad 30. El nodo 38 solicita los datos del sensor de humedad 30 y obtiene los datos de medición 31 que indican un contenido de agua del suelo 10.

15 La antena 39 se puede usar para recibir la solicitud 32 así como para enviar los datos de medición 31 a la unidad radioeléctrica estacionaria 33.

20 Como alternativa, el nodo 38 no se configura en absoluto para una comunicación bidireccional, sino que simplemente envía sin recibir solicitud 32 alguna u otras señales radioeléctricas (transmisión unidireccional). El nodo 38 se puede configurar para enviar de manera regular unos datos de medición a unos intervalos temporales razonables o definibles, tal como una vez al día o una vez por hora. Esto permite que el nodo 38 tenga un diseño muy básico y, por lo tanto, muy robusto.

25 El controlador de profundidad 35 recupera los datos de posición, por ejemplo, al medir la temperatura. Las fluctuaciones diarias en la temperatura permiten la conclusión de lo profundo que sigue estando enterrado el nodo 38 en el suelo 10. Las temperaturas medidas se pasan al nodo 38 como los datos de posición 34. O bien el nodo 38 analiza las propias fluctuaciones para enviar un mensaje de advertencia o bien simplemente transmite las fluctuaciones diarias, que entonces se analizan de forma externa en la estación radioeléctrica 10 o en otra parte.

30 De forma ideal, el controlador de profundidad 35 y el sensor 30 se integran en el nodo 38, en particular, en su circuito integrado. De esta manera el nodo 38 se puede diseñar como un dispositivo de alojamiento individual rentable. Asimismo, se disminuye de forma considerable el riesgo de que entre humedad en el alojamiento del nodo 38.

En resumen, la invención se refiere a un nodo emisor de señales radioeléctricas 25, 38 que comprende

- 35
- una antena,
 - un circuito electrónico integrado 22 que se conecta de forma eléctrica a la antena 20 usando la línea de alimentación 15, 17, 18,
 - al menos un sensor, mientras que el circuito integrado 22 opera la antena tras la solicitud inalámbrica para emitir una señal radioeléctrica que contiene unos datos de medición obtenidos del al menos un sensor.
- 40

Con el fin de cumplir con los reglamentos actuales de la banda radioeléctrica, la invención sugiere ajustar de forma pasiva la impedancia de la antena 20 y/o su línea de alimentación 15, 17, 18 y controlar por lo tanto la potencia de emisión radioeléctrica de acuerdo con un grado de cobertura del suelo del nodo 25, 38.

45 Números de referencia usados:

- 50
- D diámetro de la antena
 - H distancia entre capas conductoras cercanas
 - L longitud de línea de alimentación
 - W ancho de la línea de alimentación
 - 7 capa conductora
 - 8 capa no conductora
 - 9 capa no conductora
 - 10 suelo
 - 55 11 placa de circuito de múltiples capas
 - 12 punto de conexión
 - 13 línea de campo magnético
 - 14 capa conductora puesta a tierra
 - 15 línea de alimentación
 - 60 16 placa de base no conductora
 - 17 línea de alimentación
 - 18 línea de alimentación
 - 19 punto de conexión
 - 20 antena
 - 65 21 contacto
 - 22 circuito integrado

- 23 punto de conexión
- 25 nodo emisor de señales radioeléctricas
- 27 área de conexión
- 30 sensor de humedad
- 5 31 datos de medición
- 32 solicitud
- 33 unidad radioeléctrica estacionaria
- 34 datos de posición
- 35 controlador de profundidad
- 10 38 nodo emisor de señales radioeléctricas
- 39 antena

REIVINDICACIONES

1. Nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) configurado para emitir una señal radioeléctrica con una potencia de emisión radioeléctrica cuando está enterrado en el suelo (10), comprendiendo dicho nodo (25, 38):

- una antena (20; 39);
- un circuito electrónico integrado (22) que se conecta eléctricamente a la antena (20, 39) usando una línea de alimentación (15, 17, 18); y
- al menos un sensor (30) para generar unos datos de medición (31);

mientras que el circuito integrado (22) se configura para operar la antena (20, 39) para emitir la señal radioeléctrica que contiene dichos datos de medición (31) de forma periódica o tras recibir una solicitud inalámbrica (32); caracterizado por que: el nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) se ha configurado para permitir que un medio circundante del suelo (10) influya en el campo cercano de la antena (20, 39), cuando dicho nodo (25, 38) está enterrado en el suelo (10), el nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) se ha configurado además para disminuir la potencia de emisión radioeléctrica o para impedir la emisión de señales radioeléctricas en el caso de que se retire la influencia del medio circundante sobre el campo cercano, cuando dicho nodo (25, 38) se retira del suelo (10).

2. Nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) de acuerdo con la reivindicación 1, y en el que:

el nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) se ha adaptado para disminuir la potencia de emisión radioeléctrica o para impedir la emisión de señales radioeléctricas en el caso de que se retire la influencia del medio circundante sobre el campo cercano, cuando dicho nodo (25, 38) se retira del suelo (10), de una forma pasiva.

3. Nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) de acuerdo con la reivindicación 2, y en el que:

la adaptación se ha implementado, al menos en parte, mediante la utilización de la contribución de permitividad y/o permeabilidad del suelo (10) a la impedancia de operación de la antena (20, 39) y/o su línea de alimentación (15, 17, 18).

4. Nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) de acuerdo con la reivindicación 3, y en el que:

un cambio del estado enterrado a un estado desenterrado del nodo (25, 38) da lugar a un cambio de impedancia de la antena (20, 39) y/o su línea de alimentación (15, 17, 18), convirtiendo la impedancia operacional en una impedancia no adaptada.

5. Nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) de acuerdo con la reivindicación 4, y en el que:

debido a la impedancia no adaptada, la antena (20, 39) es operable con una baja potencia de emisión, es operable con una potencia de emisión permitida o no es operable.

6. Nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) de acuerdo con la reivindicación 1, y en el que:

el nodo (25, 38) comprende al menos un controlador de profundidad (35), y el nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) se ha configurado además para disminuir la potencia de emisión radioeléctrica o para impedir la emisión de señales radioeléctricas en el caso de que se retire la influencia del medio circundante sobre el campo cercano, cuando dicho nodo (25, 38) se retira del suelo (10), de una forma activa en respuesta a unos datos de medición (31) procedentes de dicho al menos un controlador de profundidad (35).

7. Nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) de acuerdo con la reivindicación 6, y en el que:

dependiendo de unos datos de posición (34) originados a partir de dicho al menos un controlador de profundidad (35), dicho nodo (25, 38) es operable con una baja potencia de emisión, es operable con una potencia de emisión permitida o no es operable.

8. Nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, y en el que:

el ancho (w) de la línea de alimentación (15, 17, 18) es de entre 1 y 2 mm, preferiblemente 1,5 mm.

9. Nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, y en el que:

5 la línea de alimentación (15, 17, 18) forma una línea recta a través de toda o casi toda su longitud (L) en el plano conductor de la antena (20, 39).

10. Nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, y en el que:

10 la antena (20, 39) es una antena de monopolo (20, 39) con un diámetro (D) y la línea de alimentación (15, 17, 18) que tiene una longitud (L) de línea de alimentación de un 60 % a un 80 % del diámetro (D),

$$0,6 * D \leq L \leq 0,8 * D.$$

15 11. Nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, y en el que:

el al menos un sensor (30) está completa o parcialmente integrado en el circuito integrado (22).

20 12. Nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, y en el que:

el al menos un sensor (30) es un sensor de parámetros del suelo (30), por ejemplo, un sensor de humedad (30), un sensor de conductividad del suelo, un sensor de acidez o un sensor de temperatura.

25 13. Nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, y en el que:

30 dicho nodo (25, 38) tiene un almacenamiento para los datos de medición (31) que se originan a partir del al menos un sensor (30).

14. Nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, con una placa de base no conductora (16), y en el que:

35 la antena (20, 39) y las partes de circuito del circuito integrado (22) se colocan sobre lados opuestos de una placa de circuito de múltiples capas (11).

40 15. Nodo emisor de señales radioeléctricas (25, 38) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, y en el que:

el nodo (25, 38) comprende un revestimiento y/o una cubierta para definir una distancia mínima entre el suelo (10) y la antena (20, 39) y/o la línea de alimentación (15, 17, 18) en el estado enterrado, siendo el revestimiento y/o la cubierta, preferiblemente, una parte integrante de un alojamiento de dicho nodo (25, 38).

45 16. Sistema de sensor con al menos un nodo (25, 38) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes y una unidad radioeléctrica (33) para solicitar (33) y/u obtener unos datos de medición (31) a partir del nodo (25, 38).

Fig. 1

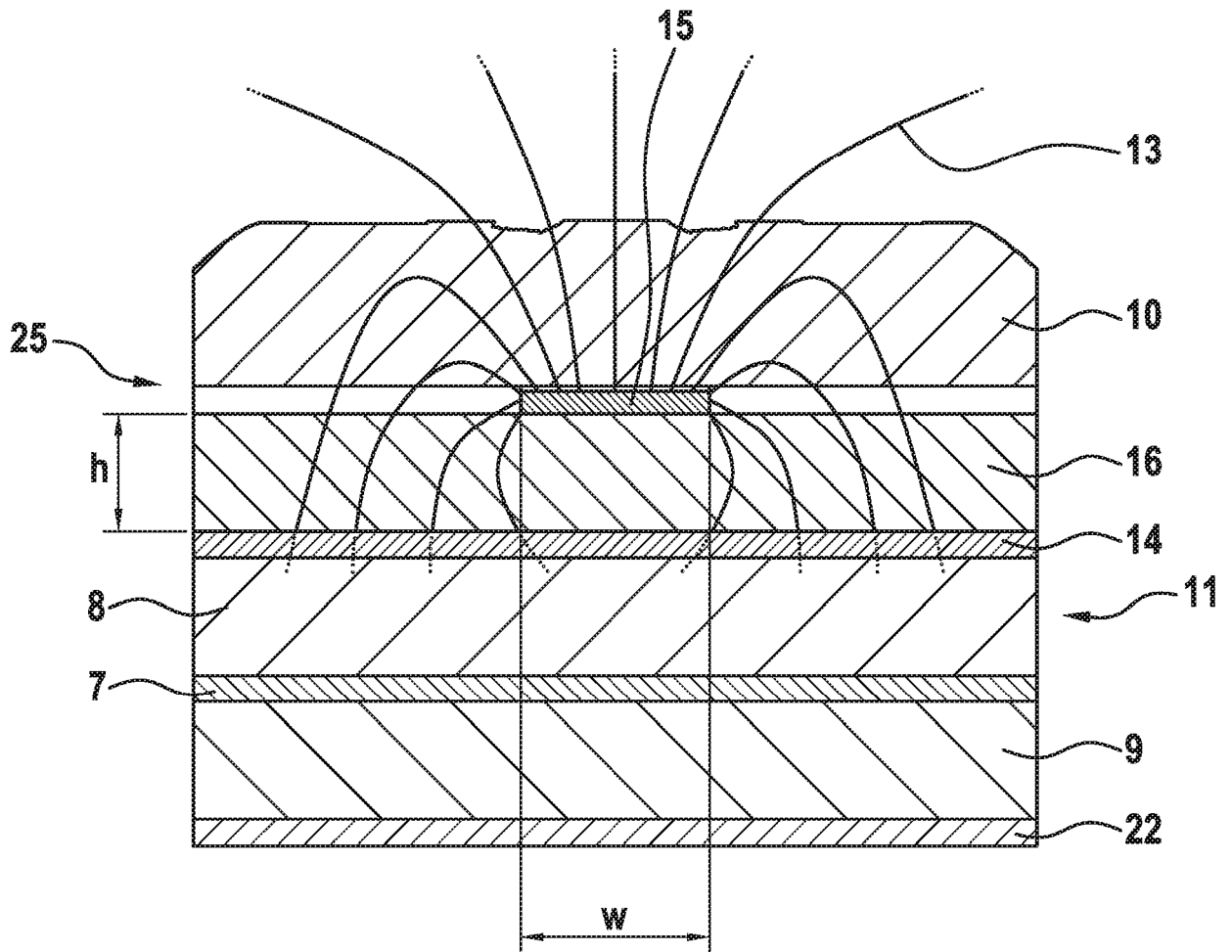


Fig. 2

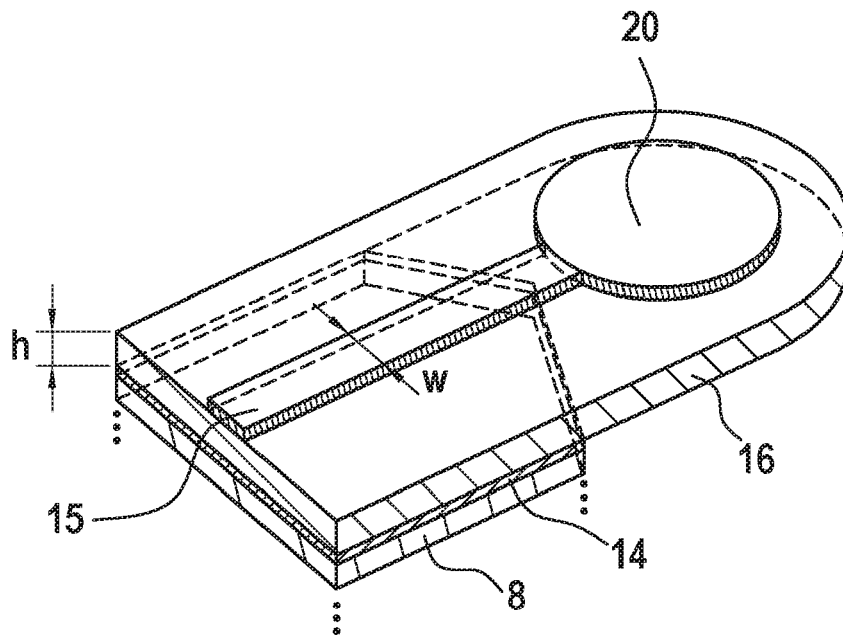


Fig. 3

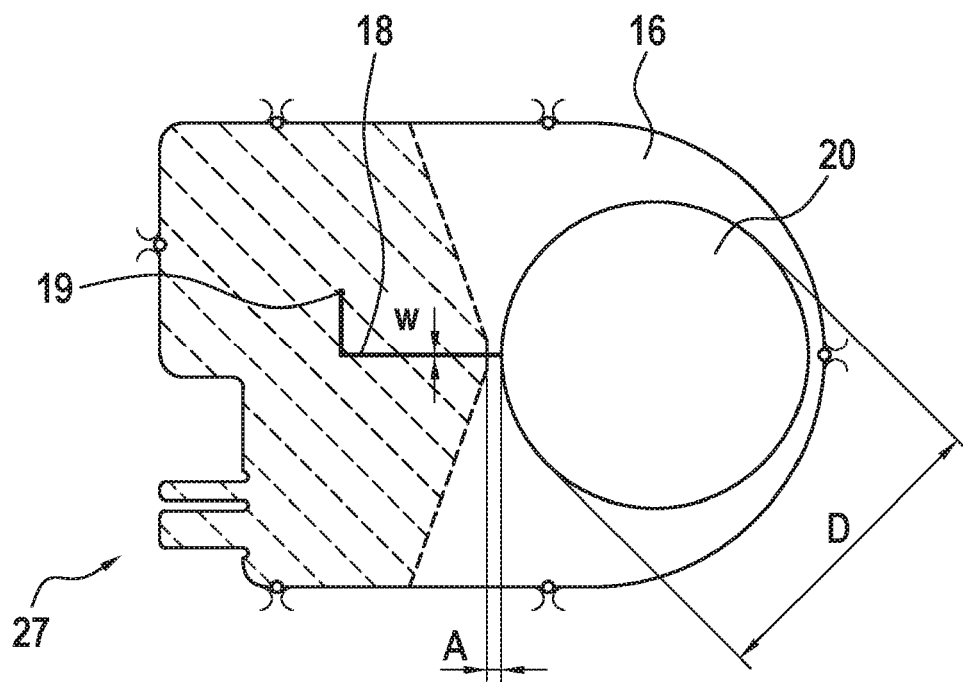


Fig. 4

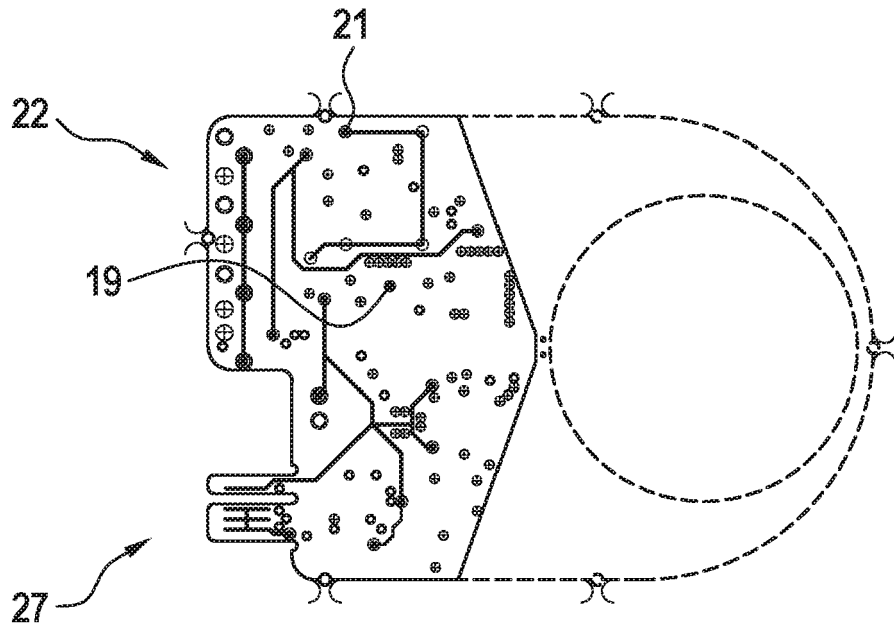


Fig. 5

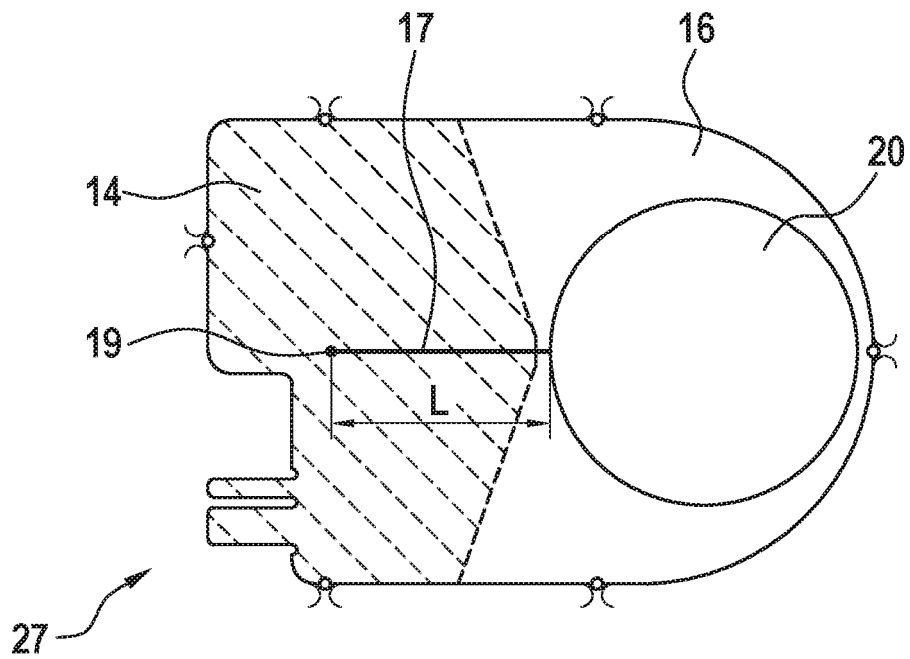


Fig. 6

