

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 209**

51 Int. Cl.:

<b>H01Q 1/24</b>	(2006.01)
<b>H01Q 5/00</b>	(2015.01)
<b>H01Q 9/04</b>	(2006.01)
<b>H01Q 9/40</b>	(2006.01)
<b>H02M 7/21</b>	(2006.01)
<b>H02J 50/00</b>	(2006.01)
<b>H02J 7/02</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.08.2014 PCT/GB2014/052431**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **12.02.2015 WO15019106**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2014 E 14750621 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016 EP 2939309**

54 Título: **Recolector de energía de RF**

30 Prioridad:

**09.08.2013 GB 201314307**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.03.2017**

73 Titular/es:

**DRAYSON TECHNOLOGIES (EUROPE) LIMITED  
(100.0%)  
Grand Union Studios, 332 Ladbroke Grove  
London, W10 5AD, GB**

72 Inventor/es:

**MITCHESON, PAUL DAVID;  
LUCYSZYN, STEPAN;  
RANGEL, MANUEL PINUELA y  
YATES, DAVID CHRISTOPHER**

74 Agente/Representante:

**FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás**

ES 2 606 209 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

RECOLECTOR DE ENERGÍA DE RF.

### 5 Campo de la invención

Esta memoria descriptiva se refiere a un aparato para recolectar energía de RF.

#### Antecedentes de la invención

10

Muchos dispositivos eléctricos, en particular dispositivos eléctricos portátiles o remotos se alimentan mediante baterías. Las baterías por lo general requieren la recarga o la sustitución de forma periódica para el funcionamiento continuado del dispositivo eléctrico. Sin embargo, no siempre es deseable o posible conectar un dispositivo a una fuente de alimentación para recargar la batería tener acceso fácil al dispositivo para sustituir las baterías. Por otra parte, puede que no sea posible contar con una batería para funcionar con un 100% de fiabilidad durante períodos prolongados y/o condiciones ambientales/operativas extremas. Como tal, se han explorado otros medios para alimentar/cargar dispositivos.

15

Una de las propuestas para la obtención de energía eléctrica para dispositivos eléctricos es por medio de la recolección de energía en el dispositivo eléctrico. La recolección de energía implica la conversión de energía a partir de fuentes limpias y disponibles libremente en energía eléctrica y representa una solución respetuosa con el medio ambiente. Las soluciones de energía libre de uso común para alimentar dispositivos eléctricos incluyen fuentes de energía solar, térmica y vibracional. Por ejemplo, los recolectores solares prácticos, tales como paneles solares y rectenas solares, utilizan células fotovoltaicas para convertir los fotones en energía eléctrica a través del efecto fotovoltaico. Sin embargo, las soluciones tales como recolectores solares no son apropiadas para muchos tipos de dispositivos eléctricos remotos y tampoco son ideales para su uso en muchos lugares geográficos.

20

25

Una propuesta alternativa es la administración inalámbrica de potencia eléctrica. Por ejemplo, fuentes de RF de alta potencia se pueden usar para administrar potencia de RF en una banda de frecuencia específica a los dispositivos receptores. A continuación, los dispositivos receptores reciben la energía de RF y la convierten en una forma eléctrica, que puede usarse para alimentar el dispositivo. Tales sistemas pueden funcionar de forma eficaz en ciertos ambientes. Sin embargo, tales sistemas dependen de la presencia de transmisores de RF de alta energía, lo que reduce el atractivo general de tales sistemas debido a la necesidad de instalar infraestructura, y por lo tanto limita el número de posibles aplicaciones que pueden utilizar dicha tecnología.

30

35

Debido a la expansión de la industria de telecomunicaciones móviles en las últimas décadas y el correspondiente aumento en la energía de RF en el ambiente, algunas investigaciones han examinado si dicha energía de RF en el ambiente se podría recolectar. En la actualidad, se han documentado pocas soluciones prácticas de obtención de energía para la recolección de RF ambiente, a pesar de la abundancia de este tipo de energía. Uno de los principales desafíos en materia de recolección de energía de RF incluye la obtención de potencia de RF muy baja, que puede ser tan baja como 10 nW. En la actualidad, la recolección de energía de RF no parece ser una opción viable.

40

Por lo tanto, todavía existe una necesidad de fuentes alternativas de potencia para dispositivos remotos.

45

Alessandra Costanzo y Luca Roselli en «EM- and piezo-scavengers: two useful solutions in highly humanized scenarios toward a 'greener world'» del 10 de mayo de 2012 dan a conocer diferentes aspectos relacionados con la EM y piezosecuesturantes de energía ambiental que son muy prometedores como proveedores de potencia de la última evolución de los sistemas electrónicos de potencia ultra baja. Se explican los primeros desafíos en el diseño de circuitos y sistemas para la recolección de energía ambiente de microondas. Se presenta un caudal de diseño, incluidos los receptores de RF/microondas y los bloques de conversión de banda base. Las densidades de potencia de tan solo unos pocos  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  se apuntan como fuentes realistas para ser captadas mediante una rectena resonante multibanda. Se presentan los resultados predichos y medidos en régimen estacionario y también se evalúa la energía convertida medida. En segundo lugar, se prueba un captador piezoeléctrico convencional como fuente de potencia de un lector de RFID nómada adoptado para un enfoque de sistema de localización. Este último está pensado como ejemplo de sistema electrónico evolutivo multidisciplinario (RFID NFC, sistemas de potencia ultra baja, transferencia de potencia inalámbrica de corto alcance, tecnologías orgánicas, etc.), totalmente autónomo (captador de energía en el sistema, sin pilas), activado de forma inalámbrica (multitud de etiquetas pasivas activadas mediante lector autónomo), hacia un «mundo más verde».

50

55

60

Reza Dehbashi et al en «A Harmonic-Rejecting Inset-Fed U-Slot Antenna for Rectenna Application» del 27 de marzo de 2006, dan a conocer una antena microcinta de ranura en U de alimentación de inserción y rechazo armónico a 2,4 GHz para aplicaciones de rectena. Los resultados simulados mediante el uso de los dos programas comerciales de procedimiento MOM ADS y Ensemble muestran que la antena con ranura en U de alimentación de inserción

ocupa un espacio físico aproximadamente un 30% más pequeño que la microcinta de parche cuadrado y alimentación de inserción convencional. Además, la antena con ranura en U exhibe altos coeficientes de reflexión en el segundo y tercer armónico, lo que es adecuado para la aplicación de rectena, porque mediante el rechazo de los armónicos, generado por el diodo, se elimina la necesidad del filtro paso banda (BPF) colocado entre la antena y el diodo. Además, la ganancia de la antena de ranura en U es de 6,9 dBi, mientras que la del parche cuadrado es de 2,677 dBi.

El documento US-B1-7,167,090 divulga un procedimiento y un aparato para realizar la extracción de potencia de campo lejano. El procedimiento incluye recibir una señal de radiación electromagnética, rectificar la señal para producir un voltaje de corriente continua (CC) y proporcionar el voltaje de CC a un circuito. Un circuito de extracción de potencia de campo lejano incluye una antena para recibir una señal de radiación electromagnética, un rectificador para rectificar la señal de radiación electromagnética. El circuito puede incluir además una bomba de carga para amplificar el voltaje rectificado, una red de adaptación de impedancia para acoplar la antena al rectificador y un circuito de ajuste de realimentación para optimizar el rendimiento del circuito de extracción.

El documento US-A1-2012/0235508 divulga un sistema de transmisión de potencia sin contacto que comprende una bobina primaria que incluye una bobina de suministro de potencia y una bobina de resonancia magnética; y una bobina secundaria que incluye una bobina de carga, transmitiendo con ello una potencia eléctrica desde la bobina de suministro de potencia a una frecuencia autoresonante de la bobina de resonancia magnética, que está determinada por una capacitancia parásita entre los alambres enrollados de la bobina y una autoinductancia de la bobina, y sacando la potencia eléctrica suministrada desde la bobina de carga de la bobina secundaria a través del acoplamiento magnético, sin ningún contacto, en el que se transmite la potencia eléctrica, sin ningún contacto, con la aplicación de acoplamiento magnético en el acoplamiento entre la bobina de suministro de potencia y la bobina de resonancia magnética y el acoplamiento entre la bobina de resonancia magnética y la bobina de carga.

El documento US-A1-2011/0175461 divulga un circuito de recolección de energía que incluye una o más antenas de banda ancha o de banda estrecha para detectar WiFi (Wireless Fidelity) u otras señales de RF (radiofrecuencia). Las señales se rectifican y el voltaje se multiplica, y el voltaje de CC resultante se proporciona a un circuito de gestión de potencia. La salida del circuito de gestión de potencia carga una batería de litio u otro dispositivo de almacenamiento dentro del circuito de recolección de energía. La energía almacenada en el dispositivo de almacenamiento de la batería se proporciona a través de un circuito convertidor CC/CC a un conector de salida USB para alimentar o recargar las baterías o de un dispositivo electrónico externo conectado al conector de salida USB del circuito de recolección de energía.

### 35 **Resumen de la invención**

La presente invención proporciona un aparato según se establece en la reivindicación 1.

#### **Breve explicación de los dibujos**

A continuación se describirán ejemplos de modos de realización de la invención con referencia a los dibujos en los que:

La figura 1 ilustra un sistema de recolección de energía de RF;

45 La figura 2 ilustra una única antena multibanda usada en el sistema de la figura 1;

La figura 3 ilustra un rectificador de onda completa de microcinta con una salida diferencial tal como se usa en el sistema de la figura 1;

La figura 4 ilustra el rectificador de la figura 4 con el circuito del PMM colocado en el interior del rectificador;

La figura 5 ilustra una antena adaptada a la superficie de una tubería y

50 La figura 6 muestra un conjunto de antenas adaptadas a la superficie de una tubería.

A lo largo de la descripción y los dibujos, los mismos números de referencia se refieren a partes similares.

#### **Descripción específica**

55 A continuación se describirá una visión general de un sistema de recolección de energía de RF con referencia a la figura 1.

Se muestra una rectena 100 que incluye una antena 101 dispuesta para recibir energía de RF en el ambiente. La antena está diseñada para recibir energía de RF en el ambiente a través de un intervalo de frecuencia grande y, por lo tanto, la salida eléctrica de la antena 101 tiene un perfil de potencia que fluctúa considerablemente a través de su intervalo de frecuencia de recepción. La salida de la antena 101, que proporciona una señal eléctrica variable, se conecta a un rectificador 103 a través de una red de adaptación de impedancia 102. La red de adaptación de impedancia 102 se proporciona para minimizar las pérdidas debidas a la falta de adaptación de impedancia entre

componentes de la rectena. A continuación, el rectificador convierte la señal eléctrica variable en el tiempo recibida en una señal eléctrica de CC. A continuación, la salida del rectificador se alisa y se filtra en un circuito de suavizado/filtrado 104. Esta energía de CC suavizada se alimenta entonces en un módulo de gestión de potencia (PMM) 105 para proporcionar voltajes regulados útiles y cargar una unidad de almacenamiento 106, que en este caso es un condensador de almacenamiento  $C_{\text{almacenamiento}}$ . La transmisión de corriente a la unidad de almacenamiento 106 y el almacenamiento eléctrico correspondiente en la unidad de almacenamiento 106 se controla mediante un módulo de gestión de potencia (PMM) 105. El PMM proporciona un seguimiento del punto de máxima potencia, además de trabajar como un convertidor impulsor. Las capacidades de rastreo de potencia máxima del PMM permiten que el sistema maximice la transferencia de potencia a la carga asegurando la presencia de la carga ideal en un amplio intervalo de niveles de potencia de RF de entrada. Por lo tanto, el PMM también ayuda a proporcionar una buena adaptación de la impedancia con la antena. El PMM también se dispone para controlar un conmutador 108 que conecta la energía eléctrica almacenada en la unidad de almacenamiento 106 a una carga, que en este caso es un LED para simplificar la explicación. Sin embargo, en la práctica, el PMM controla el suministro de potencia de la unidad de almacenamiento 106 al dispositivo, es decir, la carga que se alimenta.

La rectena 100 está diseñada para maximizar la energía de RF en el ambiente recibida por la antena 101 y reducir al mínimo las pérdidas en la conversión de la energía recibida a la energía adecuada para almacenar en la unidad de almacenamiento 106. Por lo tanto, a continuación se describirán en detalle los diversos componentes de la rectena 100.

Para maximizar la potencia recolectada por la rectena y reducir el tamaño del recolector, la antena 101 es una antena multibanda individual, como se puede observar en la figura 2.

La antena 101 es una estructura de antena plana que comprende un sustrato sobre el que se forman los componentes de recepción de la antena. La antena 101 es una antena microcinta monopolo de disco modificada que comprende componentes de recepción, incluido un parche radiante de forma circular 110, una línea de alimentación 111 y un plano de masa de forma rectangular 112. El parche radiante de forma circular 110 y la línea de alimentación 111 se disponen en un lado del sustrato y el plano de masa 112 se dispone en el lado opuesto del sustrato. Mientras que la antena se muestra con una línea de alimentación con base de microcinta, se apreciará que se proporciona una alimentación de guía de ondas coplanar en disposiciones alternativas, o una combinación de una línea de alimentación con base de microcinta y una alimentación de guía de ondas coplanar. El sustrato puede estar hecho de cualquier material de baja pérdida, por ejemplo, vidrio, cerámica, FR4. Las características planas de la antena permiten que se forme sobre el mismo sustrato que el resto del sistema de recolección.

La antena 101 se dispone para ser sustancialmente omnidireccional a fin de maximizar la radiación de RF recibida. Además, los componentes estructurales de la antena se disponen para maximizar la recepción de la energía de RF de diferentes fuentes posibles. Dado que la mayoría de la energía de RF en el ambiente proviene de las telecomunicaciones móviles, la antena 101 se dispone para operar a través de una banda ultra ancha que cubre una pluralidad de las siguientes bandas: GSM900, GSM1800, 3G, WiFi y 4G. Se apreciará que una disposición de antena alternativa podría disponerse para recibir otras bandas de frecuencia, superiores e inferiores de las mencionadas anteriormente para cubrir radio, televisión y otras bandas ISM, si se desea. El parche radiante de forma circular 110 se dispone principalmente para recibir todas las bandas, mientras que el plano de masa 112 se modifica para aumentar el 3<sup>er</sup> rechazo armónico de bandas específicas 3G y 4G, que se genera mediante el proceso de rectificación. A continuación se explicará en detalle la disposición del parche de radiación 110 y el plano de masa 112 para la recepción de estas diferentes bandas de frecuencia.

El parche de radiación 110 tiene forma circular y se coloca sobre una sección superior del sustrato. Una línea de alimentación eléctrica alargada 111 con forma de línea de transmisión de microcinta proporciona una conexión del parche radiante de forma circular 110 a una superficie final del sustrato en el punto 111a. En este punto la antena 100 se puede conectar a la siguiente etapa del sistema de recolección de energía. La pista alargada 111 no sólo actúa para permitir que el resto de la rectena se conecte al parche de radiación 110, sino que también proporciona adaptación de impedancia, como se explicará. El radio del disco tiene un cuarto de longitud de onda de la frecuencia más baja que se ha dispuesto para la recepción de la antena, por ejemplo 945 MHz para GSM900.

El plano de masa 112 tiene forma rectangular y se extiende desde una parte inferior del sustrato de la antena a un punto justo por debajo de medio camino a lo largo de la longitud del sustrato de la antena. En disposiciones alternativas al plano de masa puede adoptarse una forma diferente. La forma del plano de masa define la impedancia y el patrón de radiación. Una conexión eléctrica en una superficie de extremo del sustrato permite que la pista alargada se conecte eléctricamente al resto del sistema de recolección de energía. El parche radiante de forma circular, la línea de alimentación y el plano de masa están formados de un material conductor tal como cobre.

La impedancia de la antena puede modificarse para que coincida conjugadamente con la del rectificador variando la anchura de la alimentación de la antena y la distancia entre el parche radiante de forma circular y el plano de masa. En particular, la distancia entre la parte inferior del parche radiante de forma circular 110 y la parte superior del plano

de masa 112 se puede usar para ajustar la impedancia a  $50 \Omega$  (o cualquier impedancia de referencia elegida) y optimizar el patrón omnidireccional deseado. La forma y la superposición del plano de masa con el disco define el patrón de radiación reflejando las líneas de campo procedentes del disco. En consecuencia, esto también define la ganancia de la antena que puede estar entre 2,3 y 4,8 dBi. Esta distancia depende también de las longitudes de onda que se han dispuesto para la recepción de la antena. En la práctica, la distancia entre la parte inferior del parche radiante de forma circular y la parte superior del plano de masa se encuentra entre:  $-\lambda_g/20$  y  $\lambda_g/12,5$ , donde  $\lambda_g$  es la longitud de onda guiada de la señal en la frecuencia central de la banda de frecuencia seleccionada. Para destacar que esta es la longitud de onda de la estructura de onda guiada, se usa una distinción de  $\lambda_g$  y  $\lambda_0$ , que es diferente de aquella en el espacio libre.

10

La antena 101 tiene una serie de características de filtrado de frecuencias que se forman en la antena y cambian las características de respuesta de frecuencia de la antena. En particular, estos filtros se disponen para filtrar el tercer armónico generado por el rectificador de onda completa en cada una de las bandas seleccionadas que se han dispuesto para la recepción de la antena, por ejemplo, GSM900, GSM1800 y 3G. Cuando la antena se usa con un rectificador de media onda, se requiere un segundo filtro de armónicos, en lugar de un tercer filtro de armónicos.

15

El primer y segundo filtros ranura 110a y 110b se proporcionan en el parche radiante de forma circular, mientras que en el plano de masa 112 se proporciona una ranura adicional 112a. La primera y segunda ranuras 110a y 110b son curvas y se disponen concéntricamente en el parche radiante de forma circular. El primer filtro ranura 110a tiene una longitud de  $\lambda_g/6$  a  $\lambda_g/7,5$ . El primer filtro ranura se coloca radialmente entre  $\lambda_g/12$  y  $\lambda_g/16$  desde el centro del parche radiante de forma circular. El ancho del primer filtro ranura está comprendido entre  $\lambda_g/18,5$  y  $\lambda_g/24,2$ , lo que optimiza la pérdida de retorno y el ancho de banda de las ranuras. El segundo filtro ranura 110b tiene una longitud comprendida entre  $\lambda_g/4,5$  y  $\lambda_g/5,7$ , un ancho comprendido entre  $\lambda_g/18,5$  y  $\lambda_g/24,2$ , y la ranura se coloca radialmente de  $\lambda_g/12$  a  $\lambda_g/24$  del centro del parche radiante de forma circular. Mediante la modificación de la posición y el ancho de las ranuras, la pérdida de retorno se puede aumentar y optimizar el ancho de banda para cubrir todas las frecuencias específicas. Con las resonancias generadas por la posición y la geometría de las ranuras lo que define la pérdida de retorno asociado y el ancho de banda del filtrado proporcionado por las ranuras.

20

25

La ranura 112a formada en el plano de masa 112 tiene forma de U con la base de la U mirando hacia abajo. El centro de la ranura en el plano de masa 112 está entre  $\lambda_g/5,4$  y  $\lambda_g/8,1$  desde el borde inferior del parche radiante circular y la ranura 112a tiene una longitud comprendida entre  $\lambda_g/7,4$  y  $\lambda_g/10,5$  y un ancho comprendido entre  $\lambda_g/15,2$  y  $\lambda_g/24,2$ .

30

En resumen, la longitud de la primera y segunda ranuras es de aproximadamente un tercio de la longitud de onda del tercer armónico y el ancho es proporcional a las características de ancho de banda del filtro. La ranura 112a en forma de U se incluye para filtrar los armónicos creados por el rectificador 3G. Puesto que hay un circuito rectificador diferente para cada banda y cada rectificador genera armónicos de tercer orden que corresponden a su frecuencia de funcionamiento, se requieren diferentes filtros o ranuras para cada componente respectivo de la antena.

35

En disposiciones alternativas se pueden añadir ranuras adicionales a la estructura, especialmente en el parche radiante de forma circular. Se pueden usar ranuras adicionales si también se desea la recolección en otros anchos de banda, tales como 4G o WiFi. Sin embargo, el rechazo armónico será inferior a -2 dB. En otras palabras, los filtros adicionales no serán capaces de alcanzar las propiedades de filtrado deseadas y es posible que no se filtren alrededor de 50% de la potencia en los armónicos.

40

45

La figura 3 ilustra el circuito rectificador 103 de la figura 1. El circuito rectificador 103 es un rectificador de onda completa de microcinta con una salida diferencial. El circuito rectificador mostrado en la figura 3 incluye los componentes de adaptación de impedancia 202, rectificador 203 y filtrado 104 que se muestran en el diagrama esquemático de la figura 1. El circuito rectificador está diseñado para tener la mínima pérdida posible y con ello reducir las caídas de tensión de diodo resultantes de un rectificador de onda completa convencional (cuatro diodos). Esto se logra principalmente asegurando que se proporciona una adaptación de impedancia precisa en todo el circuito. El rectificador 203 se ajusta a la frecuencia del intervalo de frecuencias que está recibiendo de la antena 101. En el caso de la antena 101, que se dispone para recibir múltiples bandas, se proporcionan múltiples rectificadores 203 para cada banda respectiva. Sin embargo, en las figuras solo se muestra y explica un rectificador individual para facilitar la explicación.

50

55

La salida desde la antena 101 se recibe en la alimentación 201 de una línea de transmisión de microcinta. En este punto la línea de transmisión de microcinta se divide en dos brazos, uno que conecta la entrada del rectificador a la salida a través de un elemento de rectificación de polarización directa 203, y un segundo brazo de conexión de la entrada del rectificador a la salida a través de un segundo elemento de rectificación de polarización inversa 204.

60

Los brazos de la línea de transmisión de microcinta 202, por tanto, se extienden perpendicularmente a izquierda y derecha de la entrada 201. El ancho de pista de la línea de transmisión de microcinta se establece en función de la impedancia característica deseada del circuito. El ancho de pista también se puede ajustar para simplificar la

adaptación de impedancia del circuito rectificador con la antena. En cada extremo de la línea de transmisión de microcinta de acoplamiento de impedancia 202, pistas paralelas adicionales se disponen a lo largo de una corta distancia perpendicular a la línea de transmisión de microcinta de acoplamiento de impedancia 202 y, a continuación, cada una se une a un primer terminal de un elemento de rectificación respectivo 203, 204. La longitud de la línea de transmisión de microcinta de adaptación de impedancia 202 se configura de manera que coincida con la impedancia de la antena 101, que en este caso es  $50 \Omega$ . Esta longitud es preferentemente entre  $\lambda g/6,8$  y  $\lambda g/8,1$ . Por lo tanto, la línea de transmisión de microcinta de adaptación de impedancia está realizando la funcionalidad del transformador de impedancia 102 de la figura 1. El ancho y la longitud de las líneas de transmisión de microcinta entre la entrada y los elementos de rectificación se usan para ajustar la impedancia de entrada del rectificador.

Los elementos de rectificación son diodos Schottky 203, 204, siendo el primer diodo 203 polarizado directamente y el segundo diodo 204 polarizado inversamente. Se apreciará que en una disposición alternativa se puede proporcionar una disposición de rectificación basada en transistor, por ejemplo, pueden modificarse transistores de efecto de campo (FET) para llevar a cabo la funcionalidad de rectificación.

A continuación, la línea de transmisión de microcinta adicional se extiende por otra sección corta 205, 206 desde un segundo terminal del diodo respectivo 203, 204. La longitud y el ancho de esta parte de la línea de microcinta se disponen para absorber la reactancia capacitiva del diodo porque definen una reactancia inductiva. Además, la longitud y el ancho de esta parte de la línea de microcinta se pueden usar en el ajuste de la impedancia de entrada del circuito rectificador. La longitud de la línea de transmisión de microcinta adicional 205, 206 es preferentemente entre  $\lambda g/4,3$  y  $\lambda g/5,6$ . En este punto, las ramas 207, 208 de  $\lambda/4$  se extienden perpendicularmente desde los extremos de las líneas de transmisión de microcinta 205, 206. Las ramas 207, 208 de  $\lambda/4$  realizan la función de filtro 104 de la figura 1. Las ramas se utilizan para filtrar el armónico fundamental desde la salida, proporcionando CC en la salida. Las ramas de  $\lambda g/4$  asegura que los armónicos fundamentales y de orden superior se encuentren por debajo de -45 dBm.

A continuación, la línea de transmisión de microcinta continúa más allá de las ramas durante una distancia más larga 209, 210, hasta que los dos brazos de la línea de transmisión de microcinta se extienden perpendicularmente de manera que vuelven a quedar alineados y se unen a los dos terminales de salida. Esta sección tiene preferentemente una longitud entre  $\lambda g/3,8$  y  $\lambda g/4,4$ . Esta sección funciona como un transformador de impedancia de manera que la carga y el resto del rectificador tienen la equiparación conjugada de la impedancia de entrada de las antenas a lo largo de un intervalo de frecuencias y niveles de potencia de entrada.

En uso, el diodo 203 rectifica la parte positiva de la señal recibida y el diodo 204 rectifica la parte negativa de la señal recibida. Las ramas de longitud de onda filtran el armónico fundamental de la salida asegurando la disponibilidad de la CC. Dado que las conexiones de salida no están conectadas a tierra, la tensión negativa procedente del diodo 204 es la referencia para el resto de los bloques del sistema, proporcionando un voltaje más alto alcanzar el voltaje de arranque en frío (330 mV) del PMM.

La salida es una salida diferencial, lo que permite que el sistema proporcione un voltaje de salida más alto VPMM y alcanzar el voltaje mínimo requerido por el módulo de gestión de potencia (PMM), 330 mV, con niveles de potencia de entrada por debajo de 3 mW (-25 dBm). Además, mediante el uso de una salida diferencial se evitan las vías terrestres, lo que reduce las pérdidas y ayuda a conseguir una mejor correspondencia entre las simulaciones y las mediciones, así como simplificar la fabricación.

Un rectificador de onda completa solo se puede lograr una eficiencia del 12% a -26 dBm de potencia de entrada y hasta un 46% a -10 dBm. La pérdida de retorno está por debajo del límite de -10 dB asegurando una cobertura casi completa de la banda de trabajo seleccionada. El ancho de banda fraccional varía entre 2 a 6,2%, dependiendo de la frecuencia de funcionamiento. La salida del recolector para el intervalo de potencia de entrada mencionado anteriormente se encuentra entre 75 y 550 mV.

Para minimizar el impacto de todo el recolector de energía de RF, el circuito del PMM 300 se coloca dentro de un límite definido por las líneas de transmisión del rectificador de onda completa como se muestra en la figura 4. Esto contrasta con sistemas conocidos que colocan el PMM 300 en serie con el rectificador fuera del perímetro del rectificador. Sin embargo, se requieren consideraciones prudentes para evitar el acoplamiento entre la estructura de rectificación y el circuito del PMM 300 miniaturizado. Para reducir al mínimo la interacción electromagnética entre el circuito del PMM 300 y el rectificador de onda completa, la distancia entre el borde del circuito del PMM 300 y la línea de transmisión de microcinta del rectificador se establece de la siguiente manera. El circuito del PMM 300 se une a la salida diferencial directamente. Por lo tanto, la distancia entre el circuito del PMM 300 y la línea de transmisión de microcinta 211, 212 uniéndose a la salida diferencial es insignificante. Entonces, la distancia entre el extremo opuesto del circuito del PMM 300 al que se une a la salida diferencial y la entrada al circuito rectificador se establece entre  $\lambda g/2,5$  y  $\lambda g/5$ . Una primera parte del circuito del PMM 300 se fija en entre  $\lambda g/6,5$  y  $\lambda g/12$  desde un primer borde superior 210, así como desde el segundo borde inferior de la línea de transmisión de microcinta y la distancia entre el PMM 300 y la salida diferencial se establece entre  $\lambda g/9$  y  $\lambda g/16,4$ .

En la disposición mostrada en la figura 4 el PMM 300 se proporciona sustancialmente dentro de los límites definidos por las líneas de transmisión. Se apreciará que en disposiciones alternativas, el PMM solo se puede proporcionar dentro de algunos de los límites de la línea de transmisión, que todavía ofrecería algún ahorro de espacio del sistema recolector de energía.

Además de la localización del circuito del PMM, la disposición mostrada en la figura 4 evita el uso de vías, al tiempo que proporciona conexiones para salida diferencial del rectificador y la salida del PMM «conectado a tierra».

10 La figura 5 muestra cómo la antena, y en consecuencia la rectena, puede adaptarse a las superficies. En este caso, el sustrato sobre el que se forma la antena 100 está hecho de un material flexible. En consecuencia, la antena 100 se dobla alrededor de una tubería 500. En este diseño de adaptación de la antena, el tubo 500 es una tubería de agua de PVC con las siguientes características: radio = 5-10 cm,  $\epsilon_r = 2,88$ , y  $\tan \delta = 0,089$ . No hay degradación de pérdida de retorno por doblar la antena alrededor de la tubería.

15 También se apreciará que en una disposición alternativa pueden proporcionarse múltiples antenas en un conjunto. Por ejemplo, la figura 6 muestra un conjunto de antenas 100 adaptado a una tubería 500. El uso de varias rectenas aumenta la potencia total de recolección. La distancia entre cada recolector puede ser tan próxima como  $\lambda_0/4,8$ , donde  $\lambda_0$  es la longitud de onda de la primera resonancia de la antena.

20 Se apreciará que estos ejemplos de adaptación de la antena a una tubería son aplicables a cualquier objeto cilíndrico.

Se apreciará que se podrían proporcionar disposiciones alternativas en las que se colocan ranuras similares en otros tipos de antenas planas y de monopolos tales como un parche cuadrado una pajarita. El plano de masa podría extenderse para modificar el patrón de radiación de la antena. Esto también modificaría la ganancia de la antena.

30 En disposiciones alternativas múltiples componentes de filtración se forman juntos como una disposición de filtrado. En otras palabras, como se proporciona una disposición de filtrado único que tiene múltiples componentes de filtrado, cada componente de filtrado dispuesto para realizar una función de filtro específica tal como la realización de filtrado para una banda de frecuencia específica.

35 Se apreciará que el recolector descrito en este documento se puede usar en diversas aplicaciones tales como pantallas de papel electrónico, pantallas de baja potencia, sensores industriales (por ejemplo, extensómetro, temperatura, presión, inclinación, flujo, proximidad, humo, gases, COx, NOx), alimentación de LED y carga de unidades de almacenamiento.

Además, se apreciará que la red de adaptación de impedancia se puede omitir si la impedancia de puerto de la antena está diseñada para coincidir directamente con la del rectificador.

40 Se apreciará que el circuito rectificador no necesita ser un circuito basado en microcinta. Por ejemplo, en disposiciones de línea de cinta alternativas, se usa cinta coplanar o estructuras de ondas guiadas CPW. En otras modalidades adicionales se usan componentes distribuidos concentrados o de elementos concentrados.

45 En disposiciones alternativas del rectificador de onda completa se puede escalar hacia arriba o hacia abajo en frecuencia a cualquier banda de frecuencia deseada.

50 En disposiciones alternativas, la antena es al menos una antena de pajarita, antena modificada de parche cuadrado, antena de monopolo dual, antena de registro periódico, antena de 3D o antena no plana, como una antena helicoidal o de doble hélice.

55 Se apreciará que otras características de filtrado, tales como protuberancias podrían alcanzar la misma respuesta de filtrado de banda que el filtro ranura descrito en el presente documento. Además, mientras que las ranuras formadas en el parche radiante circular se muestran concéntricas, se apreciará que las ranuras no tienen que ser concéntricas. Sin embargo, la mejora de rendimiento se puede lograr mediante el uso de ranuras concéntricas.

Se apreciará que las funciones de filtro para diferentes bandas pueden disponerse a cada lado de la estructura de antena. Sin embargo, el uso de una ranura en U en el plano de masa mejora más el rendimiento en frecuencias más altas que en frecuencias más bajas.

60 El rectena descrita anteriormente se describe principalmente para su uso en la recolección de energía de RF en el ambiente. Sin embargo, se apreciará que la antena receptora también se puede usar para la recepción de energía de RF desde una fuente dedicada, o para la recepción de alguna energía de RF de una fuente dedicada, así como la recolección de energía de RF en el ambiente.

El rectificador descrito en este documento está dispuesto para su uso con una sola banda de frecuencia. Cuando una antena está dispuesta para recibir múltiples bandas de frecuencia un rectificador respectivo se utiliza para cada banda.

5

Donde se muestran o se describen de una manera que define una orientación particular, como superior o inferior componentes del sistema, se apreciará que la orientación no es importante, pero sólo la posición relativa (s) de los componentes del sistema.

## REIVINDICACIONES

1. Un aparato que comprende:  
 un circuito rectificador (103) dispuesto para convertir una señal eléctrica variable recibida en una entrada de una  
 5 antena asociada (101) en una señal eléctrica de corriente continua para suministrar a una unidad de almacenamiento de energía eléctrica (106), la antena (101) para su uso en la recolección de radiofrecuencia, RF, energía en el ambiente; y  
 un módulo de gestión de potencia (105, 300) que tiene una entrada dispuesta para recibir la corriente eléctrica y controlar el suministro de la corriente continua a la unidad de almacenamiento de energía eléctrica (106);  
 10 en el que  
 el circuito rectificador (103) comprende una pluralidad de líneas de transmisión, en el que la entrada del circuito rectificador (103) y la entrada del módulo de gestión de potencia (300) están conectados a través de la pluralidad de líneas de transmisión; y  
 el módulo de gestión de potencia (105, 300) está dispuesto al menos parcialmente dentro de un límite definido por la  
 15 pluralidad de líneas de transmisión;  
 se caracteriza por lo siguiente:  
 la pluralidad de líneas de transmisión forman los brazos primero y segundo, el primer brazo conectando la entrada del circuito rectificador (103) a la entrada del módulo de gestión de potencia (105, 300) a través de un dispositivo rectificador de polarización directa (203), y el segundo brazo conectando la entrada del circuito rectificador (103) a la  
 20 entrada del módulo de gestión de potencia (105, 300) a través de un dispositivo rectificador de polarización inversa (204);  
 el primer brazo comprende una primera línea de transmisión (202) que conecta la entrada del circuito rectificador (103) al dispositivo rectificador de polarización directa (203), y una segunda línea de transmisión que conecta el dispositivo rectificador de polarización directa (203) a la entrada del módulo de gestión de potencia (105, 300);  
 25 el módulo de gestión de potencia (105, 300) está conectado en un primer extremo de la salida del circuito rectificador (104);  
 una distancia entre un segundo extremo del módulo de gestión de potencia (105, 300) y la entrada del circuito rectificador (104) está comprendida entre  $\lambda_g/2,5$  y  $\lambda_g/5$ ;  
 una distancia entre un primer lado del módulo de gestión de potencia (105, 300) está comprendida entre  $\lambda_g/6,5$  y  
 30  $\lambda_g/12$  desde un borde del primer brazo; y  
 una distancia entre un segundo lado del módulo de gestión de potencia (105, 300) está comprendida entre  $\lambda_g/9$  y  $\lambda_g/16,4$  desde un borde del segundo brazo;  
 en donde  $\lambda_g$  es una longitud de onda en una frecuencia central de una banda de frecuencia respectiva dispuesta para ser recibida por la antena (101).  
 35
2. El aparato según la reivindicación 1, en el que la primera línea de transmisión (202) está dispuesta para la adaptación de la impedancia del circuito rectificador (103) a la antena asociada (101) y la segunda línea de transmisión está dispuesta para la adaptación de la impedancia del circuito rectificador (103) al módulo de gestión de potencia (105, 300).  
 40
3. El aparato según las reivindicaciones 1 o 2, en el que la primera línea de transmisión (202) tiene una longitud comprendida entre  $\lambda_g/6,8$  y  $\lambda_g/8,1$ .
4. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3, en el que un circuito de filtrado (104)  
 45 está conectado a la segunda línea de transmisión.
5. El aparato según la reivindicación 4, en el que el circuito de filtrado (104) es una rama de un cuarto de longitud de onda (207).
- 50 6. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 5, en el que la segunda línea de transmisión comprende una línea de transmisión de enlace (206) y una línea de transmisión de adaptación de impedancia (210), disponiéndose la línea de transmisión de enlace (206) entre el dispositivo rectificador (203) y el circuito de filtrado (104), en el que la línea de transmisión de enlace (206) se dispone para absorber una reactancia capacitiva asociada con el dispositivo rectificador (203), y disponiéndose la línea de transmisión de adaptación de  
 55 impedancia (210) entre el circuito de filtrado (104) y el módulo de gestión de potencia (105, 300).
7. El aparato según la reivindicación 6, en el que la línea de transmisión de enlace (206) tiene una longitud comprendida entre  $\lambda_g/4,3$  y  $\lambda_g/5,6$ .
- 60 8. El aparato según las reivindicaciones 6 o 7, en el que la línea de transmisión de adaptación de impedancia (210) tiene una longitud comprendida entre  $\lambda_g/3,8$  y  $\lambda_g/4,4$ .

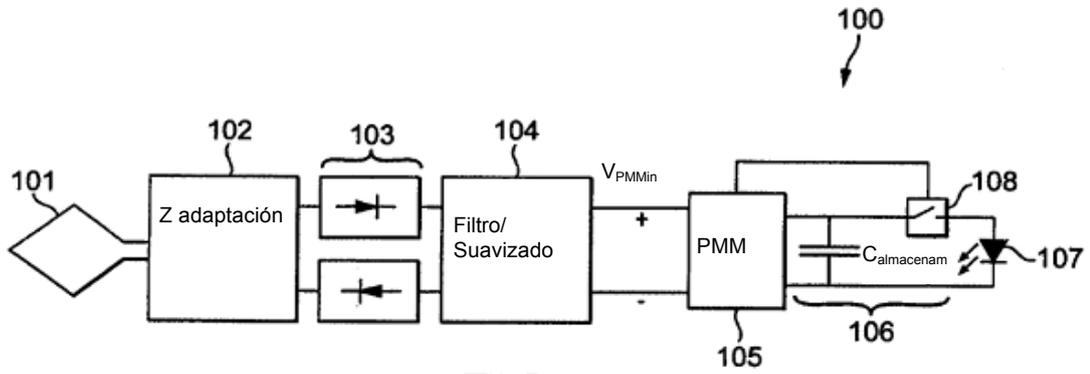


FIG. 1

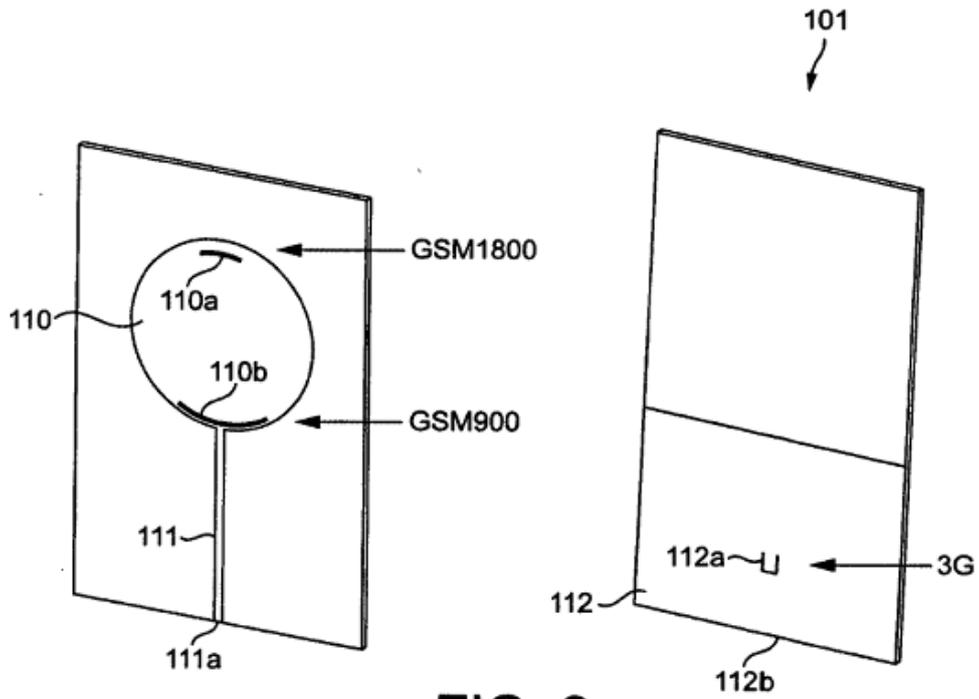


FIG. 2

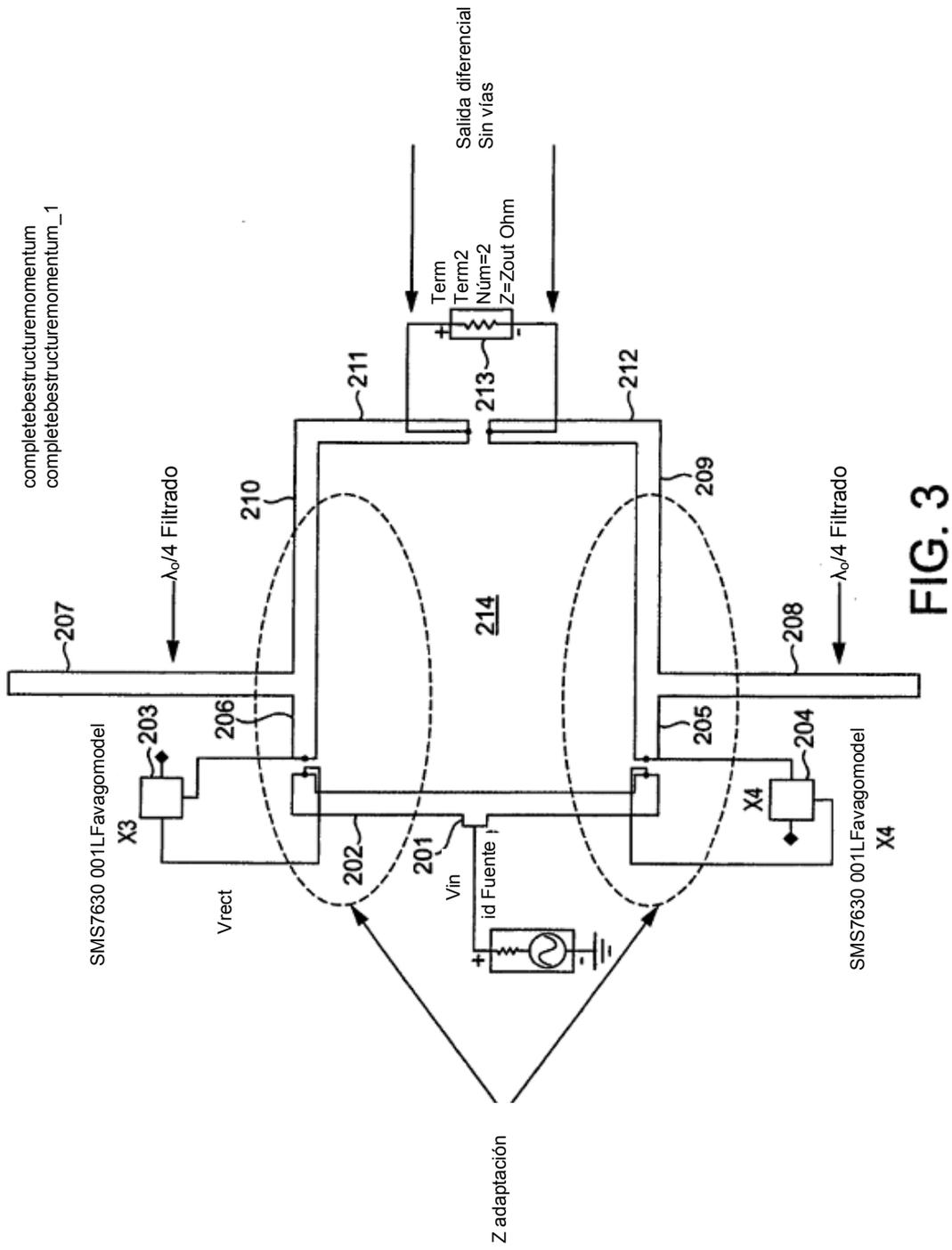


FIG. 3

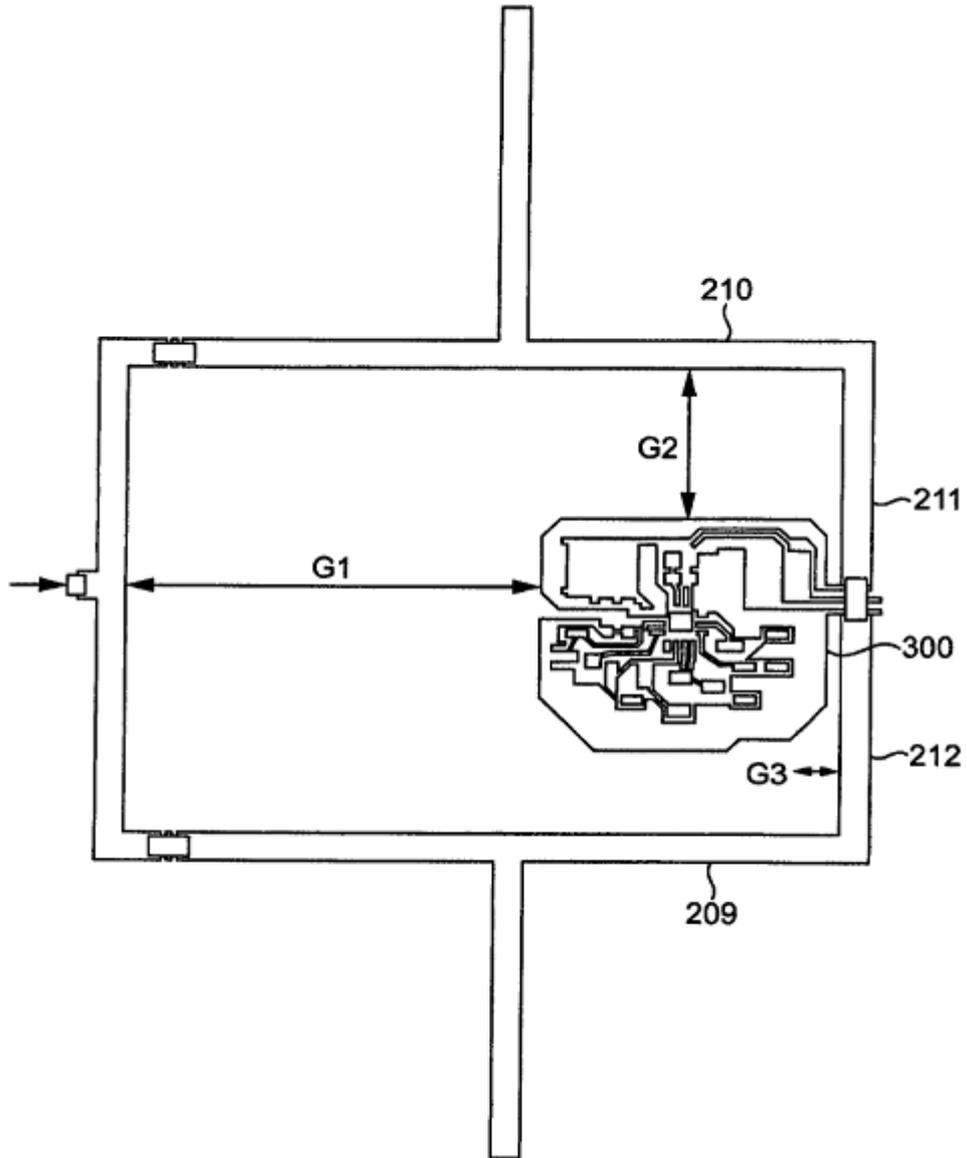
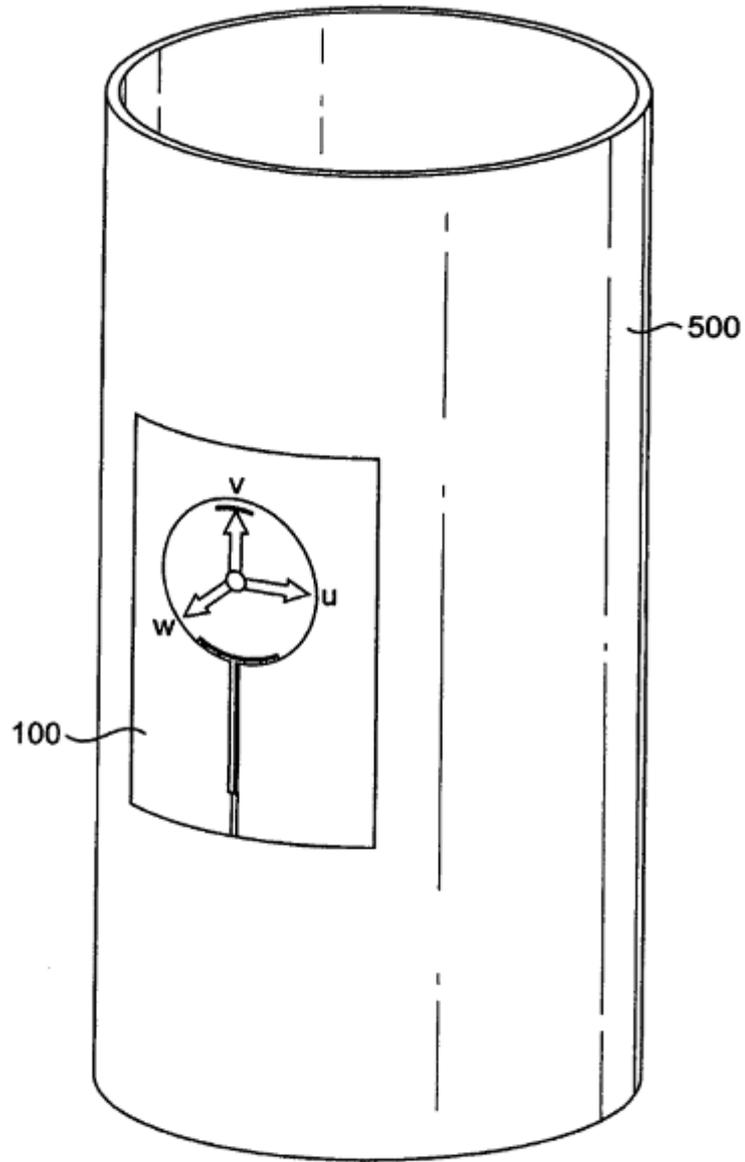


FIG. 4



**FIG. 5**