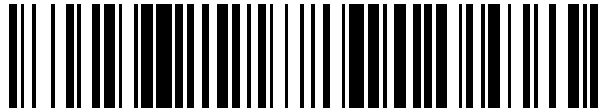


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 739 031**

51 Int. Cl.:

H01L 23/522 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.04.2009 PCT/US2009/039525**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.10.2009 WO09124280**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.04.2009 E 09728811 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2019 EP 2272092**

54 Título: **Inductor con plano de tierra modelado**

30 Prioridad:

03.04.2008 US 62442

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

28.01.2020

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
Attn: International IP Administration 5775
Morehouse Drive
San Diego, CA 92121, US**

72 Inventor/es:

JIN, ZHANG

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 739 031 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

Inductor con plano de tierra modelado

5 **Campo**

[0001] La presente divulgación se refiere, en general, a la electrónica y, más específicamente, a un inductor para un circuito integrado (IC). II. Antecedentes

10 [0002] Con los modernos avances en la tecnología de procesos de IC, es posible fabricar IC de radiofrecuencia (RFIC) para diversas aplicaciones, tales como comunicación inalámbrica, conexión en red, informática, etc. Estos RFIC pueden incluir bloques de circuitos analógicos que se implementaron previamente con componentes de circuito discretos voluminosos. Al implementar los bloques de circuito analógico en los RFIC, se pueden obtener determinados beneficios, tales como menor tamaño, menor coste y mayor confiabilidad.

15 [0003] Muchos bloques de circuito analógico utilizan inductores para realizar las funciones deseadas y/o lograr el rendimiento deseado. Por ejemplo, los filtros, los circuitos tanque resonantes y las redes de adaptación de impedancia pueden incluir inductores para obtener la respuesta de circuito deseada. En algunas aplicaciones, tal como un circuito tanque resonante para un oscilador controlado por tensión (VCO), es deseable un inductor con un alto factor de calidad (Q) para obtener un buen rendimiento del VCO. Sin embargo, puede ser difícil obtener un valor Q alto debido a varios tipos de pérdidas, como se describe a continuación. Esto puede ser especialmente cierto en altas frecuencias usadas por muchos sistemas de comunicación inalámbrica.

20 [0004] La publicación de patente japonesa n.º 2006 310533 divulga un elemento inductor.

25 [0005] El documento US 2005/128038 A1 divulga un transformador integrado desacoplado eléctricamente que tiene al menos un blindaje eléctrico conectado a tierra.

30 [0006] La publicación de patente japonesa n.º 2005236033 divulga un dispositivo semiconductor que comprende un inductor que tiene una Q más alta.

SUMARIO

35 [0007] Un inductor con un plano de tierra modelado y que tiene un valor Q más alto y buen rendimiento a alta frecuencia se describe en el presente documento como se expone en las reivindicaciones adjuntas. Un plano de tierra modelado es un plano de tierra que tiene un patrón de porciones grabadas, que difiere de un plano de tierra macizo sin ninguna porción grabada.

40 [0008] En un diseño, el inductor incluye un conductor formado en una primera capa y un plano de tierra modelado formado en una segunda capa debajo del conductor. El plano de tierra modelado puede tener un área central abierta y una forma que coincida con la forma del conductor. El plano de tierra modelado puede incluir una pluralidad de blindajes. En un diseño, el conductor tiene una forma octogonal con ocho lados, y el plano modelado tiene ocho blindajes para los ocho lados del conductor. Cada blindaje tiene una pluralidad de ranuras que son perpendiculares al conductor. La división del plano de tierra modelado en blindajes separados y la formación de ranuras en cada blindaje ayuda a evitar el flujo de corrientes de Foucault en el plano de tierra modelado, lo que puede mejorar la Q del inductor. Una pluralidad de interconexiones acoplan la pluralidad de blindajes a la conexión a tierra de circuito, que están localizadas en el centro del plano de tierra modelado.

45 [0009] El inductor con plano de tierra modelado se puede utilizar en varios bloques de circuito, tales como un VCO, un amplificador de bajo ruido (LNA), etc. A continuación se describen diversos aspectos y características de la divulgación con más detalle.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

55 [0010]

La FIG. 1 muestra un diagrama esquemático de un VCO.

La FIG. 2 muestra una vista desde arriba de un inductor sin ningún blindaje.

60

La FIG. 3 muestra una vista desde arriba de un inductor con un plano de tierra modelado.

La FIG. 4 muestra una vista desde arriba más detallada de una parte del plano de tierra modelado.

65

La FIG. 5 muestra una vista lateral del inductor con un plano de tierra modelado.

La FIG. 6 muestra una mejora en un inductor Q con el plano de tierra modelado.

La FIG. 7 muestra el uso de un anillo de protección y un plano de tierra modelado para aislamiento.

5 La FIG. 8 muestra gráficas de aislamiento con diferentes mecanismos de aislamiento.

La FIG. 9 muestra un proceso para formar el inductor con un plano de tierra modelado.

La FIG. 10 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo inalámbrico.

10

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0011] La FIG. 1 muestra un diagrama esquemático de un diseño de un VCO 100. En este diseño, el VCO 100 incluye un amplificador (AMP) 110 y un circuito tanque resonante 120, que está compuesto por un inductor 130 y un condensador variable (varactor) 140. El amplificador 110 proporciona la ganancia de señal necesaria para la oscilación. El amplificador 110 y el circuito tanque resonante 120 proporcionan conjuntamente el cambio de fase de 360° necesario para la oscilación. El VCO 100 proporciona una señal de oscilador (Osc) que tiene una frecuencia de f_{osc} . La frecuencia de oscilación f_{osc} se determina principalmente mediante la inductancia del inductor 130 y la capacitancia del varactor 140. Todos los componentes del VCO 100, incluido el inductor 130, pueden fabricarse en un RFIC para obtener diversos beneficios, tales como menor tamaño, menor coste y mayor confiabilidad.

15

20

[0012] La FIG. 2 muestra una vista desde arriba de un inductor en chip 200 que puede implementarse en un RFIC. El inductor 200 puede usarse como el inductor 130 de la FIG. 1. El inductor 200 incluye un conductor de 1 vuelta 210 que tiene una forma octagonal. En general, un inductor puede tener cualquier número de vueltas y cualquier forma, por ejemplo, cuadrada, rectangular, hexagonal, octagonal, circular, etc. Una forma octagonal puede proporcionar una buena Q y una fácil implementación.

25

[0013] El ancho del conductor 210, el número de vueltas y la separación entre las vueltas pueden seleccionarse en función de diversos factores, tales como la inductancia deseada y Q para el inductor 200. El conductor 210 puede fabricarse con diversos tipos de material conductor, tales como (i) un metal de baja pérdida (por ejemplo, cobre) en una capa metálica, (ii) un metal con pérdidas (por ejemplo, aluminio) en una capa debajo de la capa metálica, o (iii) algún otro material. Se puede lograr una Q más alta para el inductor 200 si el conductor 210 se fabrica con un metal de baja pérdida. Un inductor 200 de tamaño más pequeño puede fabricarse en una capa metálica con pérdidas debido a que se pueden aplicar diferentes reglas de diseño de IC.

30

35

[0014] El inductor en chip 200 puede tener una Q más baja debido a pérdidas del sustrato de silicio, que pueden deberse a la resistividad del silicio. Las pérdidas del sustrato de silicio pueden incluir una pérdida magnética y una pérdida eléctrica. La pérdida magnética puede deberse a la corriente de Foucault inducida en el silicio. La pérdida eléctrica puede deberse a la resistencia del silicio. Las pérdidas del sustrato de silicio pueden ser peores a altas frecuencias y pueden ser un factor importante que limite la Q para un VCO que funcione en un intervalo de 4 a 12 gigahercios (GHz).

40

[0015] El inductor en chip 200 también puede tener un tamaño relativamente grande y puede ser más vulnerable al ruido del sustrato. El ruido del sustrato puede acoplarse al conductor 210 y degradar la calidad de la señal en el conductor. Se puede formar un anillo de protección alrededor del conductor 210 para reducir el acoplamiento del sustrato. Sin embargo, es posible que el anillo de protección no pueda proporcionar suficiente aislamiento del sustrato.

45

[0016] Para mitigar las pérdidas del sustrato de silicio y mejorar el aislamiento del sustrato, se puede formar un plano de tierra macizo debajo del conductor 210. Este plano de tierra macizo puede mejorar la pérdida eléctrica al terminar el campo eléctrico del conductor 210 en el plano de tierra en lugar del sustrato. El plano de tierra macizo también puede mejorar el aislamiento del sustrato y reducir el acoplamiento de ruido de sustrato. Sin embargo, si el plano de tierra macizo se forma con un metal de baja pérdida, entonces el campo magnético del conductor 210 puede bloquearse, lo que puede aumentar la pérdida magnética y afectar negativamente al rendimiento del inductor 200. Por el contrario, si el plano de tierra macizo se forma con un material con pérdidas, tal como el polisilicio, entonces el campo magnético puede pasar a través del plano de tierra macizo más fácilmente, lo que puede reducir la pérdida magnética. Sin embargo, el plano de tierra con pérdidas puede no ser tan eficaz a la hora de impedir que el campo eléctrico termine en el sustrato.

50

55

[0017] La FIG. 3 muestra una vista desde arriba de un diseño de un inductor 300 con un plano de tierra modelado 320. El inductor 300 puede usarse como el inductor 130 de la FIG. 1. En este diseño, el inductor 300 incluye un conductor de 1 vuelta 310 que tiene una forma octagonal y que se muestra mediante una línea discontinua gruesa en la FIG. 3. El tamaño de la forma octagonal y el ancho del conductor 310 se pueden seleccionar para obtener la inductancia y Q deseadas para el inductor 300.

60

[0018] El plano de tierra modelado 320 puede diseñarse para lograr las siguientes funciones:

65

- Terminar el campo eléctrico del conductor 310, y
- Permitir que el campo magnético pase a través del plano de tierra modelado 320.

5 El plano de tierra modelado 320 incluye diversas características para lograr las funciones anteriores.

10 **[0019]** En el diseño mostrado en la FIG. 3, el plano de tierra modelado 320 se forma sustancialmente debajo del conductor 310 y, por lo tanto, puede proteger el campo eléctrico para que no se dirija al sustrato. Esto puede reducir la pérdida eléctrica y también aislar el ruido del sustrato. El plano de tierra modelado 320 puede tener una forma que sea ligeramente más grande que el conductor 310 para capturar el campo eléctrico periférico en los bordes del conductor. El plano de tierra modelado 320 no cubre el área central del conductor 310. Esto puede permitir que el campo magnético pase libremente a través del área central y, por lo tanto, puede reducir la pérdida magnética. El campo magnético para el inductor 300 puede ser similar al campo magnético para el inductor 200 en la FIG. 2 sin ningún plano de tierra, y se puede mantener una buena distribución del campo magnético incluso con el plano de tierra modelado 320. En consecuencia, la inductancia y la resistencia en serie del inductor 300 pueden cambiar poco incluso con la presencia de un plano de tierra modelado 320. El plano de tierra no es necesario en el área central para terminar el campo eléctrico, que se desplaza sustancialmente desde el conductor 310 hacia abajo hasta el plano de tierra modelado que se encuentra debajo.

20 **[0020]** El campo magnético de la corriente que fluye en el conductor 310 puede causar una corriente de Foucault en el plano de tierra modelado 320. La corriente de Foucault en el plano de tierra modelado 320 puede reducir la inductancia y disminuir la Q del inductor 300. Por lo tanto, es deseable evitar o reducir el flujo de corrientes de Foucault en el plano de tierra modelado 320.

25 **[0021]** En el diseño mostrado en la FIG. 3, el plano de tierra modelado 320 se divide en ocho blindajes separados 330a a 330h para los ocho lados del conductor 310. Los ocho blindajes 330a a 330h están aislados eléctricamente entre sí mediante ocho cortes 334 localizados cerca de las ocho esquinas del plano de tierra modelado 320. La división del plano de tierra modelado 320 en blindajes separados 330a a 330h ayuda a evitar el flujo de corrientes de Foucault a través del plano de tierra modelado.

30 **[0022]** Los ocho blindajes 330a a 330h están acoplados a través de ocho interconexiones 332a a 332h, respectivamente, a un punto de tierra central 340 localizado en el centro del plano de tierra modelado 320. Las interconexiones 332a a 332h pueden formarse en la misma capa y con el mismo material que los blindajes 330a a 330h.

35 **[0023]** En un diseño, el plano de tierra estampado 320 se forma con un metal de baja pérdida en una capa metálica debajo del conductor 310. El metal de baja pérdida puede tener mayor conductividad y menor resistencia laminar en comparación con el polisilicio. El plano de tierra modelado de baja pérdida puede ser más eficaz a la hora de terminar el campo eléctrico del conductor 310, lo que puede mejorar la Q y el aislamiento del sustrato para el inductor 300. Sin embargo, el metal de baja pérdida puede dificultar el paso del campo magnético.

40 **[0024]** En el diseño mostrado en la FIG. 3, las ranuras 350 están cortadas a lo largo del plano de tierra modelado 320 y realizan varias funciones. Primero, las ranuras 350 permiten que pase el campo magnético, lo que puede reducir la pérdida magnética. En segundo lugar, las ranuras 350 ayudan a cortar el flujo de la corriente de Foucault dentro de cada blindaje 330, lo que puede mejorar la Q. Si las ranuras no están presentes, entonces el campo magnético de la corriente en el conductor 320 inducirá la corriente de Foucault en el plano de tierra modelado 320 en el sentido opuesto a la corriente en el conductor 320. Las ranuras 350 son perpendiculares al flujo normal de la corriente de Foucault dentro del plano de tierra modelado 320 y, por lo tanto, pueden cortar el flujo de la corriente de Foucault. El tamaño y la separación de las ranuras 350 pueden seleccionarse para (i) permitir que pase el campo magnético y (ii) terminar la mayor parte del campo eléctrico en el plano de tierra modelado 320. En un diseño, las ranuras 350 pueden ser tan estrechas como 0,1 micrómetro (μm), aunque también se pueden usar otros tamaños.

50 **[0025]** En el diseño mostrado en la FIG. 3, las ranuras 350 están cortadas desde los bordes externos hacia los bordes internos del plano de tierra modelado 320 pero se detienen antes de los bordes internos. Las ranuras 350 también son perpendiculares a (o están en un ángulo de 90 grados con respecto a) el conductor 310 a lo largo de los ocho lados del conductor. La orientación perpendicular de las ranuras 350 ayuda a cortar el flujo de la corriente de Foucault. Las interconexiones 332a a 332h están acopladas a los bordes internos de los blindajes 330a a 330h, respectivamente, del plano de tierra modelado 320. Una simulación por ordenador indica que las ranuras cortadas de esta manera y la conexión de las interconexiones 332 a los bordes internos de los blindajes 330 pueden proporcionar un buen rendimiento.

60 **[0026]** En el diseño mostrado en la FIG. 3, el plano de tierra modelado 320 es simétrico entre el lado izquierdo y el lado derecho y también es simétrico entre la mitad superior y la mitad inferior. Esta simetría puede permitir la cancelación de la corriente de Foucault dentro de las interconexiones 332a a 332h.

65

[0027] La FIG. 4 muestra una vista desde arriba de una parte del plano de tierra modelado 320 con mayor detalle. Los blindajes 330b y 330c del plano de tierra modelado 320 están aislados eléctricamente mediante el corte 334 para evitar la corriente de Foucault. Las ranuras 350 se forman en cada blindaje 330 y son perpendiculares al conductor 310 por encima del blindaje. Las ranuras 350 pueden estar presentes incluso en una esquina para evitar el flujo de corrientes de Foucault. Las ranuras 350 de cada blindaje 330 forman un patrón similar a un peine que tiene las aberturas de ranura en el borde externo y una conexión común en el borde interno del blindaje. Cada blindaje 330 está acoplado al punto de tierra central a través de una interconexión 332 respectiva.

[0028] La FIG. 5 muestra una vista lateral de una parte del inductor 300. El conductor 310 se puede formar en una capa de un RFIC. El blindaje 330 y la interconexión 332 para el plano de tierra modelado 320 pueden formarse en una segunda capa del RFIC. La segunda capa puede ser cualquier capa del RFIC sobre un sustrato 360. El campo eléctrico (campo E) puede extenderse desde el conductor 310 hasta el blindaje 330. La mayor parte del campo eléctrico puede terminarse mediante el blindaje 330. El blindaje 330 también proporciona aislamiento al sustrato y evita que el ruido del sustrato 360 se acople al conductor 310. El campo magnético (campo H) puede pasar libremente a través del centro del plano de tierra modelado 320 debido al área central abierta. El campo magnético también puede pasar a través de determinadas partes del blindaje 330 a través de las ranuras 350 (no mostradas en la FIG. 5). Las ranuras 350 son perpendiculares al conductor 310 y son paralelas al campo magnético.

[0029] Para mayor claridad, anteriormente se han descrito diversos detalles de un plano de tierra modelado para un inductor de 1 vuelta con una forma octagonal. En general, un conductor para un inductor puede tener cualquier forma y cualquier número de vueltas. Un plano de tierra modelado para el conductor puede tener una forma que coincida con la forma del conductor. El plano de tierra modelado se puede dividir en cualquier número de blindajes separados para cortar el flujo de la corriente de Foucault a través del plano de tierra modelado. El plano de tierra modelado puede dividirse de manera tal que haya un blindaje para cada lado del conductor, como se muestra en la FIG. 3. El plano de tierra modelado también puede dividirse en un número mayor o menor de blindajes. Los blindajes se pueden acoplar a través de interconexiones a un punto de tierra común, como se muestra en la FIG. 3. De forma alternativa, los blindajes pueden acoplarse a la conexión a tierra de circuito de otras maneras, por ejemplo, cada blindaje puede acoplarse directamente a la conexión a tierra de circuito. Cada blindaje puede tener cualquier número de ranuras, que pueden tener cualquier tamaño y separación adecuados. Las ranuras pueden ser perpendiculares al conductor y pueden formarse en forma de peine, tal como se muestra en la FIG. 3, con el fin de cortar el flujo de corrientes de Foucault. Las ranuras también pueden tener otros patrones.

[0030] El plano de tierra modelado se puede formar con un metal de baja pérdida para proporcionar una buena terminación para el campo eléctrico y mejorar el aislamiento del sustrato. El plano de tierra modelado también se puede formar con un material con pérdidas para otras consideraciones.

[0031] La FIG. 6 muestra una mejora en el inductor Q logrado con el plano de tierra modelado descrito en el presente documento. Un gráfico 610 muestra la Q del inductor 200 de la FIG. 2, que no tiene un plano de tierra modelado. El inductor 200 tiene una Q máxima de aproximadamente 28 a una frecuencia de aproximadamente 6 GHz. Una curva 620 muestra la Q del inductor 300 en la FIG. 3, que tiene un plano de tierra modelado 320. El inductor 300 tiene una Q máxima de aproximadamente 38 a una frecuencia de aproximadamente 8 GHz. Como se muestra en la FIG. 6, la Q del inductor 300 es notablemente mejor que la Q del inductor 200 en una banda de frecuencias de 4 a 12 GHz, que cubre las frecuencias operativas de VCO en muchos sistemas de comunicación.

[0032] Un inductor puede fabricarse cerca de un circuito que puede generar interferencia en el inductor. La interferencia puede acoplarse al inductor a través del sustrato y/o a través de otros mecanismos. Puede ser deseable reducir la cantidad de interferencia del circuito.

[0033] La FIG. 7 muestra varios mecanismos para lograr el aislamiento de interferencias cercanas. Un inductor 700 puede formarse cerca de un circuito 714, que puede generar interferencia. El inductor 700 puede tener un plano de tierra modelado implementado como se ha descrito anteriormente para las FIG. 3 a 5. El plano de tierra modelado puede proporcionar aislamiento de interferencia acoplada a través del sustrato. Para mejorar aún más el aislamiento, un anillo de protección 712 se forma alrededor del inductor 700 y se acopla a la conexión a tierra de circuito. El anillo de protección 712 proporciona aislamiento de interferencia acoplada a través del sustrato de silicio. La distancia D2 entre el anillo de protección 712 y el inductor 700 y la distancia D1 entre el anillo de protección 712 y el circuito 714 pueden seleccionarse en función de la cantidad de aislamiento deseada.

[0034] La FIG. 8 muestra curvas de aislamiento entre el inductor 700 y el circuito 714 de la FIG. 7 con diferentes mecanismos de aislamiento. Una curva 810 muestra el aislamiento entre el inductor 700 y el circuito 714 solamente con el anillo de protección 712 pero sin un plano de tierra modelado. Una curva 812 muestra el aislamiento entre el inductor 700 y el circuito 714 solamente con un plano de tierra modelado pero sin anillo de protección. Las curvas 810 y 812 indican que el plano de tierra modelado puede proporcionar un mejor aislamiento que el anillo de protección. Esto puede deberse al hecho de que el plano de tierra modelado puede estar mucho más cerca (por ejemplo, algunos μm) al inductor 700 y puede bloquear la forma en que el inductor ve el sustrato de silicio, mientras que el anillo de protección puede estar mucho más lejos (por ejemplo, decenas de μm) del inductor y solo puede recoger parte del ruido que ya se ha acoplado al sustrato.

5 **[0035]** Una curva 814 muestra el aislamiento entre el inductor 700 y el circuito 714 con un plano de tierra modelado y un anillo de protección 712. Las curvas 810, 812 y 814 indican que una combinación del plano de tierra modelado y el anillo de protección puede proporcionar más aislamiento que cualquiera de los dos por sí mismos. Por lo tanto, se puede usar un anillo de protección para un inductor cuando se desea un mayor aislamiento, por ejemplo, para un circuito sensible tal como un VCO.

10 **[0036]** El plano de tierra modelado descrito aquí se puede usar para un inductor de un solo extremo, como se ha descrito anteriormente, y también para un inductor diferencial. El plano de tierra modelado también se puede usar para un transformador, un balún usado para la conversión de diferencial a un solo extremo, etc. Por ejemplo, un transformador o un balún puede tener N vueltas que pueden estar numeradas secuencialmente de 1 a N. Las vueltas de numeración impar (por ejemplo, las vueltas 1 y 3) pueden usarse para un conductor primario, y las vueltas de numeración par (por ejemplo, las vueltas 2 y 4) pueden usarse para un conductor secundario.

15 **[0037]** La FIG. 9 muestra un diseño de un proceso 900 para formar un componente de circuito con un plano de tierra modelado. Un conductor (por ejemplo, para un inductor, un transformador o un balún) puede formarse en una primera capa de un IC (bloque 912). El conductor puede tener cualquier forma y cualquier número de vueltas. Un plano de tierra modelado puede formarse en una segunda capa debajo del conductor, por ejemplo, con un metal de baja pérdida (bloque 914). El plano de tierra modelado puede tener un área central abierta y una forma que coincida con la forma del conductor. El plano de tierra modelado puede comprender una pluralidad de blindajes. En un diseño, el conductor tiene una forma octogonal con ocho lados, y el plano de tierra modelado tiene ocho blindajes para los ocho lados del conductor. El plano de tierra modelado puede ser simétrico con respecto al centro del conductor.

20 **[0038]** Cada blindaje puede tener una pluralidad de ranuras formadas en el blindaje. Las ranuras pueden ser perpendiculares al conductor y pueden formarse a lo largo del conductor, así como en las esquinas del conductor. Las ranuras de cada blindaje pueden extenderse desde un borde externo hacia un borde interno del blindaje y pueden detenerse antes del borde interno.

25 **[0039]** Una pluralidad de interconexiones puede formarse para acoplar la pluralidad de blindajes a la conexión a tierra de circuito, que pueden localizarse en el centro del plano de tierra modelado (bloque 916). Cada interconexión se puede acoplar entre el borde interno de un blindaje respectivo y la conexión a tierra de circuito. También se puede formar un anillo de protección alrededor del conductor si se desea un mayor aislamiento (bloque 918).

30 **[0040]** El inductor con plano de tierra modelado descrito en el presente documento puede usarse para diversos sistemas y aplicaciones, tales como comunicación, conexión en red, informática, etc. A continuación se describe el uso del inductor con plano de tierra modelado en un dispositivo de comunicación inalámbrica.

35 **[0041]** La FIG. 10 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo inalámbrico 1000 que se puede usar en la comunicación inalámbrica. El dispositivo inalámbrico 1000 puede ser un teléfono celular, un asistente digital personal (PDA), un terminal, un auricular, un módem inalámbrico, un ordenador portátil, etc. El dispositivo inalámbrico 1000 es capaz de proporcionar comunicación bidireccional a través de una trayectoria de transmisión y una trayectoria de recepción.

40 **[0042]** En la trayectoria de transmisión, el procesador digital 1010 puede procesar datos que van a transmitirse y proporcionar un flujo de fragmentos de información a una unidad transceptora 1020. Dentro de la unidad transceptora 1020, uno o más convertidores de digital a analógico (DAC) 1022 pueden convertir el flujo de fragmentos de información en una o más señales analógicas. La(s) señal(es) analógica(s) puede(n) filtrarse por un filtro 1024, amplificarse por un amplificador de ganancia variable (VGA) 1026 y convertirse de manera ascendente en frecuencia desde banda base a RF por un mezclador 1028 para generar una señal convertida de manera ascendente. La conversión ascendente de frecuencia se puede realizar en función de una señal de oscilador local (LO) de transmisión de un VCO 1030. La señal convertida de manera ascendente puede filtrarse por un filtro 1032, amplificarse por un amplificador de potencia (PA) 1034, encaminarse a través de un duplexor (D) 1036 y transmitirse por una antena 1040.

45 **[0043]** En la trayectoria de recepción, una señal de RF puede recibirse por la antena 1040, encaminarse a través del duplexor 1036, amplificarse por un LNA 1044, filtrarse por un filtro 1046 y convertirse de manera descendente en frecuencia desde RF a banda base por un mezclador 1048 con una señal de LO de recepción de un VCO 1050. La señal convertida de manera descendente del mezclador 1048 puede almacenarse por una memoria intermedia (BUF) 1052, filtrarse por un filtro 1054 y digitalizarse por uno o más convertidores de analógico a digital (ADC) 1056 para obtener uno o más flujos de muestras. El/los flujo(s) de muestras puede(n) proporcionarse al procesador digital 1010 para su procesamiento.

50 **[0044]** La FIG. 10 muestra un diseño de transceptor específico. En general, el acondicionamiento de señal para cada trayectoria se puede realizar con una o más etapas de amplificador, filtro y mezclador. La FIG. 10 muestra algunos bloques de circuito que se pueden usar para el acondicionamiento de señales en las trayectorias de transmisión y recepción.

5 **[0045]** En el diseño mostrado en la FIG. 10, la unidad transceptora 1020 incluye dos VCO 1030 y 1050 para las trayectorias de transmisión y recepción, respectivamente. El procesador digital 1010 incluye un VCO de alta velocidad 1012 que puede generar relojes para varias unidades dentro del procesador 1010. Los VCO 1012, 1030 y 1050 pueden implementarse con diversos diseños de VCO, tal como el diseño mostrado en la FIG. 1. Cada VCO puede estar
10 diseñado para funcionar a una frecuencia específica o una banda de frecuencias. Por ejemplo, los VCO 1030 y 1050 pueden diseñarse para funcionar con un múltiplo entero de (por ejemplo, 1, 2 o 4 veces) una o más de las siguientes bandas de frecuencias: una banda del Sistema de Comunicación Personal (PCS) de 1850 a 1990 MHz, una banda celular de 824 a 894 MHz, una banda del Sistema Celular Digital (DCS) de 1710 a 1880 MHz, una banda GSM900 de 890 a 960 MHz, una banda de Telecomunicaciones Móviles Internacionales-2000 (IMT-2000) de 1920 a 2170 MHz y una banda del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) de 1574,4 a 1576,4 MHz. Un bucle de bloqueo de fase (PLL) 1060 puede recibir información de control del procesador digital 1010 y proporcionar controles para que los VCO 1030 y 1050 generen las señales de LO de transmisión y recepción adecuadas, respectivamente.

15 **[0046]** El inductor con plano de tierra modelado (que se denota como "Ind" en la FIG. 10) se puede usar para diversos bloques de circuito dentro del dispositivo inalámbrico 1000. Por ejemplo, el inductor con plano de tierra modelado se puede usar en un circuito tanque resonante para VCO 1012, 1030 y/o 1050. El inductor con plano de tierra modelado también se puede usar como un inductor de carga y/o un inductor de degeneración para el LNA 1044. El inductor con plano de tierra modelado también se puede usar para cualquiera de los filtros de la unidad transceptora 1020. El inductor con plano de tierra modelado también se puede usar antes y/o después del mezclador 1028 o 1048, después
20 de un amplificador de controlador (no mostrado en la FIG. 10) antes de un PA 1034, etc.

25 **[0047]** El inductor con plano de tierra modelado descrito en el presente documento puede implementarse en un IC, en un IC analógico, en un RFIC, en un IC de señal mixta, en un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), un dispositivo electrónico, etc. El inductor con plano de tierra modelado también puede fabricarse con diversas tecnologías de procesos de IC tales como semiconductor complementario de óxido metálico (CMOS), MOS de canal N (NMOS), MOS de canal P (PMOS), un transistor de unión bipolar (BJT), un CMOS bipolar (BiCMOS), silicio germanio (SiGe), arseniuro de galio (GaAs), etc.

30 **[0048]** Un aparato que implementa el inductor con plano de tierra modelado descrito en el presente documento puede ser un dispositivo autónomo o puede ser parte de un dispositivo más grande. Un dispositivo puede ser (i) un IC autónomo, (ii) un conjunto de uno o más IC que pueden incluir IC de memoria para almacenar datos y/o instrucciones, (iii) un RFIC tal como un receptor de RF (RFR) o un transmisor/receptor de RF (RTR), (iv) un ASCI tal como un módem de estación móvil (MSM), (v) un módulo que puede estar integrado dentro de otros dispositivos, (vi) un receptor, un
35 teléfono celular, un dispositivo inalámbrico, un microteléfono o una unidad móvil, (vii) etc.

REIVINDICACIONES

1. Un inductor, que comprende:
 - 5 un conductor (310) formado en una primera capa; y

un plano de tierra modelado (320) formado en una segunda capa debajo del conductor (310) que puede localizarse sobre un sustrato,

10 donde el plano de tierra modelado (320) tiene un área central abierta y comprende una pluralidad de blindajes (330), teniendo cada blindaje (330) una pluralidad de ranuras (350), en el que la pluralidad de ranuras (350) para cada blindaje (330) se extiende desde un borde externo hacia un borde interno del blindaje (330) y se detiene antes del borde interno, donde el borde externo del blindaje es distal al área central abierta y el borde interno es adyacente al área central abierta, en el que los blindajes (330) están aislados eléctricamente entre sí por cortes localizados cerca de las esquinas del plano de tierra modelado y las ranuras (350) están formadas en la pluralidad de blindajes (330) a lo largo del conductor (310) y también en las esquinas del conductor (310) y una pluralidad de interconexiones (332) que acoplan la pluralidad de blindajes (330) a la conexión a tierra de circuito (340) localizadas en el centro del plano de tierra modelado (320), en el que cada interconexión (332) está acoplada entre el borde interno adyacente al área central abierta de un blindaje respectivo (330) y la conexión a tierra de circuito (340), teniendo el plano de tierra modelado una forma que coincide con la forma del conductor (310), y comprendiendo además un anillo de protección (712) formado alrededor del conductor (310).
 2. El inductor según la reivindicación 1, en el que el plano de tierra modelado (320) está formado con un metal de baja pérdida.
 3. El inductor según la reivindicación 1, en el que el plano de tierra modelado (320) es simétrico con respecto al centro del conductor (310).
 4. El inductor según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de ranuras (350) para cada blindaje (330) son perpendiculares al conductor (310).
 5. El inductor según la reivindicación 1, en el que el conductor (310) tiene una forma octagonal con ocho lados, y en el que el plano de tierra modelado (320) comprende ocho blindajes (330) para los ocho lados del conductor (310).
 6. El inductor según la reivindicación 1, en el que el conductor (310) comprende una sola vuelta.
 7. El inductor según la reivindicación 1, en el que el conductor (310) y el plano de tierra modelado (320) son para un transformador o un balún.
 8. El inductor según la reivindicación 1, en el que el inductor se implementa como un circuito integrado.
 9. Un procedimiento para formar un inductor, que comprende:
 - 45 formar un conductor en una primera capa; y

formar un plano de tierra modelado en una segunda capa debajo del conductor localizado sobre un sustrato, donde el plano de tierra modelado tiene un área central abierta y comprende una pluralidad de blindajes, teniendo cada blindaje una pluralidad de ranuras, en el que la pluralidad de ranuras (350) para cada blindaje (330) se extiende desde un borde externo hacia un borde interno del blindaje (330) y se detiene antes del borde interno, donde el borde externo del blindaje es distal al área central abierta y el borde interno es adyacente al área central abierta, en el que los blindajes están aislados eléctricamente entre sí por cortes localizados cerca de las esquinas del plano de tierra modulado y las ranuras están formadas en la pluralidad de blindajes a lo largo del conductor y también en las esquinas del conductor y además una pluralidad de interconexiones (332) que acoplan la pluralidad de blindajes (330) a la conexión a tierra de circuito (340) localizadas en el centro del plano de tierra modelado (320), en el que cada interconexión (332) está acoplada entre el borde interno de un blindaje respectivo (330) adyacente al centro abierto y la conexión a tierra de circuito (340), teniendo el plano de tierra modelado una forma que coincide con la forma del conductor (310) y que comprende además formar un anillo de protección (712) formado alrededor del conductor (310).
 10. Un aparato que comprende: un inductor según la reivindicación 1; y un amplificador acoplado al inductor.
 11. El aparato según la reivindicación 10, en el que el inductor y el amplificador forman un oscilador, y en el que el inductor es parte de un circuito tanque resonante para el oscilador.

12. El aparato según la reivindicación 10, en el que el inductor y el amplificador forman un amplificador de bajo ruido, LNA, y en el que el inductor es un inductor de degeneración o un inductor de carga para el LNA.

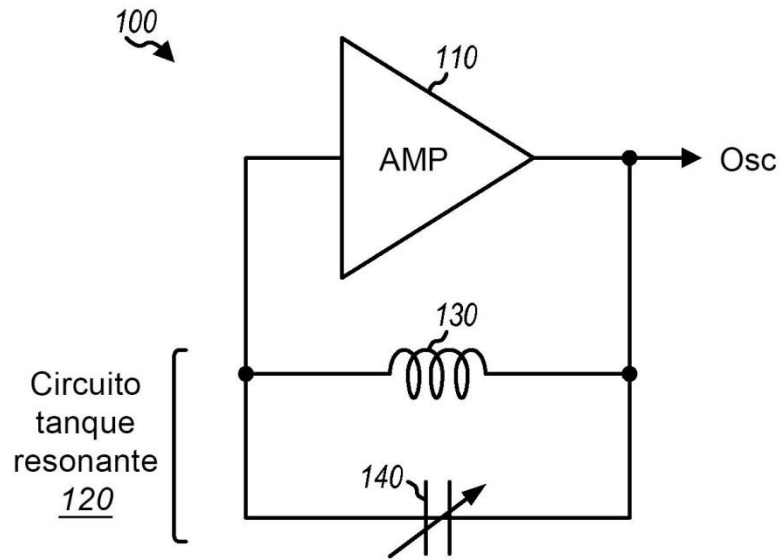


FIG. 1

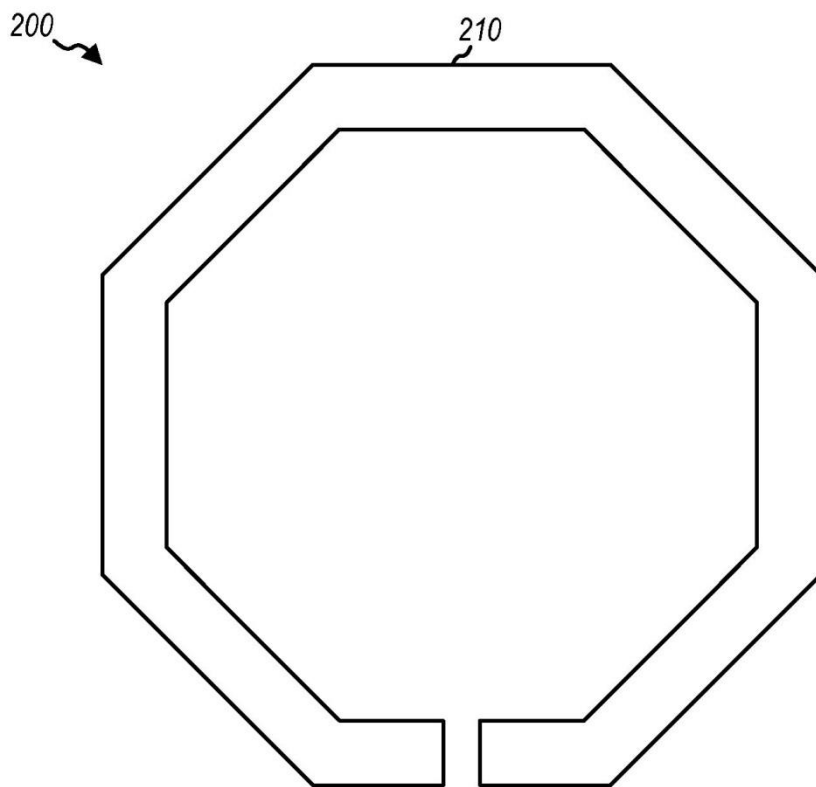


FIG. 2

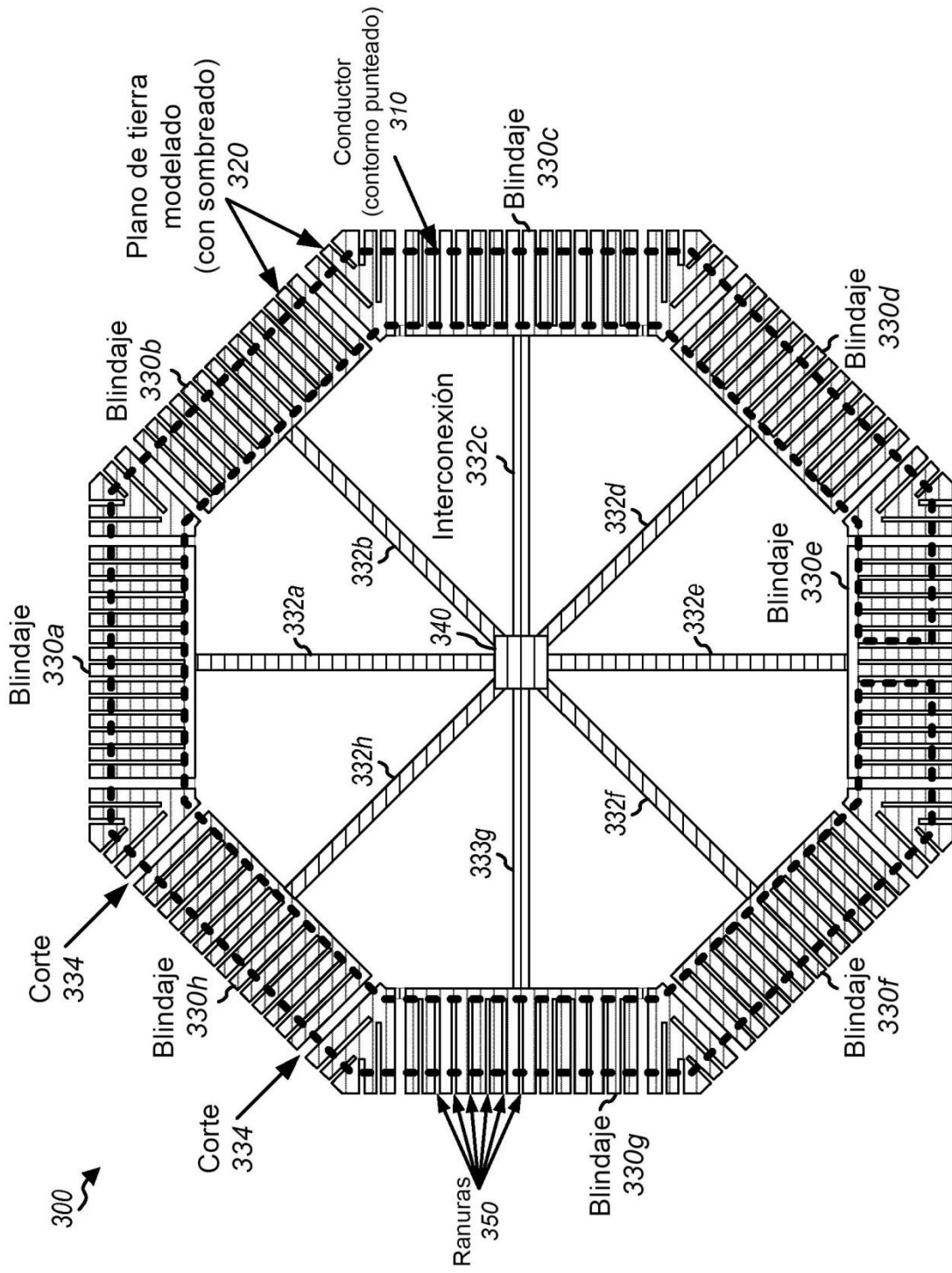


FIG. 3

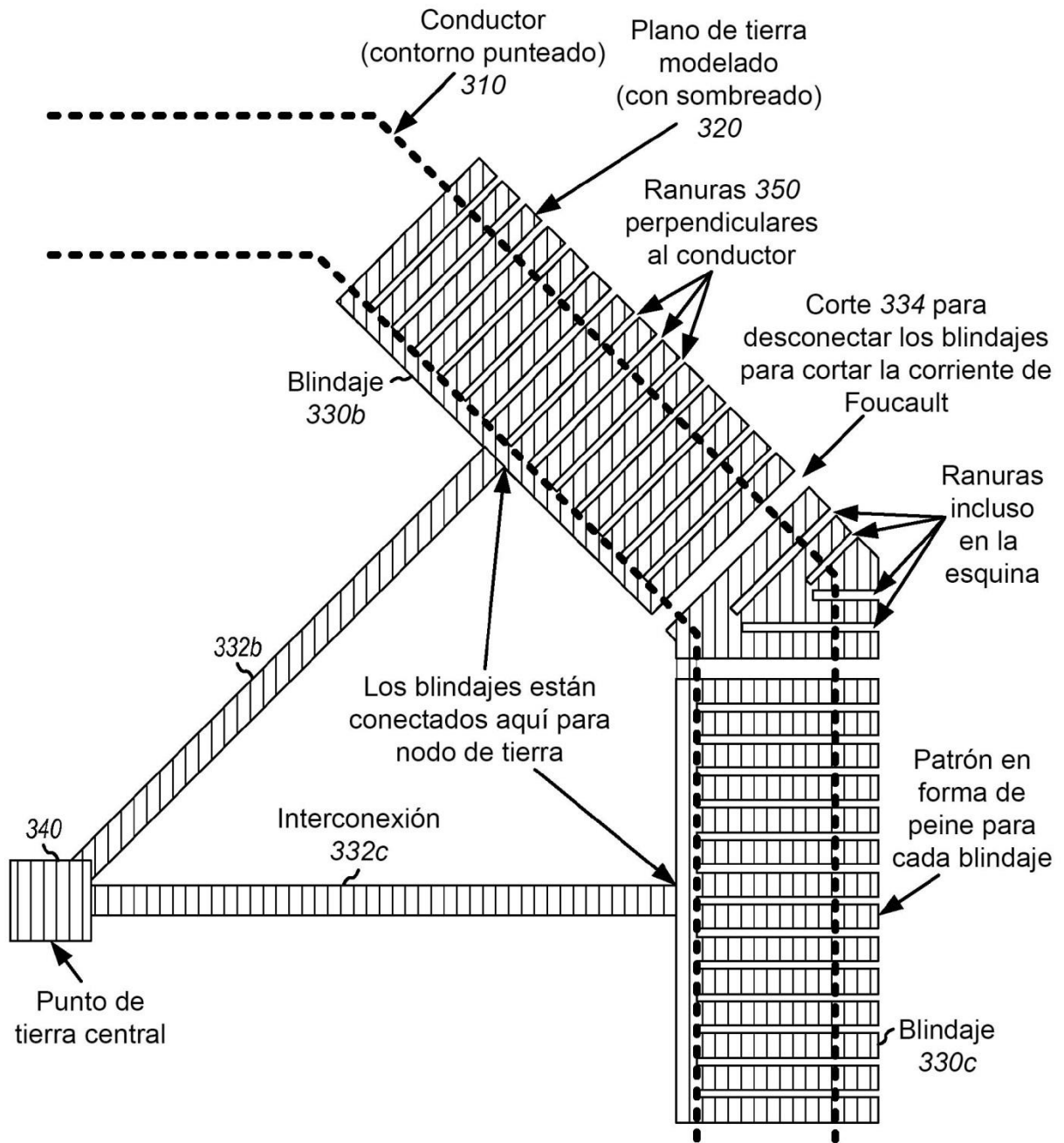


FIG. 4

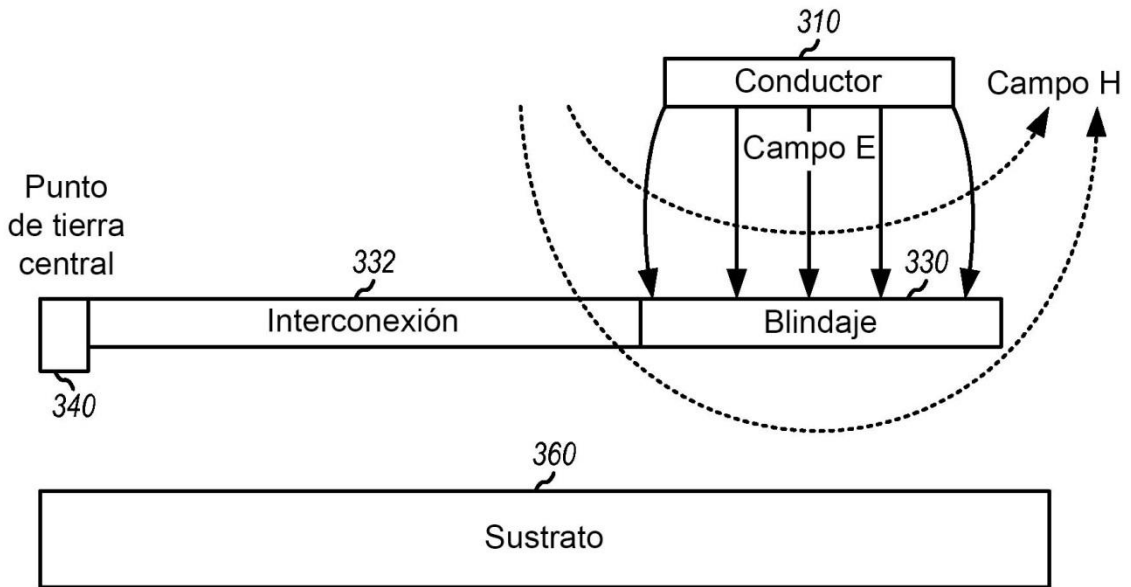


FIG. 5

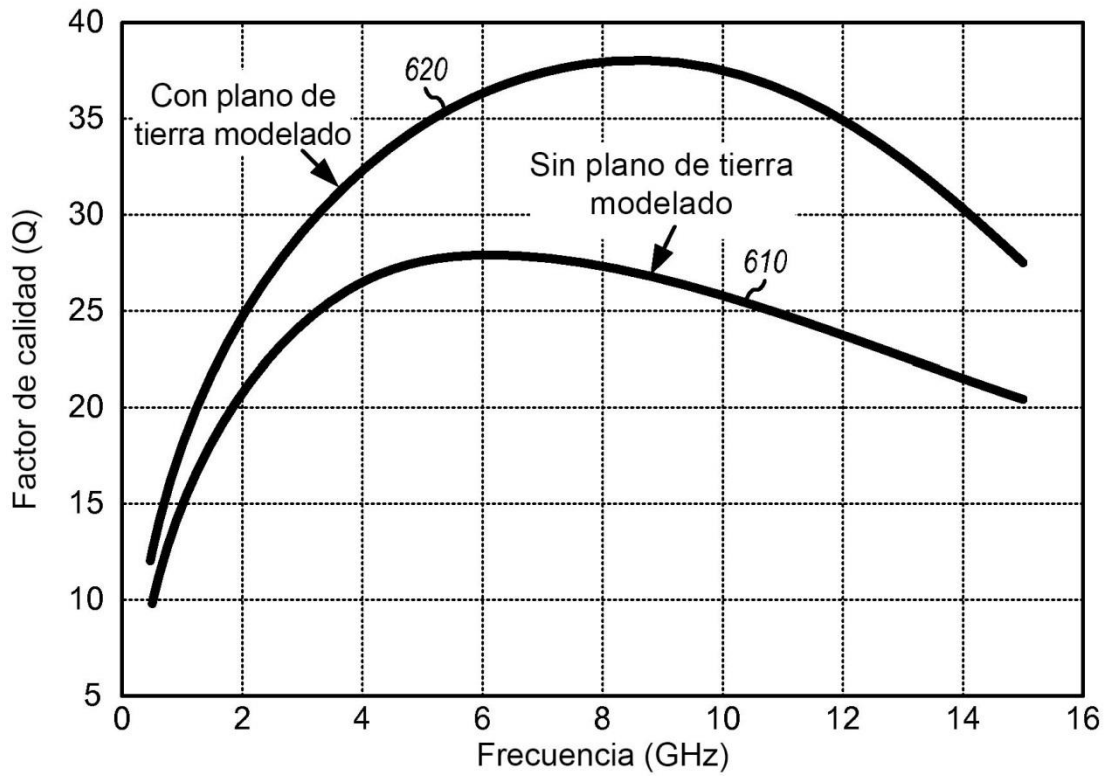


FIG. 6

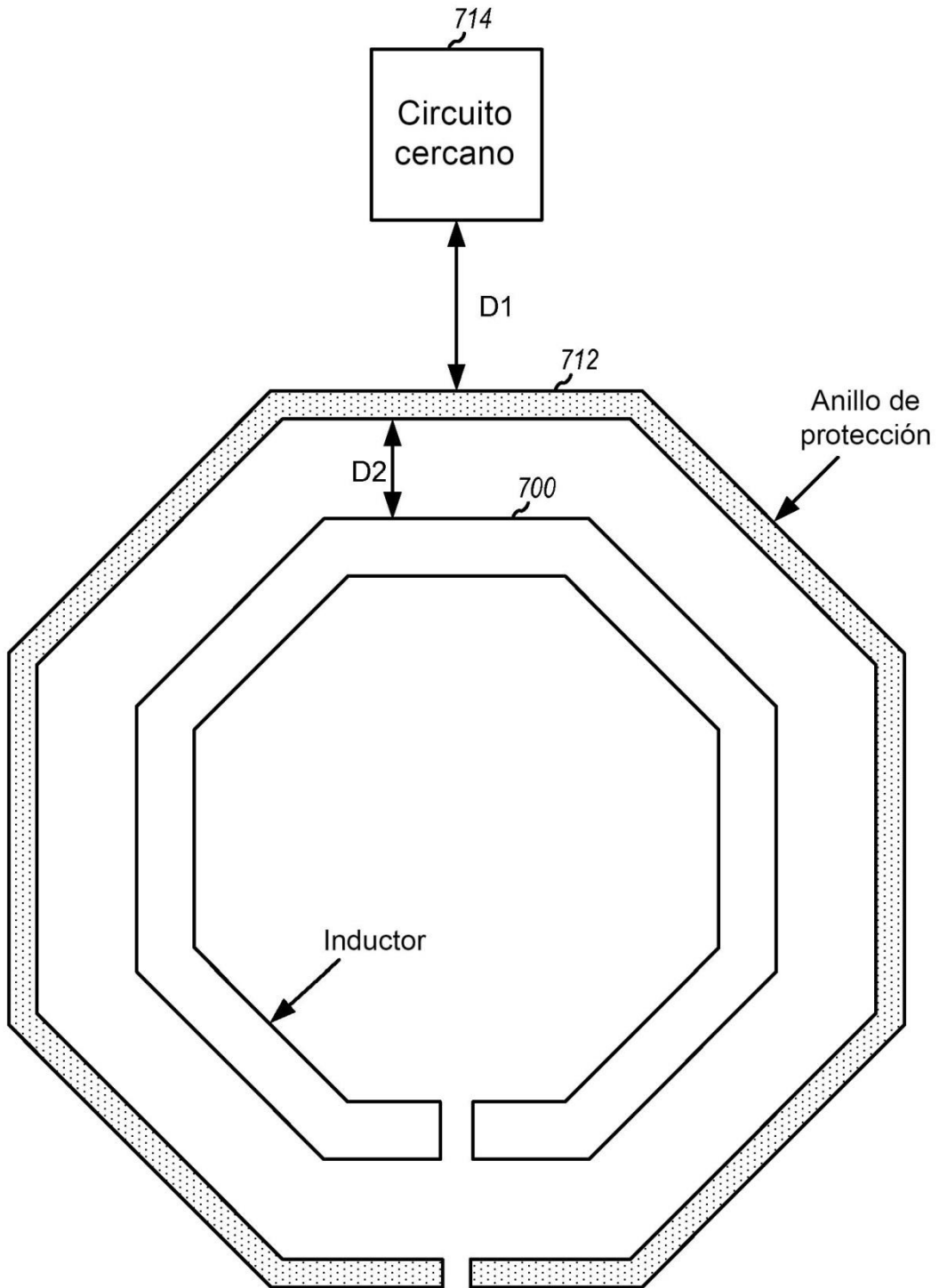


FIG. 7

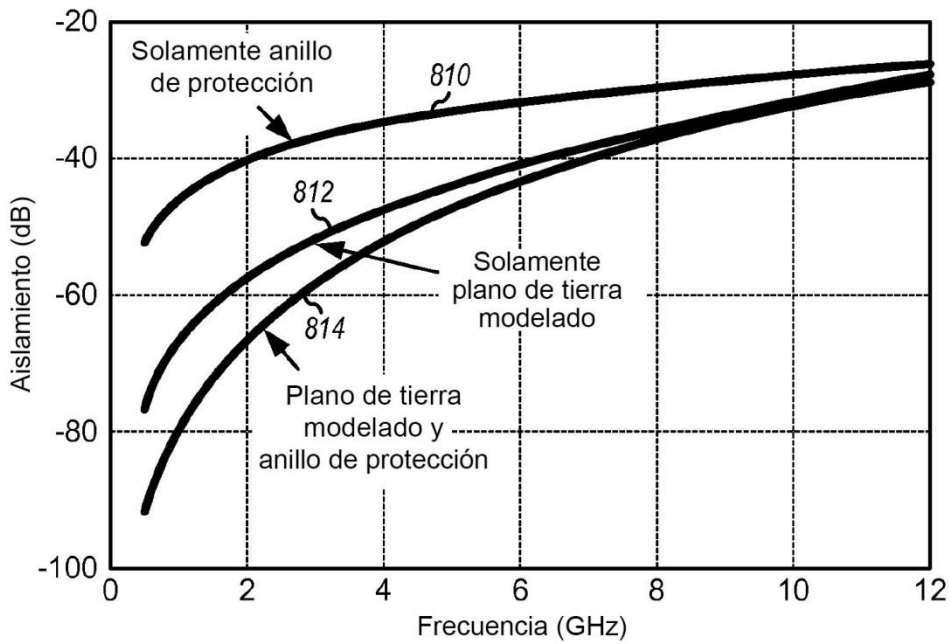


FIG. 8

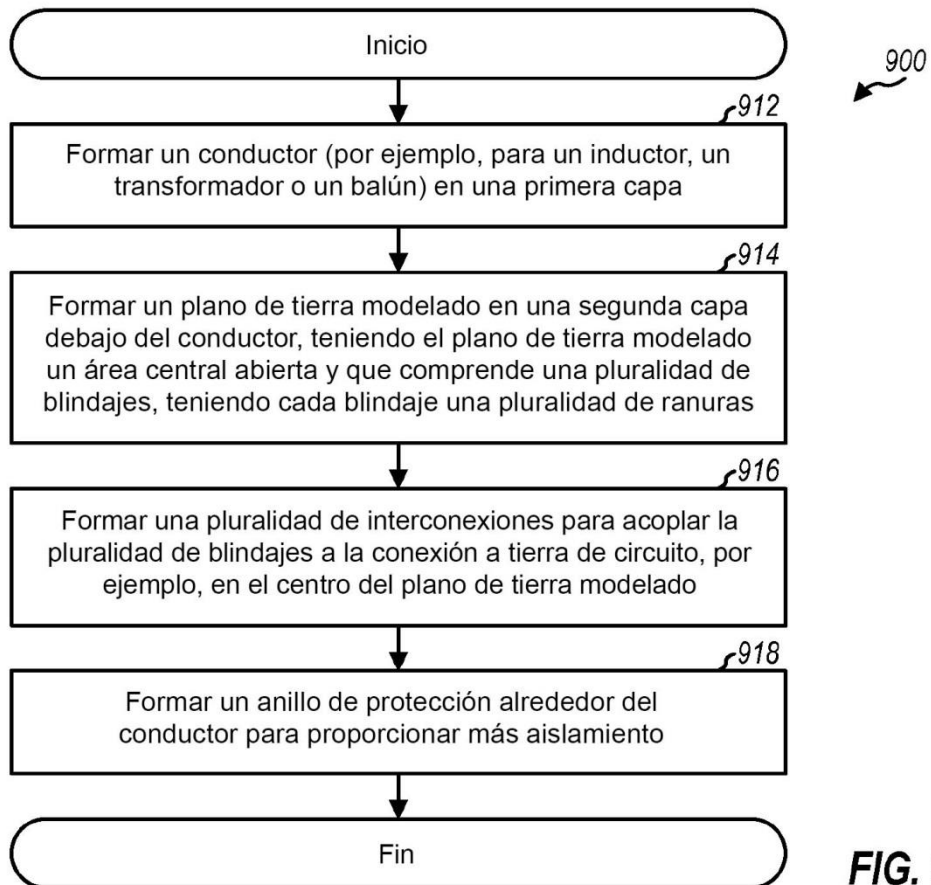


FIG. 9

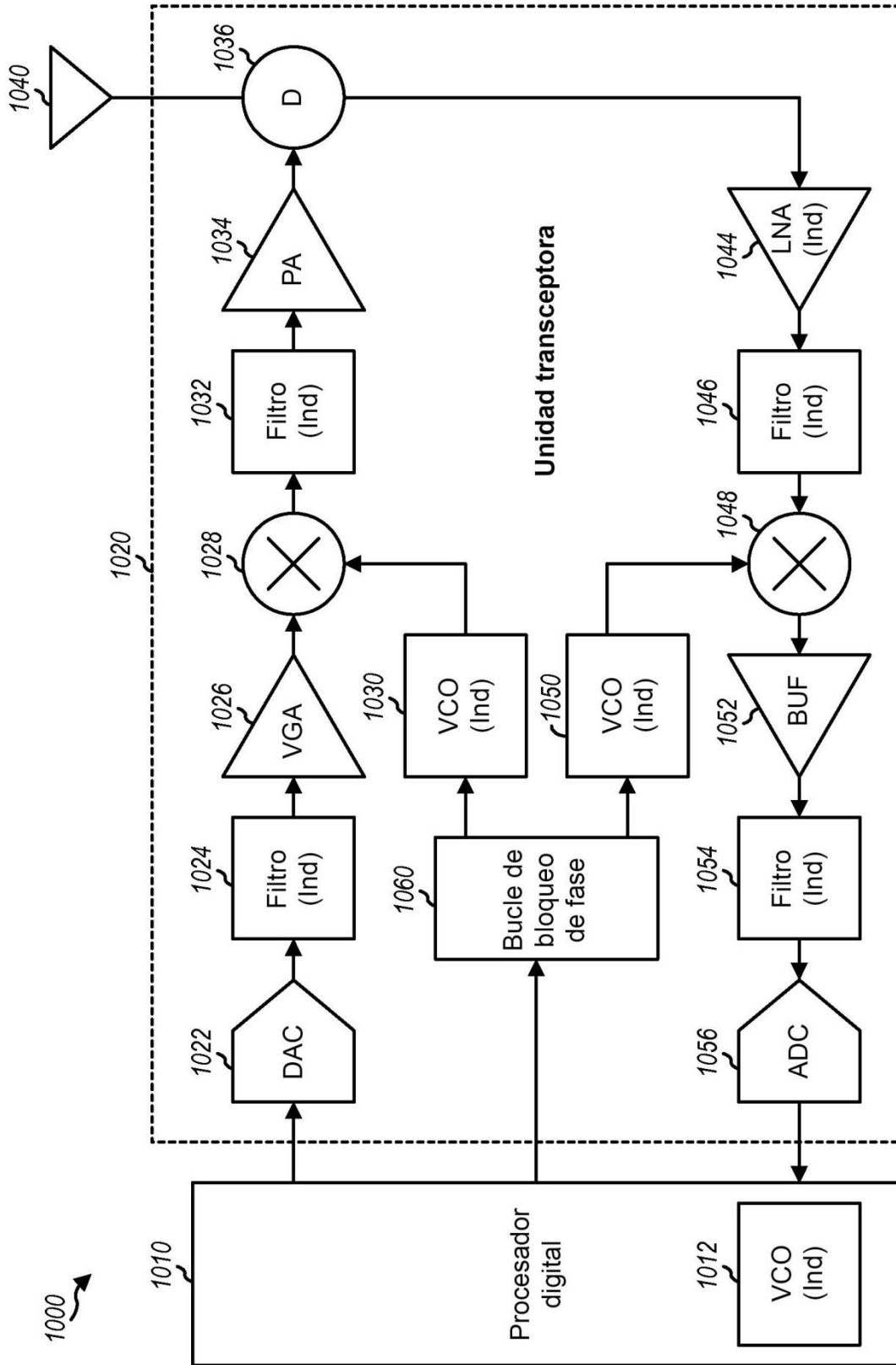


FIG. 10