

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 788 626**

51 Int. Cl.:

**H01Q 1/24** (2006.01)

**H01Q 1/36** (2006.01)

**H01Q 21/24** (2006.01)

**H01Q 21/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.07.2014 PCT/US2014/045572**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.01.2015 WO15006214**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.07.2014 E 14742131 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020 EP 3020092**

54 Título: **Conjunto de colector de radiofrecuencia**

30 Prioridad:

**08.07.2013 US 201361843667 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.10.2020**

73 Titular/es:

**UTC FIRE & SECURITY AMERICAS  
CORPORATION, INC. (100.0%)  
8985 Town Center Parkway  
Bradenton FL 34202, US**

72 Inventor/es:

**NAYAK, JAGANNATH**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 788 626 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**

Conjunto de colector de radiofrecuencia

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las realizaciones de la invención se refieren a colectores de radiofrecuencia y, en particular, a antenas en espiral para recoger señales de RF para generar potencia.

10 Se están desarrollando y utilizando numerosos métodos para recoger energía no convencional o ambiental disponible en la naturaleza para alimentar pequeños dispositivos electrónicos. Los ejemplos de fuentes de energía no convencionales incluyen energía solar, energía por vibración, energía de radiofrecuencia (RF), energía térmica, etc. Algunas de estas fuentes de energía son ubicuas, mientras que otras están disponibles solo en momentos o lugares particulares.

15 El uso cada vez mayor de la comunicación inalámbrica y las redes inalámbricas hacen que la energía de RF esté en todas partes del mundo. La mayor parte de la energía generada para facilitar la comunicación de RF se disipa en el medio ambiente (por ejemplo, moléculas de aire, estructuras, organismos, etc.). Se están realizando esfuerzos para capturar parte de esta energía de RF que de otro modo se perdería para generar potencia.

20 El documento US 3 956 752 constituye la técnica anterior y describe un dispositivo para recoger y reirradiar energía electromagnética usando dos antenas en espiral opuestas.

25 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La invención proporciona un dispositivo para recoger energía de radiofrecuencia (RF) para generar potencia como se reivindica en la reivindicación 1.

30 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La materia objeto, que se considera como la invención, se señala particularmente y se reivindica claramente en las reivindicaciones al término de la memoria descriptiva. Lo anterior y otras características y ventajas de la invención resultan evidentes a partir de la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos adjuntos, en los que:

35 La figura 1 ilustra un conjunto de antena según una realización de la invención;

La figura 2 ilustra una vista lateral de una parte de un conjunto de antena según una realización de la invención;

40 La figura 3 ilustra antenas en espiral interconectadas según una realización de la invención;

La figura 4 ilustra un sistema de antenas según una realización de la invención;

La figura 5 ilustra capas de un sistema de antenas según una realización de la invención;

45 La figura 6 ilustra capas de un conjunto de antena según otra realización de la invención;

La figura 7 ilustra una primera capa balun según una realización de la invención;

50 La figura 8 ilustra una segunda capa balun según una realización de la invención; y

La figura 9 ilustra un diagrama de bloques del conjunto colector según una realización de la invención.

La descripción detallada explica realizaciones de la invención, junto con ventajas y características, a título de ejemplo con referencia a los dibujos.

55 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

60 La energía de radiofrecuencia (RF) se genera para comunicarse entre dispositivos de RF, pero la mayor parte de la energía de RF se disipa en el medio ambiente. Las realizaciones de la invención se refieren a la recogida de energía de RF con sistemas de antenas en espiral.

65 La figura 1 ilustra un sistema de antenas 100 según una realización de la invención. El conjunto de antena 100 incluye un circuito de interconexión de capas 110, un sistema de antenas 120 y un circuito colector 130. El sistema de antenas 120 es un sistema de antenas multicapa, y el circuito de interconexión de capas 110 conecta las múltiples capas del sistema de antenas 120.

El circuito colector 130 recoge la energía eléctrica generada por el sistema de antenas 120 y prueba una salida eléctrica para proporcionar la energía eléctrica a un dispositivo eléctrico, tal como una batería u otro dispositivo que funciona con electricidad o almacena una carga eléctrica.

5 La figura 2 ilustra una vista lateral de un conjunto de antena 200 según una realización de la invención. El conjunto de antena 200 incluye una primera capa de antena en espiral 210, una primera capa de antena plana 220, una capa de tierra 230, una segunda capa de antena en espiral 250 y una segunda capa de antena plana 260. La primera capa de antena en espiral 210 incluye tres antenas en espiral 212a, 212b y 212c situadas en las aberturas 213a, 213b y 213c en un primer sustrato 211. La segunda capa de antena en espiral 250 incluye tres antenas en espiral 252a, 252b y 252c situadas en las aberturas 253a, 253b y 253c en un segundo sustrato 251. Las tres antenas en espiral 212a, 212b y 212c están conectadas a las tres antenas en espiral 252a, 252b y 252c mediante componentes eléctricos que incluyen diodos Schottky 240a, 240b y 240c.

15 La primera capa de antena de placa plana 220 se forma sobre el primer sustrato 211. La primera capa de antena de placa plana 220 comprende un material conductor, y una antena de placa plana separada de la capa de antena de placa plana 220 se puede posicionar encima de cada antena en espiral 212a, 212b y 212c. De manera similar, la segunda capa de antena de placa plana 260 se forma sobre el segundo sustrato 251. Las capas de antena de placa plana 220 y 260 se describirán con más detalle a continuación con respecto a la figura 4.

20 La capa de tierra 230 incluye un sustrato 231 y una placa de tierra 232. La placa de tierra 232 puede ser una placa conductora que tiene orificios cortados en la placa para pasar líneas conductoras que conectan las primeras antenas en espiral 212a, 212b y 212c y las segundas antenas conductoras 252a, 252b y 252c. Dado que la primera y segunda capas de antena en espiral 210 y 250 están separadas por una placa de tierra 232, los campos de radiación de las antenas en espiral de las capas 210 y 250 respectivas están, al menos parcialmente, separadas, y la pérdida de polarización y la pérdida de interacción electromagnética se reducen o se eliminan.

30 La figura 3 ilustra las antenas en espiral conectadas 212a y 252a según una realización de la invención. Las antenas en espiral 212a y 252a están dispuestas paralelas entre sí, y en espiral en direcciones opuestas. Como se ilustra en la figura 3, la primera antena en espiral 212a gira en espiral en sentido antihorario (CCW) y la segunda antena en espiral 252a gira en espiral en sentido horario (CW) desde su centro hacia fuera. En realizaciones de la invención, las antenas en espiral 212a y 252a conectadas por el diodo Schottky 240a forman una rectena, que es una antena que detecta o recibe microondas y genera una salida de corriente continua (CC) basada en las microondas detectadas o recibidas. El diodo Schottky 240a rectifica las señales generadas por las antenas en espiral 212a y 252a y se puede conectar una carga (no mostrada) a través del diodo Schottky 240a.

35 En realizaciones de la invención, las espirales de las antenas en espiral 212a y 252a pueden ser espirales de un solo brazo de estilo Arquímedes. Los efectos técnicos de dichas antenas en espiral incluyen una mayor eficiencia espectral que otras antenas más planas, y las antenas en espiral son independientes de la frecuencia. Además, en algunas realizaciones, los anchos de banda de las antenas en espiral alcanzan hasta 40:1 tanto para la impedancia de entrada como para los patrones de radiación.

40 Además, como se ilustra en las figuras 2 y 3, las antenas en espiral conectadas, tales como las antenas en espiral 212a y 252a, dan como resultado una polarización dual, que se logra a través de planos duales de antenas en espiral de Arquímedes, tales como las antenas 212a y 252a. Además, como se ilustra en la figura 2, la placa de tierra 232 o 272 entre las antenas en espiral conectadas tienen una interacción electromagnética debido al paralelismo de las espirales que tienen polaridades opuestas. Además, mientras que la figura 2 ilustra diferentes antenas, placas y capas de diferentes grosores, los grosores y tamaños ilustrados son solo para fines ilustrativos, y las realizaciones de la invención no están limitadas a tamaños o proporciones ilustradas en la figura 2.

50 La figura 4 ilustra un sistema de antenas 120 según una realización de la invención. El sistema de antenas 120 incluye módulos de antena 410, 420, 430, 440, 450, 460, 470, 480 y 490. El módulo de antena 410 se describirá con más detalle, aunque las características del módulo de antena 410 son las mismas que las características de los módulos de antena 420, 430, 440, 450, 460, 470, 480 y 490. Además, los módulos de antena 410, 420 y 430 pueden corresponder a las antenas en espiral 212a, 212b y 212c de la figura 2.

55 El módulo de antena 410 incluye una antena en espiral 411 y antenas de placa plana 414 y 415. Las antenas de placa plana 414 y 415 constituyen una porción de la capa de antena de placa plana 220 de la figura 2. La antena de placa plana 415 incluye una salida conectada a una antena de placa plana adyacente del módulo de antena 420, y la antena de placa plana 414 incluye una salida conectada a una antena de placa plana diferente del módulo de antena 460. La antena en espiral 411 incluye un primer el conector extremo 412 conectado a un circuito de interconexión de capas 110 y un conector central 413 conectado a una antena en espiral situada en un lado opuesto de un conjunto de antena en espiral desde la antena en espiral 411, como se ilustra en la figura 2.

65 Las antenas de placa plana 414 y 415, también denominadas antenas de parche 414 y 415, capturan microondas con fugas, o microondas que pueden emitirse por la antena en espiral 411. Las antenas de placa plana 414 y 415 tienen formas angulares que rodean sustancialmente la antena en espiral 411 a lo largo de una circunferencia de la antena

en espiral 411, o en una dirección radial con respecto al centro de la antena en espiral 411. La figura 2 ilustra la capa de antena de placa plana 220 situada en la parte superior del sustrato 211 para fines de descripción. Sin embargo, las realizaciones incluyen antenas de placa plana que se insertan en ranuras en un sustrato 211 para tener una superficie externa que esté sustancialmente al ras con la superficie externa del sustrato 211. Las antenas de placa plana 414 y 415 capturan ondas con fugas y mejoran las características de banda ancha de la antena en espiral 411 mejorando una curva de frecuencia frente a impedancia de la antena en espiral 411.

Las salidas de los módulos de antena 410 a 490, incluidas las antenas en espiral 411 y las antenas de parche 414 y 415 de cada módulo de antena 410 a 490, se envían al circuito de interconexión de capas 110, que es un circuito impreso en comunicación eléctrica con el sistema 120. En una realización, el circuito de interconexión de capas 110 está impreso en el mismo sustrato en el que están situados los módulos de antena 410 a 490. El sustrato 401 puede ser, por ejemplo, una placa de circuito impreso.

La figura 5 ilustra una vista en sección transversal de capas de un conjunto de antena 500 según una realización de la invención. El conjunto de antena incluye una primera capa de antena en espiral 510 que incluye un sustrato 511, antenas en espiral 512a, 512b y 512c y antenas de parche 516. El sustrato 511 puede estar hecho de cualquier material eléctricamente aislante, tal como una placa de circuito impreso (PCB), resina, material semiconductor, o cualquier otro material eléctricamente aislante. Las antenas 512a, 512b y 512c y las antenas de parche 516 pueden estar hechas de cualquier material conductor, tal como cobre, aluminio, oro, plata o cualquier otro material conductor o aleación. La antena 512a, 512b y 512c y las antenas de parche 516 pueden preformarse y depositarse sobre el sustrato 511, pueden formarse por fotolitografía o deposición química sobre el sustrato 511, o pueden formarse o depositarse por cualquier otro proceso.

Debajo de la primera capa de antena en espiral 510 hay una primera capa dieléctrica delgada 520. Debajo de la primera capa dieléctrica delgada 520 hay una primera capa balun 525. La primera capa balun 525 incluye el cableado balun 527 sobre un sustrato 526. Debajo de la primera capa balun 525 hay una segunda capa dieléctrica delgada 530. Debajo de la capa dieléctrica delgada 530 hay una capa de tierra 535, incluyendo una placa de tierra conductora o cableado.

El conjunto de antena 500 incluye además una segunda capa de antena en espiral 540 que incluye un sustrato 541, antenas en espiral 542a, 542b y 542c y antenas de parche 546. Por encima de la segunda capa de antena en espiral 540 hay una tercera capa dieléctrica delgada 550. Por encima de la tercera capa dieléctrica delgada 550 hay una segunda capa balun 555. La segunda capa balun 555 incluye el cableado balun 557 sobre un sustrato 556. Por encima de la segunda capa balun 555 hay una cuarta capa dieléctrica delgada 560. Por encima de la cuarta capa dieléctrica delgada 560 se encuentra la capa de tierra 535.

Como se ilustra en la figura 5, todas las capas 510, 520, 525, 530, 535, 540, 550, 555 y 560 tienen orificios en ellas para formar los canales 513a, 513b y 513c que se extienden entre las antenas en espiral 512a a 512c y las antenas en espiral 542a a 542c. Un rectificador 515a, 515b o 515c está situado a lo largo de los cables 514a, 514b y 514c que se extienden entre las antenas en espiral 512a a 512c y las antenas en espiral 542a a 542c. En una realización, los rectificadores 515a a 515c son diodos Schottky. Aunque los rectificadores 515a a 515c se ilustran dentro de los canales 513a a 513c, las realizaciones de la invención incluyen cualquier configuración en la que los rectificadores 515a a 515c estén situados eléctricamente entre las antenas en espiral 512a a 512c y las antenas en espiral 542a a 542c. Por ejemplo, los rectificadores 515a a 515c pueden ser elementos de circuito montados en, o dentro de, una de las capas dieléctricas 520, 530, 550 o 560, o montados en los sustratos 526 o 557. Además, mientras que la figura 5 ilustra un cable o línea 514 que se extiende a través del canal 513a, las realizaciones de la invención incluyen cualquier método de conexión eléctrica, tal como proporcionar un material de relleno conductor para llenar los canales 513a a 513c.

Aunque las conexiones entre las antenas en espiral 512a a 512c y las antenas en espiral 542a a 542c se ilustran en la figura 5, se entiende que el conjunto de antena 500 incluye conexiones eléctricas y físicas adicionales entre diversas capas, incluyendo entre las antenas en espiral 512a a 512c y el primer circuito balun 527, o capa de cableado balun, y entre el primer circuito balun 527 y la primera placa de tierra 537.

Aunque los términos "encima" y "debajo" se han usado para describir las capas en vista de la figura 5, se entiende que las realizaciones de la invención incluyen dispositivos que tienen capas dispuestas como en la figura 5, pero con cualquier orientación, tal como en un ángulo mayor de cero con respecto a la figura 5. Además, las realizaciones de la invención incluyen conjuntos de antena que tienen capas adicionales o capas omitidas, en relación con la figura 5. En una realización, el grosor total del conjunto de antena, tal como el conjunto 500 de la figura 5, satisface lo siguiente:  $0,006\lambda_0 < h \leq 0,05\lambda_0$ , donde  $\lambda_0$  es la longitud de onda de una onda de radiofrecuencia (RF) en el espacio libre.

La figura 6 ilustra una vista en sección transversal de capas de un conjunto de antena 600 según una realización de la invención. El conjunto de antena incluye una primera capa de antena en espiral 610 que incluye un sustrato 611 y módulos de antena en espiral 612a, 612b y 612c. El sustrato 611 puede estar hecho de cualquier material eléctricamente aislante, tal como una placa de circuito impreso (PCB), resina, material semiconductor, o cualquier otro material eléctricamente aislante. Los módulos de antena 612a, 612b y 612c incluyen cada uno una capa aislante

dieléctrica 615a, 615b o 615c que, junto con el sustrato 611, forma una cavidad 617a, 617b o 617c. Se forma una antena en espiral 613a, 613b o 613c en la capa aislante dieléctrica 615a, 615b o 615c. Las antenas de parche 614a, 614b o 614c se forman para rodear la antena en espiral 613a, 613b o 613c en la superficie de la capa aislante dieléctrica 615a, 615b o 615c. Las antenas de parche 614a, 614b y 614c también están configuradas para rodear las caras laterales de las capas aislantes dieléctricas 615a, 615b o 615c. En otras palabras, una porción de las antenas de parche 614a, 614b o 614c se sitúa en la misma superficie de las capas aislantes dieléctricas 615a, 615b o 615c que las antenas en espiral 613a, 613b o 613c, y una porción de las antenas de parche 614a, 614b o 614c se sitúa en las caras laterales de las capas aislantes dieléctricas 615a, 615b o 615c.

Debajo de la primera capa de antena en espiral 610 hay una primera capa dieléctrica delgada 620. Debajo de la primera capa dieléctrica delgada 620 hay una primera capa balun 630. Debajo de la primera capa balun 620 hay una segunda capa dieléctrica delgada 630. Debajo de la segunda capa dieléctrica delgada 630 hay una capa de tierra 640, que puede ser una placa conductora. El conjunto de antena 600 incluye además una segunda capa de antena en espiral 670 que incluye un sustrato 671 y módulos de antena en espiral 672a, 672b y 672c. El sustrato 671 puede estar hecho de cualquier material eléctricamente aislante, tal como una placa de circuito impreso (PCB), resina, material semiconductor, o cualquier otro material eléctricamente aislante. Los módulos de antena 672a, 672b y 672c incluyen cada uno una capa aislante dieléctrica 675a, 675b o 675c. Se forma una antena en espiral 673a, 673b o 673c en la capa aislante dieléctrica 675a, 675b o 675c. Las antenas de parche 674a, 674b o 674c se forman para rodear la antena en espiral 673a, 673b o 673c en la superficie de la capa aislante dieléctrica 675a, 675b o 675c. Las antenas de parche 674a, 674b y 674c también están configuradas para rodear las caras laterales de las capas aislantes dieléctricas 675a, 675b o 675c.

Como se ilustra en la figura 6, todas las capas 610, 620, 630, 640, 650, 660 y 670 tienen orificios en ellas para formar canales 681. Con fines de claridad, solamente el canal 681 que se extiende entre las antenas en espiral 613a y 673a está marcado en la figura 6, pero cada par opuesto de antenas 613a y 673a, 613b y 673b, y 613c y 673c está conectado por una línea conductora 682 que se extiende a través de los canales 681 en las capas 610, 620, 630, 640, 650, 660 y 670. En una realización, un aislante 683 rodea la línea conductora 682 dentro del canal 681 en ubicaciones correspondientes a la capa de tierra 640 y las capas balun 620 y 650 para evitar el contacto eléctrico entre la línea conductora 682 y las capas 640, 620 y 650.

En una realización, un rectificador 616a, 616b o 616c, tal como un diodo Schottky, está conectado eléctricamente a un centro de las antenas en espiral 613a, 613b o 613c. Por ejemplo, el diodo Schottky puede montarse en la superficie en el centro de las antenas en espiral 613a, 613b o 613c. El rectificador 616a, 616b o 616c está situado a lo largo de la ruta eléctrica entre los brazos en espiral de las antenas en espiral 613a a 613c y las antenas en espiral 673a a 673c.

En una realización, los módulos de antena en espiral 612a a 612c y 672a a 672c se pueden conectar y desconectar fácilmente de la línea conductora 682. Como se ilustra en la figura 6, la línea conductora 682 tiene un conector 684 que está situado para conectarse a un conector 685 de cada módulo de antena en espiral 612a a 612c y 672a a 672c. Los conectores 684 y 685 pueden ser de cualquier tipo de conexión, tal como un conector macho-hembra en el que un conector se inserta en otro. En realizaciones alternativas, los módulos de antena en espiral 612a a 612c y 672a a 672c pueden conectarse a los sustratos 711 y 771 o la línea conductora 682 mediante adhesivos, soldadura o cualquier otro proceso de conexión permanente.

Mientras que las diversas capas y otras características se han ilustrado en la figura 6 con diferentes espesores, se entiende que los espesores y longitudes de los materiales y características de la figura 6 se proporcionan solo a modo de ilustración, y las realizaciones de la invención no se limitan a los anchos, longitudes, espesores o dimensiones relativas específicos que se ilustran en la figura 6.

La figura 7 ilustra una primera capa balun 525 según una realización de la invención. La capa balun ilustrada en la figura 7 también puede corresponder a la primera capa balun 620 ilustrada en la figura 6. La primera capa balun 525 incluye el sustrato 526 y el cableado balun 527. El cableado balun 527 puede ser cualquier material conductor, tal como cobre, aluminio, etc. El cableado balun 527 puede imprimirse en el sustrato 526 a través de fotolitografía, grabado, deposición o cualquier otro método. El cableado balun 527 incluye una entrada 528 de la primera capa de antena en espiral 510, y en particular, de las antenas en espiral 512a, 512b y 512c. El cableado balun 527 también incluye salidas 529 a un circuito colector (no mostrado en la figura 7). El cableado balun 527 también está conectado a tierra, tal como la placa de tierra 537. El cableado balun 527 está configurado para hacer coincidir la impedancia de las antenas en espiral 512a a 512c con el circuito colector.

La figura 8 ilustra una segunda capa balun 555 según realizaciones de la invención. La capa balun ilustrada en la figura 8 también puede corresponder a la segunda capa balun 660 de la figura 6. La segunda capa balun 555 incluye un sustrato 557 y el cableado balun 556. El cableado balun 556 incluye una entrada 558 de la segunda capa de antena en espiral 540, y en particular, de las antenas en espiral 542a, 542b y 542c. El cableado balun 556 también incluye salidas 559 a un circuito colector (no mostrado en la figura 8). El cableado balun 556 también está conectado a tierra, tal como la placa de tierra 566. El cableado balun 556 está configurado para hacer coincidir la impedancia de las antenas en espiral 542a a 542c con el circuito colector.

En realizaciones de la invención, los cableados balun 527 y 556 comprenden un puerto "no equilibrado" convertido en dos puertos "equilibrados". El puerto no equilibrado puede ser la entrada o la salida, ya que los puertos equilibrados del dispositivo, por el contrario, pueden ser la salida o la entrada. Los cableados balun 527 y 556 están diseñados para tener un cambio de fase preciso de 180 grados, con pérdida mínima e impedancias equilibradas iguales. Los cableados balun 527 y 556 proporcionan beneficios técnicos de mejorar el aislamiento entre los sistemas de antenas de las capas de antena 510 y 540, mejorar la coincidencia de impedancia entre los sistemas de antenas y un circuito colector, mejorar las características de transformación de equilibrio/desequilibrio, y disminuir la interacción de ruido entre los puertos de los cableados balun 527 y 556. Los balun 527 y 556 están configurados para transferir la potencia de entrada desde una línea no equilibrada (es decir, desde las antenas en espiral 512a a 512c y 542a a 542c) a una línea de transmisión equilibrada en la salida. Los cableados balun 527 y 556 comprenden un transformador de cuarto de onda, dos ramificaciones o líneas de retardo y líneas de salida.

Los cableados balun 527 y 556 usan acoplamiento electromagnético para proporcionar un nivel igual de potencia en ambos puertos de salida pero con una diferencia de fase de 180 grados en un amplio intervalo de frecuencia. Los cableados balun 527 y 556 incluyen elementos  $\lambda/4$  y  $\lambda/2$  (donde  $\lambda$  es la longitud de onda de la frecuencia central) con estructuras alternativas tipo condensador interdigital formadas por proyecciones de línea microstrip desde tierra (tal como las placas de tierra 537 y 566) que se acoplan con bucles alternos de líneas microstrip. Para anchos de banda mejorados, múltiples secciones de líneas de media longitud de onda están interconectadas por cuartos de longitud de onda. El modelo eléctrico equivalente serían inductores en serie con condensadores paralelos cuyo extremo está conectado a tierra. En su conjunto forman acopladores de línea acoplados. Los acopladores de línea acoplados incluyen dos líneas de cuarto de onda con acoplamiento capacitivo entre ellos. El acoplamiento entre las dos líneas es el resultado de la interacción de los campos electromagnéticos de cada línea. Se usan los circuitos de inductores y condensadores planos en paralelo y en serie para realizar los circuitos abiertos y cortocircuitos eficaces respectivamente.

Como se ilustra en las figuras 7 y 8, las líneas de entrada 528 y 558 de los cableados balun 527 y 556 forman dos conjuntos de elementos de bucle. Un conjunto de elementos de bucle tiene una longitud constante  $\lambda/4$ , lo que da como resultado una estructura equilibrada. El otro conjunto de elementos de bucle tiene una estructura desfasada de 180 grados, lo que da como resultado una salida desequilibrada junto con la formación de estructura pi con elementos desequilibrados  $\lambda/4$  y  $\lambda/2$ . Los cableados balun resultantes 527 y 556 tienen cada uno cuatro puertos, dos puertos de entrada y dos puertos de salida.

Con referencia a las figuras 4, 5, 7 y 8 el circuito de interconexión de capas 110 de la figura 4 conecta las salidas de los módulos de antenas en espiral 410 a 490, incluyendo las antenas en espiral 411 y las antenas de parche 414 y 415 entre sí y con las capas balun 525 y 555. En una realización, las salidas 412 de todas las antenas en espiral 411 de cada sistema planar 120, están interconectadas. Por ejemplo, el sistema 120 ilustrado en la figura 4 es un sistema correspondiente a la primera capa de antena en espiral 510 de la figura 5, y la segunda capa de antena en espiral 540 incluye un sistema similar que tiene una antena en espiral con espirales de una dirección opuesta. En tal realización, todas las antenas en espiral de la primera capa de antena en espiral 510 están conectadas entre sí, y todas las antenas en espiral de la segunda capa de antena en espiral 540 están conectadas entre sí. Las salidas de las antenas en espiral de la primera capa de antena en espiral 510 comprenden una entrada 528 del primer cableado balun 525 y una entrada 558 del segundo cableado balun 555. De forma similar, las salidas de las antenas en espiral de la segunda capa de antena en espiral 540 comprenden una entrada 528 del primer cableado balun 525 y una entrada 558 del segundo cableado balun 555.

En una realización, el cableado del circuito de interconexión 110 conecta las antenas en espiral de la primera capa de antena en espiral 510 y las antenas en espiral de la segunda capa de antena en espiral 540 juntas en serie, de tal forma que todas las antenas en espiral del conjunto de antena 500 se conectan en serie, y los extremos de las antenas en espiral están conectados a los cableados balun 527 y 556. De manera similar, en una realización, todas las antenas de parche 516 y 546 están conectadas en serie, y los extremos de la serie de antenas de parche están conectados a las capas de cableado balun 527 y 556.

La figura 9 ilustra un diagrama de bloques de un conjunto colector 900 según una realización de la invención. El conjunto 900 incluye un sistema de antenas 901 conectado a un circuito de suma de tensión 902. El circuito de suma de tensión 902 puede incluir un amplificador operacional (op-amp). El sistema de antenas 901 reúne energía de microondas, y cada antena del sistema de antenas 901 transmite la energía reunida al circuito de suma de tensión 902 para combinar la tensión reunida en una señal de potencia. El sistema de antenas 901 puede corresponder al sistema de antenas 120 de las figuras 1 y 4, por ejemplo. La energía reunida se recoge a través de un circuito resonador 903 y un multiplicador de tensión 904, tal como una bomba de carga Dickson de dos etapas. El circuito de resonador 903, también denominado tanque de resonador, asegura que se suministre suficiente oscilación de tensión en la señal de potencia desde el circuito de suma de tensión 902 para impulsar la etapa rectificadora 905.

La señal resultante se introduce en una etapa rectificadora 905. En una realización, la etapa rectificadora 905 incluye un circuito rectificador de tres o cuatro etapas. Dado que se produce alguna pérdida de potencia en el circuito rectificador, debido a la energía requerida para impulsar la barrera de unión de diodos, se puede proporcionar un condensador 906 entre el rectificador 905 y un regulador de tensión 907. El condensador 906 puede seleccionarse de

tal forma que el tiempo de carga del condensador no sea más de uno a tres segundos, y el nivel de carga sea alto. En una realización, múltiples condensadores, o múltiples supercondensadores, están conectados en serie. El rectificador 905 convierte la potencia de RF del sistema de antenas 901 en potencia de CC. El regulador de tensión 907 recibe la tensión rectificadora de la etapa rectificadora 905 y emite una tensión regulada a un nivel predeterminado. La potencia del regulador de tensión 907 se envía a una carga, tal como una batería.

En una realización, el conjunto colector 900 incluye uno o más microcontroladores configurados para calcular un nivel de entrada de potencia y para ajustar automáticamente un circuito de adaptación para señales de RF disponibles a una frecuencia particular.

Las realizaciones de la invención incluyen antenas rectena, y en particular, sistemas de antenas en espiral que son paralelas entre sí, que giran en espiral en direcciones opuestas y que están conectadas entre sí. Se proporciona un plano de tierra entre los sistemas de antenas para aislar los campos eléctricos de las antenas. Se proporciona una capa dieléctrica entre el plano de tierra y los sistemas de antenas para aumentar la fuerza estructural y aumentar la ganancia frente a la frecuencia del conjunto.

Un rectificador, tal como un diodo Schottky, conecta los centros de las antenas en espiral de diferentes sistemas a través de un orificio que se extiende a través del conjunto del sistema de antenas, incluyendo las capas de tierra, las capas dieléctricas y las capas balun. En algunas realizaciones, el propio diodo Schottky se usa para la adaptación y el filtrado de la señal de salida. Sin embargo, en algunas realizaciones de la invención, se proporciona un circuito de adaptación de línea de transmisión para que coincida con la impedancia de diodo óptima para todas las frecuencias, según el teorema de transferencia de potencia máxima.

Las dimensiones de las antenas en espiral se pueden ajustar según las características de diseño deseadas. En una realización, el diámetro de los elementos de rectena (o antenas en espiral) satisface lo siguiente:  $0,3333 \lambda_0 < L < 0,5 \lambda_0$ , donde  $L$  es el diámetro de cada elemento de rectena y  $\lambda_0$  es la longitud de onda en el espacio libre de una onda de radiofrecuencia (RF). Para obtener haces de inclinación, la periferia más externa del sistema de rectenas debe ser más de  $2\lambda^g$ . El haz inclinado se obtiene superponiendo un campo de radiación entre una primera región activa, tal como una antena en espiral que tiene una circunferencia de  $1\lambda^g$  y una segunda región activa, tal como una antena en espiral que tiene una circunferencia de  $2\lambda^g$ . Aquí,  $\lambda^g$  = una longitud de onda en un medio dieléctrico de un conjunto de antena, tal como el conjunto de antena ilustrado en la figura 5. En realizaciones de la invención, la constante dieléctrica,  $\epsilon_r$ , del sustrato en el que están alojadas las antenas, tal como el sustrato 511 de la figura 5, satisface lo siguiente:  $0,2 < \epsilon_r < 12$ . Además, el espesor dieléctrico,  $h$ , satisface lo siguiente:  $0,003\lambda_0 < h < 0,05\lambda_0$ .

PA-0025066-WO (U300210PCT)

El número de vueltas de las antenas en espiral depende de un cálculo de impedancia de la antena que coincida con la impedancia de diodo óptima. Una antena en espiral que tiene un mayor número de vueltas con una separación óptima tiene más eficiencia espectral y ancho de banda. La circunferencia de la zona de radiación determina la frecuencia de radiación. En realizaciones de la invención, la circunferencia de la zona de radiación es mayor de  $2 \times \lambda_0$ , donde  $\lambda_0$  es la longitud de onda de la onda de RF en el espacio libre.

Hay dos posibles excitaciones para las antenas en espiral: excitación fuera de fase (equilibrada) y excitación en fase. La excitación fuera de fase crea el llamado modo normal o el primer modo espiral, y la excitación en fase crea el segundo modo. Dado que el modo normal tiene un patrón de costado de lóbulo lateral único, requiere una entrada equilibrada. Esto se puede lograr usando un balun de banda ancha, tal como las capas balun 525 y 555 de la figura 5.

Aunque la invención se ha descrito en detalle en relación con solo un número limitado de realizaciones, debe entenderse fácilmente que la invención no está limitada a dichas realizaciones descritas.

Además, aunque se han descrito diversas realizaciones de la invención,

debe entenderse que los aspectos de la presente invención pueden incluir solo algunas de las realizaciones descritas. En consecuencia, la invención no debe verse como limitada por la descripción anterior, sino que solo está limitada por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo para recoger energía por radiofrecuencia, RF, para generar potencia, que comprende:
- 5 una primera antena en espiral (212a; 212b; 212c) que tiene una primera dirección en espiral, teniendo la primera antena en espiral (212a; 212b; 212c) una forma en sección transversal en espiral a lo largo de un primer plano horizontal;
- 10 una segunda antena en espiral (252a; 252b; 252c) que tiene una segunda dirección en espiral opuesta a la primera dirección en espiral, teniendo la segunda antena en espiral (252a; 252b; 252c) una forma en sección transversal en espiral a lo largo de un segundo plano paralelo al primer plano;
- una capa de tierra (230) entre la primera y la segunda antenas en espiral (212; 252), estando la primera antena en espiral (212a; 212b; 212c) conectada eléctricamente a la segunda antena en espiral (252a; 252b; 252c) en el centro de la primera y segunda antenas en espiral por un elemento conductor que pasa a través de la capa de tierra (230) sin entrar en contacto con una placa de tierra conductora de la capa de tierra (230); que se caracteriza por:
- 15 una primera capa dieléctrica que rodea la primera antena en espiral (212a; 212b; 212c) a lo largo del primer plano horizontal; y
- una primera antena plana (220) montada en la primera capa dieléctrica, definiendo la primera antena plana (220) un cuarto plano paralelo al primer plano horizontal.
- 20 2. El dispositivo de la reivindicación 1, donde el elemento conductor incluye un diodo Schottky.
3. El dispositivo de la reivindicación 1, donde la capa de tierra define un tercer plano paralelo al primer plano horizontal y al segundo plano.
- 25 4. El dispositivo de la reivindicación 1, donde la primera capa dieléctrica tiene un grosor mayor que el grosor de la primera antena en espiral, de tal forma que el cuarto plano no se cruza con el primer plano horizontal.
5. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende además:
- 30 una primera capa balun entre la primera antena en espiral y la capa de tierra, estando la primera capa balun conectada eléctricamente a la primera antena en espiral y la capa de tierra; y
- una segunda capa balun entre la segunda antena en espiral y la capa de tierra, estando la segunda capa balun conectada eléctricamente a la segunda antena en espiral.
- 35 6. El dispositivo de la reivindicación 5, que comprende además:
- un circuito colector conectado a las salidas de la primera y segunda capas balun, estando el circuito colector configurado para recibir una señal de radiofrecuencia recogida por la primera y segunda antenas en espiral y generar una señal de corriente continua basada en la señal de radiofrecuencia.
- 40 7. El dispositivo de la reivindicación 1, donde la primera antena en espiral incluye un primer sistema de primeras antenas múltiples en espiral dispuestas a lo largo del mismo primer plano horizontal, y
- 45 la segunda antena en espiral incluye un segundo sistema de segundas antenas múltiples en espiral dispuestas a lo largo del mismo segundo plano.
8. El dispositivo de la reivindicación 7, donde las primeras antenas múltiples en espiral y las segundas antenas múltiples en espiral están dispuestas en serie eléctricamente.

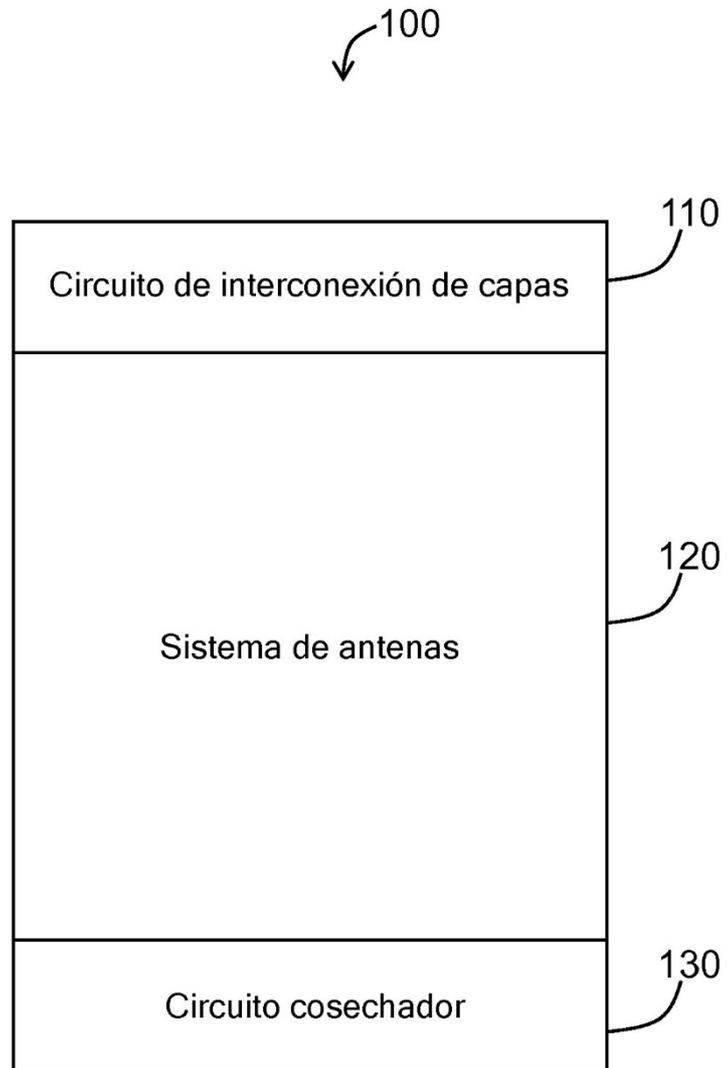


FIG. 1

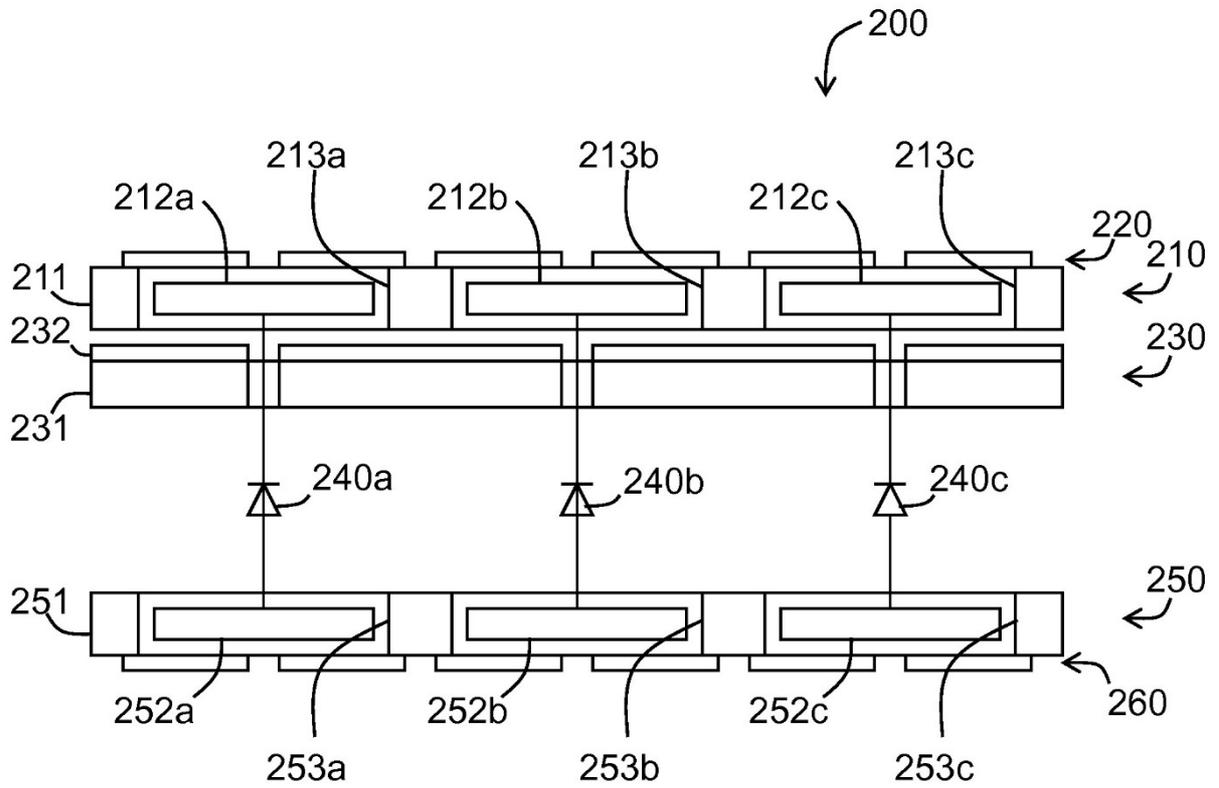


FIG. 2

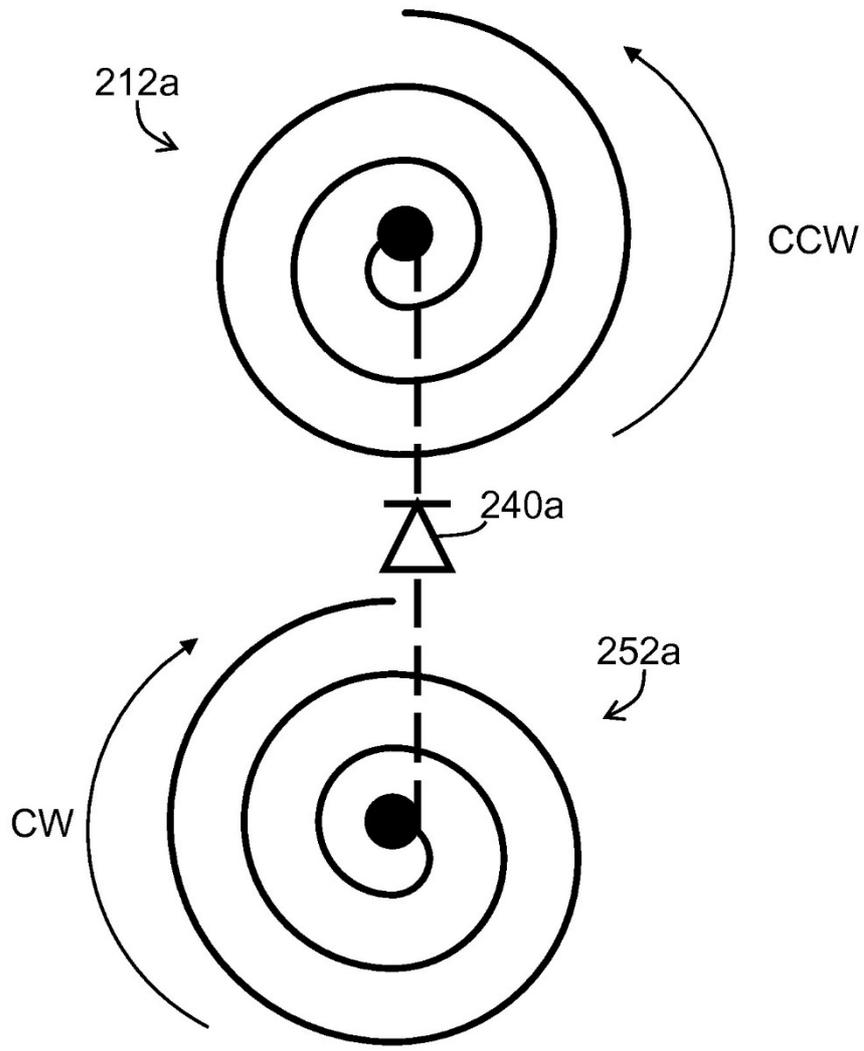


FIG. 3

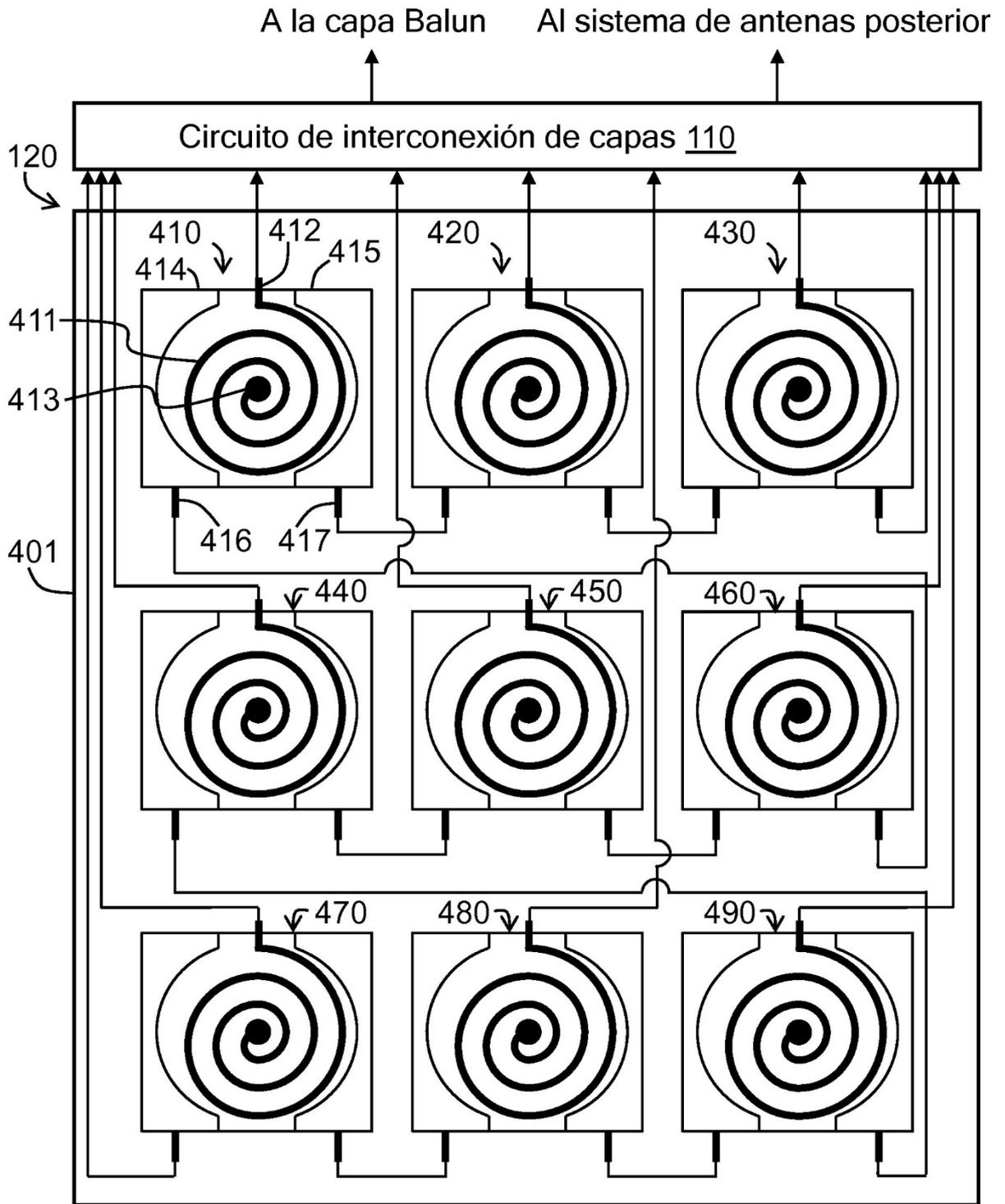


FIG. 4

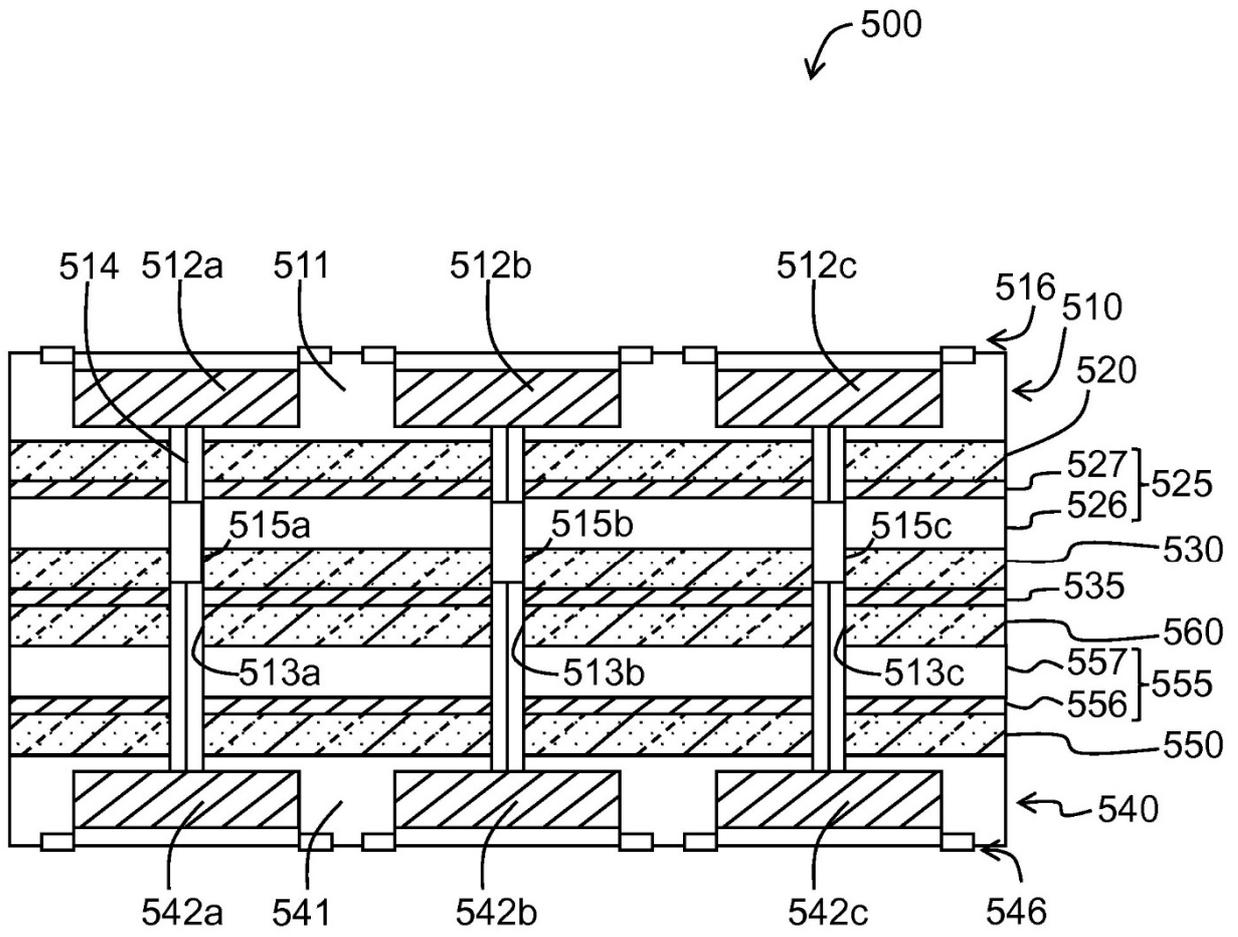


FIG. 5

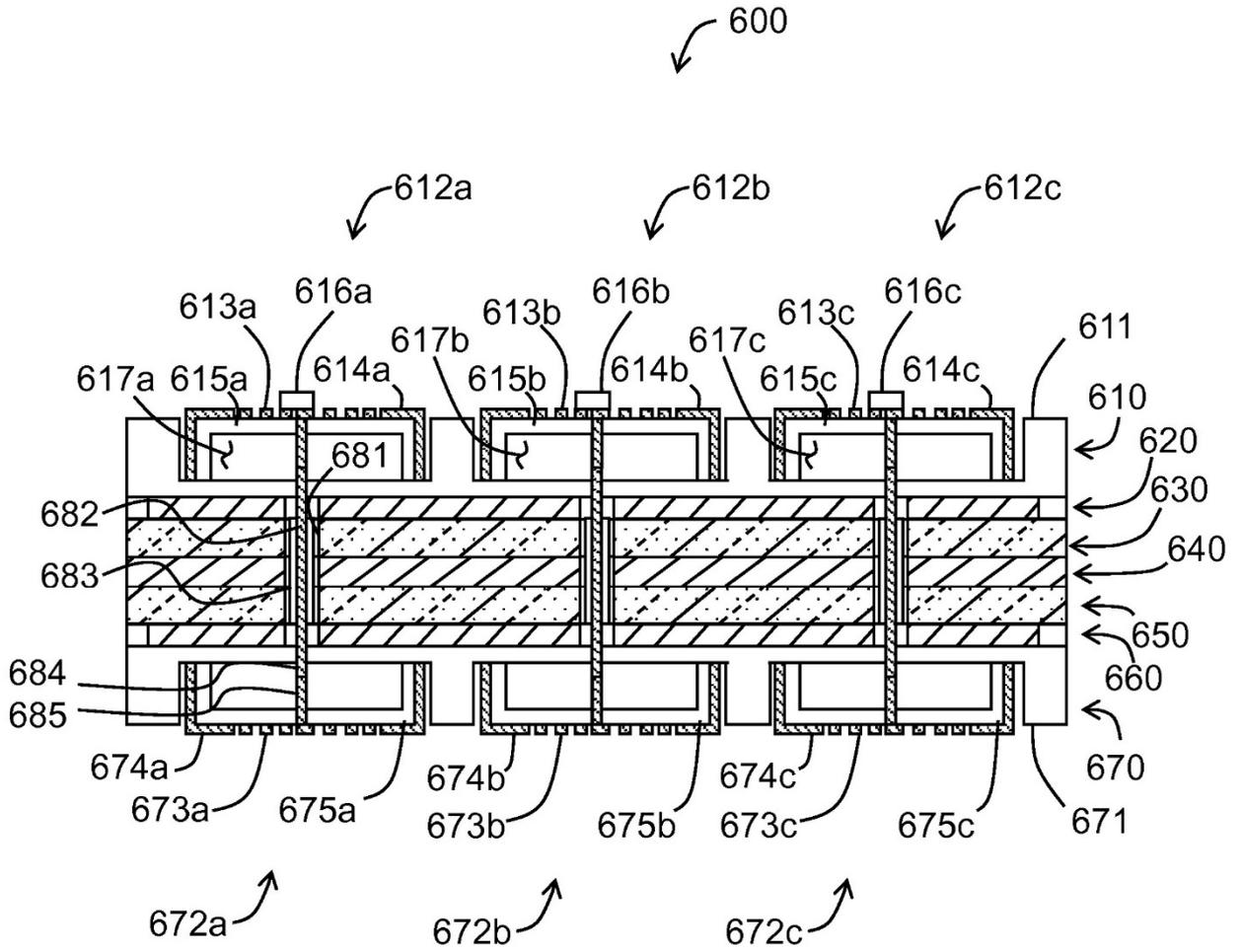


FIG. 6

+

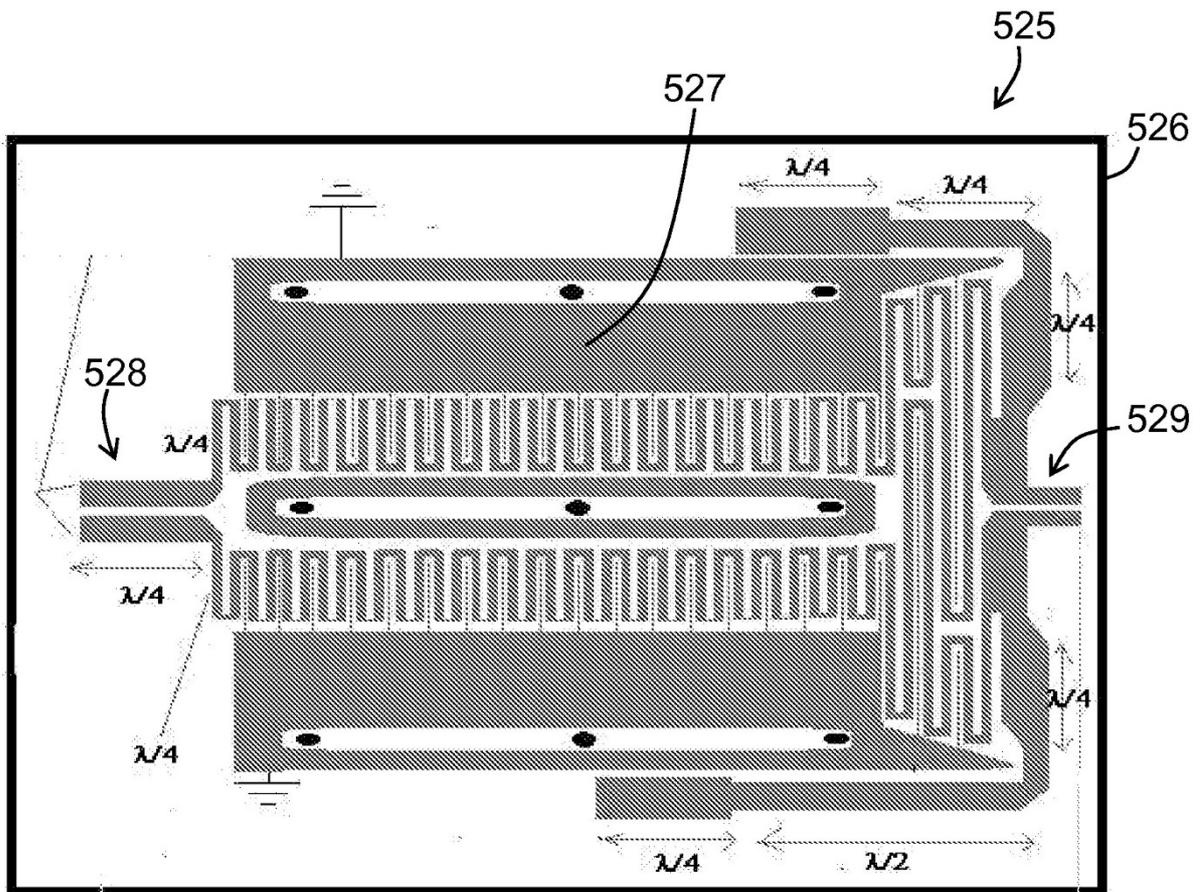


FIG. 7

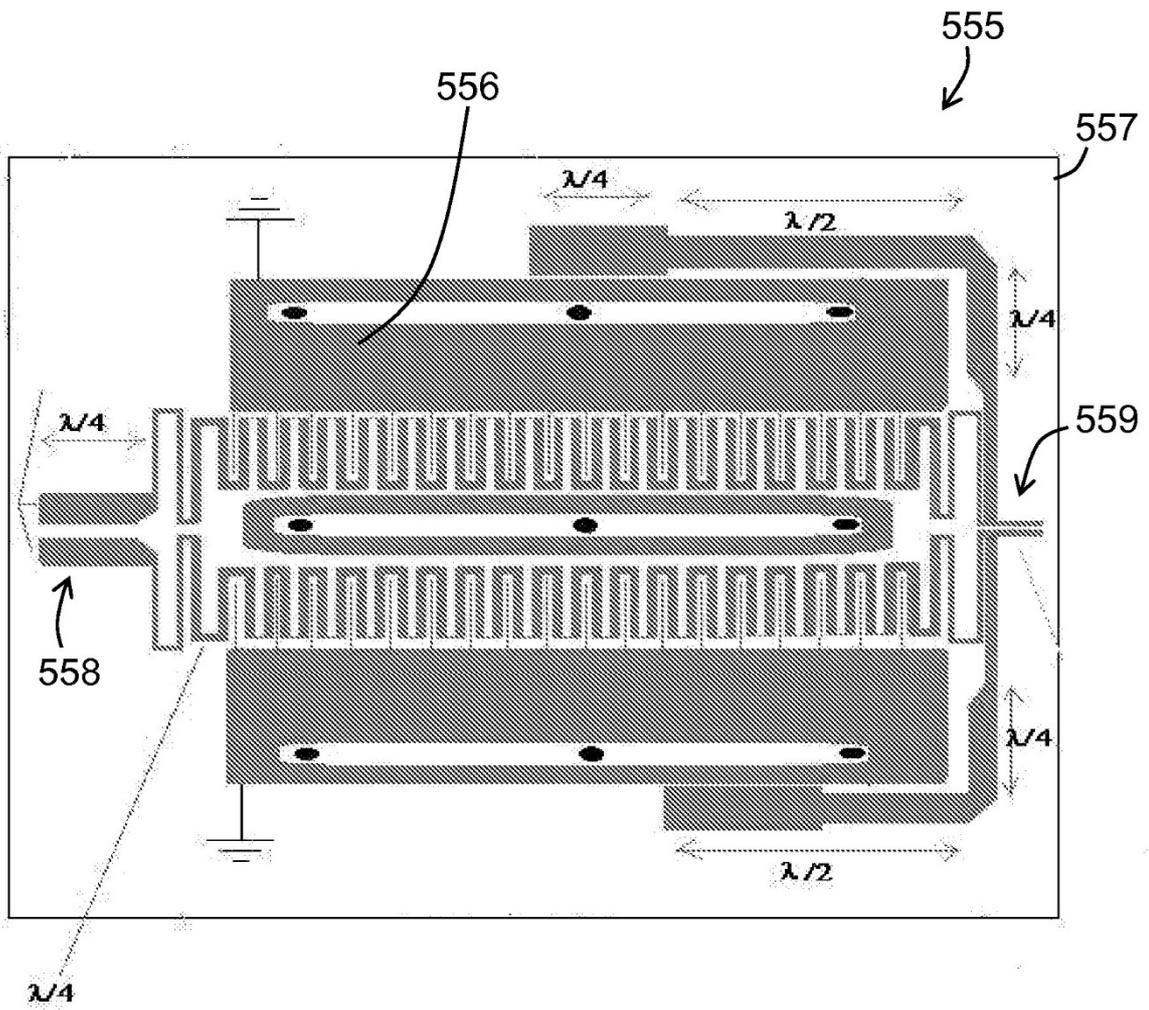


FIG. 8

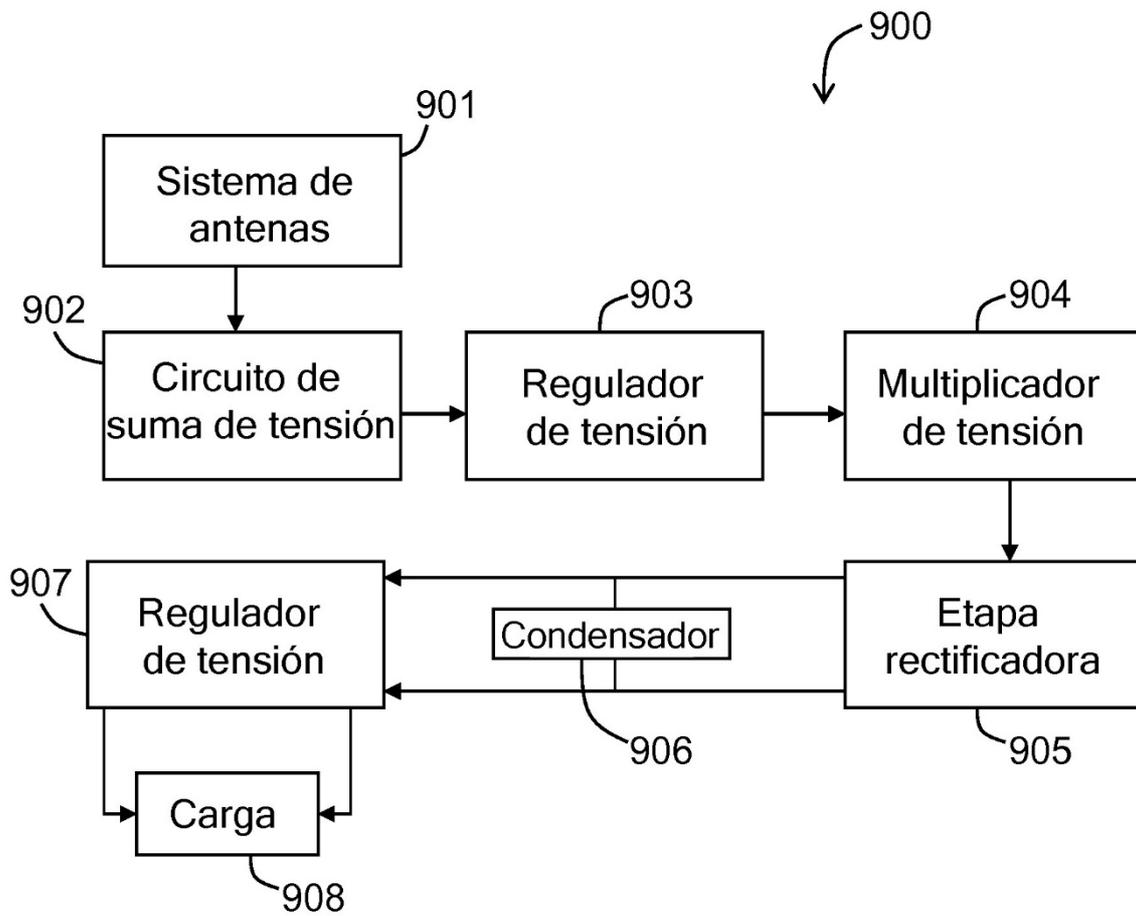


FIG. 9