

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 822 275**

51 Int. Cl.:

H01L 31/02 (2006.01)

H01L 31/112 (2006.01)

H01Q 1/22 (2006.01)

H01Q 9/28 (2006.01)

H01Q 23/00 (2006.01)

H01L 29/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.01.2018 PCT/EP2018/050501**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.08.2018 WO18153557**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2018 E 18700149 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2020 EP 3449508**

54 Título: **Detector de radiación y procedimiento para producir el mismo**

30 Prioridad:

23.02.2017 DE 102017103687

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

30.04.2021

73 Titular/es:

**FORSCHUNGSVERBUND BERLIN E.V. (100.0%)
Rodower Chaussee 17
12489 Berlin, DE**

72 Inventor/es:

**RÄMER, ADAM y
SHEVCHENKO, SERGEY**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 822 275 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

Detector de radiación y procedimiento para producir el mismo

La presente invención se refiere a un detector de radiación y a un procedimiento para su fabricación. En particular, la presente invención se refiere a un detector de radiación para la detección de radiación de THz basado en un transistor de efecto de campo (FET) con una estructura de antena integrada monolíticamente en la estructura de FET y un procedimiento para fabricar una disposición de detector integrada monolíticamente de este tipo.

Estado de la técnica

El término "gama de frecuencias de terahercios" se refiere aproximadamente a la gama de frecuencias de desde aproximadamente 100 GHz hasta 30 THz. Esta gama abarca las longitudes de onda en el espacio libre de desde $\lambda = 3$ mm hasta $\lambda = 10$ μ m, que es por lo que también se denomina la gama de longitudes de onda submilimétricas. En esta gama la energía de los fotones es baja, es de entre 0,1 meV y 100 meV.

Esta gama del espectro electromagnético también se denomina la brecha de THz, dado que apenas se ha explorado para aplicaciones comerciales hasta la fecha. Esto se debe, entre otras cosas, al hecho de que en sistemas puramente electrónicos las señales generadas están en la gama de ruido. Sin embargo, para enfoques puramente fotónicos, la energía de los fotones es demasiado baja.

En las últimas décadas se han desarrollado sistemas altamente complejos que funcionan en la gama de longitudes de onda submilimétricas. Hasta el momento, estos sistemas sólo se han usado en campos experimentales en investigación y desarrollo, tales como radioastronomía, investigación atmosférica o la espectroscopía a largo plazo de gases. Sin embargo, estos sistemas no son adecuados para el avance hacia el mercado comercial de masas. Esto se debe principalmente a la falta de disponibilidad de detectores y fuentes de bajo coste para la gama de THz y a su funcionamiento, sobre todo a temperaturas por debajo de 77 K.

Hay gran interés por desarrollar la gama de frecuencias de THz ya que presenta algunas ventajas y una singularidad con respecto a otras gamas de frecuencias. La radiación de THz es no ionizante y, por tanto, se considera segura en el campo biomédico. Puede usarse radiación de THz para obtener información acerca de la dinámica de portador de carga en nanoestructuras. Muchos materiales que son no traslúcidos en la gama de frecuencias ópticas son transparentes en la gama de frecuencias de THz. Determinados grupos de moléculas muestran una huella espectral clara en la gama de frecuencias de THz. Esta huella es de particular interés para la detección de sustancias peligrosas. Además, la radiación de THz muestra una menor dispersión en comparación con frecuencias ópticas y, por tanto, es particularmente adecuada para el uso en entornos polvorientos. El alto ancho de banda de transmisión que va a lograrse habla en favor de la aplicación en sistemas de comunicación. La pequeña longitud de onda de la radiación de THz permite resoluciones estructurales altas en procedimientos soportados por radar así como la iluminación y transiluminación de muestras, lo que es de particular interés, por ejemplo, para mediciones *in situ* en procedimientos de producción para control de calidad.

Para la detección de radiación de THz en la gama de frecuencias de THz más baja (de hasta aproximadamente 1 THz) son adecuados sistemas puramente eléctricos basados en tecnologías de semiconductores de GaAs, SiGe, CMOS e InP, sobre todo con conceptos de multiplicador. Además, pueden usarse mezcladores de diodo Schottky y detectores fotoconductores para la detección de radiación de THz. Se usan detectores fotovoltaicos, células de Golay y bolómetros como detectores de potencia. Se usan sistemas de láser de cascada cuántica, sistemas optoelectrónicos basados en láseres de pulsos cortos de femtosegundos o la mezcla de dos láseres de onda continua sobre todo para generar radiación de THz por encima de pocos THz.

En los últimos años se ha mostrado que los transistores en la gama de altas frecuencias (1-80 GHz) también son adecuados para la detección de radiación de THz (T. Otsuji y M. Shur, "Terahertz Plasmonics: Good Results and Great Expectations", en IEEE Microwave Magazine, vol. 15, n.º 7, págs. 43-50, nov.-dic. 2014). En particular, dos mecanismos conducen al hecho de que tales transistores pueden usarse en el espectro de THz. Se trata por un lado de una mezcla resistiva en la zona activa del transistor y por otro lado de efectos plasmónicos en la zona activa del transistor, que pueden describirse mediante la teoría de Dyakonov-Shur (M. Dyakonov y M. Shur, "Detection, mixing, and frequency multiplication of terahertz radiation by two-dimensional electronic fluid", IEEE Trans. Electron Devices, vol. 43, n.º 3, págs. 380-387, mar. 1996).

Para este tipo de detección de radiación de THz son adecuados principalmente los transistores de efecto de campo (FET) en la tecnología de semiconductores de CMOS (M. Bauer *et al.*, "Real-time CMOS terahertz camera employing plane-to-plane imaging with a focal-plane array of field-effect transistors" 2013 38th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz), Mainz, 2013, págs. 1-2) y la tecnología de semiconductores de GaN (M. Bauer *et al.*, "High-sensitivity wideband THz detectors based on GaN HEMTs with integrated bow-tie antennas", Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC), 2015 10th European, Paris, 2015, págs. 1-4).

Se usan diferentes tipos de antena para detectar y recibir radiación de THz. Se usan especialmente antenas replegadas, antenas espirales y antenas de parche.

En los documentos DE 10 2007 062 562 B4 y DE 10 2011 076 840 B4 se muestra que con frecuencias de THz es necesario construir la antena y el transistor integrados en el mismo sustrato. El transistor y la antena están conectados entre sí mediante líneas de suministro eléctrico, lo que da como resultado pérdidas de línea y la antena tiene que adaptarse al transistor. Como resultado, los detectores funcionan en una banda estrecha y sólo logran un rendimiento insuficiente.

Divulgación de la invención

Por tanto, un objeto de la presente invención es indicar una estructura integrable monolíticamente para la detección de la potencia y/o la fase de radiación electromagnética en la gama de frecuencias de THz. Además, una disposición de detector de radiación de este tipo debe caracterizarse por proporcionar un entorno de THz definido, cerrado en el que hay un convertidor de frecuencia empotrado monolíticamente que convierte la radiación de THz en una gama de bajas frecuencias hasta corriente continua. Por medio de una estructura integrable monolíticamente, será posible en particular prescindir de líneas de suministro eléctrico, de modo que se reducen las pérdidas de línea y la antena no tiene que adaptarse al transistor con respecto a las líneas de suministro faltantes. Esto permitirá un gran ancho de banda con alta sensibilidad combinado con una alta densidad de integración.

Estos objetivos se alcanzan según la invención mediante las características de la reivindicación de patente 1 así como la reivindicación de patente 13. Las realizaciones apropiadas de la invención se incluyen en las respectivas reivindicaciones dependientes.

Un detector de radiación según la invención comprende una estructura de antena y una estructura de transistor de efecto de campo (FET) que tiene una región de fuente, una región de compuerta y una región de drenaje, en el que estas regiones están dispuestas sobre un sustrato y forman estructuras de electrodo eléctricamente conductoras independientes entre sí mediante metalización, en el que la estructura de electrodo de compuerta envuelve completamente la estructura de electrodo de fuente o la estructura de electrodo de drenaje en un primer plano; la estructura de electrodo envuelta se extiende hasta por encima de la estructura de electrodo de compuerta y allí se solapa con la envoltura en un segundo plano por encima del primer plano al menos en secciones en superficie; en el que una región eléctricamente aislante para formar un condensador con una estructura de metal-aislante-metal (estructura MIM) está dispuesta entre las regiones de la estructura de electrodo de compuerta con las que se solapa la estructura de electrodo envuelta.

En general, los detectores de radiación se definen como disposiciones técnicas que están diseñadas para recibir radiación electromagnética y para emitir una señal de detección correspondiente relacionada con las propiedades de la radiación recibida.

La antena de un dispositivo de detección para radiación electromagnética tiene generalmente la tarea de recibir ondas electromagnéticas en el espacio libre que inciden sobre la antena y convertirlas en ondas conductoras guiadas. Con este propósito, una antena presenta habitualmente varios elementos de recepción (por ejemplo, los dos brazos de una antena dipolo clásica). La toma de la onda conductora recibida puede tener lugar en la denominada base de la antena (también denominada el punto de alimentación central). El término "estructura de antena" tiene en cuenta la geometría externa de todos elementos de recepción, su disposición mutua y su estructura intrínseca (por ejemplo, estructura multicapa) desde el borde exterior de la antena hasta la base de la antena.

El control eléctrico de las diferentes regiones de un FET se realiza normalmente mediante tres electrodos metálicos independientes entre sí, describiendo el término "estructura de FET" la estructura intrínseca del FET con las estructuras elementales de los electrodos, es decir, sin una estructura de antena. A este respecto, los electrodos se disponen al menos por encima de las regiones individuales del FET (es decir, por encima de la estructura de FET) a través de la deposición o aplicación de metales o compuestos que contienen metal.

A este respecto, el término "estructura de electrodo" tiene en cuenta tanto la geometría externa de los electrodos como su estructura intrínseca (por ejemplo, una estructura del electrodo a partir de diferentes capas o elementos de electrodo). A este respecto, regiones interconectadas directamente de manera eléctrica pueden formar una estructura de electrodo coherente. Preferiblemente, la estructura de electrodo de fuente puede comprender un contacto óhmico de fuente y una metalización de fuente. Preferiblemente, la estructura de electrodo de drenaje puede comprender un contacto óhmico de drenaje y una metalización de drenaje. La estructura de electrodo de compuerta puede comprender diferentes planos de metalización y una metalización de compuerta. Preferiblemente, la estructura de electrodo de compuerta se forma completamente mediante una metalización de compuerta. Una metalización puede tener lugar en particular mediante la aplicación de metales puros, metales compuestos u otros compuestos metálicos eléctricamente conductores.

Un condensador consiste generalmente en dos elementos de superficie (por ejemplo, condensadores de placas) aislados eléctricamente entre sí en los que pueden almacenarse cargas eléctricas. Estas superficies también se denominan electrodos de condensador. En la tecnología de semiconductores, el término estructura de metal-aislante-metal (estructura MIM) se usa sobre todo para describir apilamientos de capas de metal capacitivos formados en superficie con una capa de aislamiento intermedia (región eléctricamente aislante). A este respecto, la capa de aislamiento puede ser, por ejemplo, un óxido de silicio, un nitruro de silicio o cualquier otro material o medio

eléctricamente aislante. Según la invención, una región eléctricamente aislante, para formar un condensador con una estructura MIM, está dispuesta entre las regiones de la estructura de electrodo de compuerta con las que se solapa la estructura de electrodo envuelta.

5 Preferiblemente, la estructura de antena, colocada sobre el sustrato, está formada directamente por estructuras de electrodo. Esto significa que la estructura de antena representa una implementación de antena esencialmente plana, en la que las estructuras de electrodo del propio FET pueden formarse como elementos de recepción de la estructura de antena. Se dispone preferiblemente una estructura epitaxial entre la estructura de antena y el sustrato. Sin embargo, la estructura de antena también puede formarse al menos en secciones colocadas directamente sobre el sustrato.

10 De manera particularmente preferida, la estructura de antena se forma directamente por la estructura de electrodo de fuente y la estructura de electrodo de drenaje. Preferiblemente, el condensador MIM de al menos una parte de la estructura de electrodo de compuerta se forma por una región que se solapa con al menos una parte de la estructura de electrodo de fuente o con al menos una parte de la estructura de electrodo de drenaje. Sin embargo, una estructura de antena también puede formarse al menos en secciones encima de la estructura de electrodo de compuerta.

15 Por tanto, la idea de la presente invención consiste en disponer la estructura de antena directamente en las proximidades del transistor, pudiendo prescindirse completamente de líneas de suministro eléctrico y las desventajas asociadas con las mismas. En particular, la estructura de antena también puede estar formada directamente mediante las estructuras de electrodo correspondientes del transistor con el fin de una minimización de distancia máxima. A través de la integración de un condensador en la antena o la estructura de FET, lo que también es posible, puede formarse un entorno de HF común que puede configurarse para ajustar el detector de radiación para la recepción de ondas electromagnéticas en la gama de THz. Dado que la estructura de electrodo de compuerta envuelve completamente la estructura de electrodo de fuente o la estructura de electrodo de drenaje en un primer plano, puede realizarse un cortocircuito de mayor banda ancha que con realizaciones de estructura de electrodo de un lado. Debido a una distancia de envolvimiento particularmente corta, no tiene lugar una transformación del cortocircuito en valores de impedancia altos a altas frecuencias. Además, una envoltura conduce a un desacoplamiento de RF particularmente alto de las regiones de drenaje y de fuente. En particular, la región de compuerta representa el potencial de referencia de RF de la disposición. Dado que las corrientes de alta frecuencia que fluyen a la región de compuerta se producen predominantemente de manera anular en los bordes de la envoltura (efecto pelicular), el campo lejano de la antena no se ve perturbado sustancialmente por el flujo de corriente en la envoltura, incluso a altas frecuencias.

20 Dado que un detector de radiación de este tipo según la invención es tanto un elemento de recepción como un elemento detector, este concepto permite un gran ancho de banda con alta sensibilidad, combinado con una alta densidad de integración. Dado que la estructura puede fabricarse en un procedimiento de semiconductor convencional, también es relativamente fácil de fabricar y económico. Por tanto, el concepto subyacente permite el diseño de estructuras para aplicaciones de mercado de masas en la zona de radiación de THz. Por tanto, la base de un detector de radiación según la invención es un transistor de efecto de campo (FET) con sus tres electrodos, fuente, compuerta y drenaje, en el que los electrodos pueden conformarse de tal manera que generan un entorno de HF definido de manera precisa.

25 Preferiblemente, el contacto óhmico de fuente y el contacto óhmico de drenaje tienen una altura de entre 0,1 μm y 0,5 μm . Se prefiere más una altura de aproximadamente 0,25 μm . Una longitud preferida del contacto óhmico de fuente es mayor de 3 μm . Se prefiere más una longitud de entre 4 μm y 6 μm . Preferiblemente, el contacto óhmico de fuente y el contacto óhmico de drenaje tienen una anchura mayor de 1 μm . Se prefiere más una anchura de entre 3 μm y 4 μm .

30 En algunas realizaciones, la anchura del contacto óhmico de fuente 34a y del contacto óhmico de drenaje 38a pueden diferir entre sí en la región de la estructura de FET 20. Preferiblemente, el contacto óhmico de fuente tiene una anchura de aproximadamente 4 μm y el contacto óhmico de drenaje tiene una anchura de aproximadamente 1 μm . Se prefieren adicionalmente realizaciones en las que el contacto óhmico de fuente tiene una anchura de aproximadamente 10 μm y el contacto óhmico de drenaje tiene una anchura de aproximadamente 1 μm . Se prefieren más, para tales diseños asimétricos, razones de asimetría (la anchura del contacto óhmico de fuente con respecto a la anchura del contacto óhmico de drenaje) de entre 1:2 y 1:10, más preferiblemente de entre 1:4 y 1:10, incluso más preferiblemente de entre 1:6 y 1:10.

35 Preferiblemente, la estructura de electrodo de compuerta tiene una altura de entre 0,3 μm y 0,5 μm . Se prefiere más una altura de aproximadamente 0,35 μm . Preferiblemente, la metalización de fuente en la región del condensador tiene una altura de entre 0,5 μm y 1,2 μm . Se prefiere más una altura de aproximadamente 0,65 μm . Preferiblemente, la metalización de fuente y la metalización de drenaje en la región del condensador tienen una anchura mayor de 3 μm . Se prefiere más una anchura de entre 4 μm y 6 μm .

40 Preferiblemente, la región eléctricamente aislante tiene una altura de entre 0,01 μm y 0,5 μm . Se prefiere más una altura de aproximadamente 0,2 μm .

Preferiblemente, la estructura de electrodo de compuerta en el primer plano y la estructura de electrodo envolvente en el segundo plano se solapan esencialmente como elementos de superficie rectangulares. A este respecto, el solape que forma el condensador MIM, en el que el solape se refiere a la superficie común resultante de una proyección vertical de las superficies enfrentadas entre sí de la estructura de electrodo de compuerta y la estructura de electrodo envolvente, puede considerarse por analogía con los dos electrodos de condensador (dispuestos en paralelo entre sí) de un condensador de placas clásico. A este respecto, el término “esencialmente” se refiere a una forma generalmente rectangular de los elementos de superficie solapantes. La forma de las estructuras de electrodo individuales puede diferir de la misma.

Preferiblemente, la estructura de FET se basa en silicio o un semiconductor III-V. Por consiguiente, se prefiere que la estructura de FET se implemente en tecnología basada en Si (por ejemplo, CMOS). Además, se prefiere que la estructura de FET se implemente en tecnología III-V. Las tecnologías particularmente preferidas para el diseño de la estructura de FET o de un detector de radiación según la invención pueden basarse en superconductores de GaN, de grafeno o de alta temperatura (también denominados superconductores HTC). Preferiblemente, el sustrato usado para el diseño de dichas estructuras no forma una superficie de tierra con respecto al elemento de antena. Puede usarse especialmente silicio altamente resistivo como material de sustrato.

Preferiblemente, la base de la estructura de antena está dispuesta entre la región de compuerta y la región de fuente o entre la región de compuerta y la región de drenaje. Se prefiere más que la base de la estructura de antena esté dispuesta entre la región de compuerta y la región de fuente o de drenaje de la estructura de electrodo no envuelta. En particular, la base de la estructura de antena puede estar dispuesta exactamente en el medio entre estas dos regiones. Esto permite que una onda electromagnética (por ejemplo, una onda en el espacio libre) recibida por la estructura de antena se acople directamente en el FET en la base de la antena. Por tanto, puede prescindirse de trayectorias conductoras adicionales, en las que las ondas de radiación recibidas en el estado de la técnica tendrían que guiarse como ondas de línea en líneas de suministro de antena. Por tanto, una detección de la radiación recibida desde la estructura de antena puede tener lugar directamente en la base de la estructura de antena sin pérdidas de línea adicionales.

Preferiblemente, la estructura de antena forma una antena de ranura, en la que la estructura de antena presenta al menos una abertura radiante dentro de una superficie de metal (tales estructuras de antena se denominan habitualmente antena de ranura independientemente de la forma específica de la abertura radiante). Las antenas ranuradas son antenas en las que el elemento radiante de la antena se forma esencialmente por una abertura (habitualmente denominada abertura/paso radiante) en un plano conductor. A una abertura radiante de este tipo pueden asignarse según el teorema de Babinet en el campo lejano las características de radiación o recepción de un dipolo clásico (dipolo complementario con la misma distribución de intensidad). Las corrientes inducidas por un campo electromagnético estimulante fluyen esencialmente a lo largo del borde metálico de la abertura. Por tanto, el término “abertura radiante” ha de entenderse en particular como una abertura dentro de una estructura de antena asignada, que representa un dipolo complementario como elemento de recepción para esta estructura de antena según el teorema de Babinet. El acoplamiento de señales electromagnéticas que van a recibirse en la estructura de antena puede tener lugar preferiblemente mediante el sustrato.

La superficie de metal puede ser una superficie metálica individual o una superficie metálica compuesta que consiste en elementos individuales. Los elementos individuales pueden separarse galvánicamente entre sí, pudiendo formarse la separación mediante condensadores MIM adicionales entre elementos individuales. Preferiblemente, los condensadores MIM entre elementos individuales conducen a una separación galvánica en la que se mantiene una conexión de HF entre los elementos individuales separadas por un condensador MIM. En particular, se prefiere que una abertura radiante se use en las metalizaciones de las estructuras de electrodo como el elemento de recepción de la antena y que toda la estructura esté envuelta por una masa conectada por alta frecuencia. A este respecto, se prefiere particularmente que en el borde exterior de la estructura de antena se cortocircuiten corrientes de alta frecuencia (corrientes de HF) con frecuencias mayores de 100 GHz. Esto permite que las estructuras se dispongan como un conjunto sin perturbar a sus vecinas. Por otra parte, también pueden suprimirse las señales de HF en las líneas de conexión (que conducen al exterior) del detector de radiación. En el caso de una antena de ranura, la inversión de aire y metal da como resultado una mayor libertad de diseño para la realización del cortocircuito y para la realización de las diferentes configuraciones de electrodos.

En particular, se prefiere que la estructura de antena realice un cortocircuito de HF entre 2 de las 3 regiones de la estructura de FET. A este respecto, en particular, se prefiere que las estructuras de electrodo de compuerta y fuente (o las estructuras de electrodo de compuerta y drenaje) se dispongan como estructuras MIM una encima de otra en una gran superficie en relación con las dimensiones espaciales de la estructura de FET, con el fin de realizar un cortocircuito de HF lo más idóneo posible entre las regiones de compuerta y de fuente intrínsecas (o las regiones de compuerta y de drenaje). Preferiblemente, la superficie con la que se solapa la estructura MIM sobre el sustrato supera la superficie con la que se solapa el 2DEG de la estructura de FET sobre el sustrato en un factor de 100, más preferiblemente en un factor de 1.000, incluso más preferiblemente en un factor de 10.000.

Realizaciones particularmente preferidas de una estructura de antena son antenas de orificio resonantes, antenas de lágrima, antenas de parche ranuradas, antenas replegadas ranuradas y antenas espirales logarítmicas ranuradas. Una estructura de antena puede formarse preferiblemente con 2 brazos o 4 brazos. En el caso de una estructura de

5 antena formada con 4 brazos, en particular dos estructuras de FET independientes entre sí pueden usar una estructura de antena común como elemento de recepción o un detector de radiación según la invención comprende dos estructuras de FET conectadas en paralelo sobre un sustrato común, en el que en ambos casos cada estructura de FET se conecta a dos brazos respectivos de la estructura de antena formada con 4 brazos. En general, pueden usarse una pluralidad de estructuras de FET individuales o estructuras de FET conectadas en paralelo para estructuras de antena de múltiples brazos. Además, puede haber formas mixtas, en las que en una estructura de antena de múltiples brazos se asignan brazos individuales a estructuras de FET individuales y otros brazos conducen a estructuras de FET conectadas en paralelo.

10 Preferiblemente, el condensador y la estructura de antena forman un entorno de HF común, adaptado para ajustar el detector de radiación para la recepción de ondas electromagnéticas en la gama de THz. En particular, las características de recepción (sensibilidad, ancho de banda espectral, amplificación de señal) de un detector de radiación según la invención pueden ajustarse o regularse mediante el dimensionamiento correspondiente de la estructura de antena y mediante la regulación de la capacitancia del condensador. Esto permite que un detector de radiación según la invención se optimice para un gran número de aplicaciones dentro del alcance de la presente divulgación. Sin embargo, estas aplicaciones no se limitan a la gama de radiación de THz.

15 Preferiblemente, un detector de radiación según la invención también comprende un convertidor de frecuencia, en el que el convertidor de frecuencia convierte la radiación recibida en una señal de detección de baja frecuencia. La evaluación del detector de radiación según la invención se realiza preferiblemente mediante una evaluación de baja frecuencia de las corrientes o tensiones entre los electrodos de fuente y drenaje. En particular, un semiconductor activo, que convierte la radiación de THz en una gama de bajas frecuencias hasta corriente continua, puede empotrarse monolíticamente dentro del detector de radiación según la invención.

20 Un aspecto adicional de la presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un detector de radiación. El procedimiento según la invención comprende proporcionar una estructura de transistor de efecto de campo (FET) dispuesta sobre un sustrato con una región de compuerta, una región de fuente y una región de drenaje; metalizar la región de compuerta, la región de fuente y la región de drenaje, en el que se forman estructuras de electrodo eléctricamente conductoras independientes entre sí, en el que a través de la estructura de electrodo de compuerta, o bien la estructura de electrodo de fuente o bien la estructura de electrodo de drenaje se envuelve completamente en un primer plano, en el que la estructura de electrodo envuelta se extiende hasta por encima de la estructura de electrodo de compuerta y, a través de la estructura de electrodo envuelta, la envoltura en un segundo plano por encima del primer plano se solapa al menos en secciones en superficie, en el que una región eléctricamente aislante para formar un condensador con una estructura de metal-aislante-metal, MIM, se dispone entre las regiones de la estructura de electrodo de compuerta con las que se solapa la estructura de electrodo envuelta; y estructurar una estructura de antena dispuesta sobre el sustrato, en el que la estructura de antena, colocada sobre el sustrato, se forma directamente por las estructuras de electrodo, en el que se forma una abertura radiante dentro de una superficie de metal de la estructura de antena, y en el que la base de la estructura de antena se dispone entre la región de compuerta (26) y la región de fuente (24) o entre la región de compuerta (26) y la región de drenaje (28). Preferiblemente, la base de la estructura de antena se dispone entre la región de compuerta y la región de fuente o de drenaje de la estructura de electrodo no envuelta.

30 El procedimiento según la invención es adecuado para proporcionar realizaciones particularmente preferidas de un detector de radiación según la invención. Las reivindicaciones dependientes contienen realizaciones apropiadas de la invención.

35 Preferiblemente, la estructura de antena se forma de una manera estructurada con 2 brazos o 4 brazos. Igualmente de manera sólo preferible, el condensador y la estructura de antena pueden ajustarse en sus frecuencias resonantes para la recepción de ondas electromagnéticas en la gama de THz con el fin de formar un entorno de HF común.

45 **Breve descripción de los dibujos**

La invención se ilustra en las siguientes realizaciones basándose en el dibujo correspondiente. En particular:

- la figura 1a muestra un diseño esquemático de una realización a modo de ejemplo de una estructura de FET según la invención en la vista lateral,
- 50 la figura 1b muestra un diseño esquemático abstracto de una estructura de FET según la invención en una vista lateral,
- las figuras 2a, 2b muestran un diseño esquemático abstracto de una estructura de FET según la invención según la figura 1b en la vista lateral (a) y en la vista desde arriba (b),
- la figura 3 muestra un diseño esquemático de una primera realización de la invención (antena de orificio),
- 55 la figura 4 muestra un diseño esquemático de una segunda realización de la invención (antena de lágrima),

	la figura 5	muestra una estructura esquemática de una tercera realización de la invención (antena de parche ranurada),
	la figura 6	muestra un diseño esquemático de una cuarta realización de la invención (antena replegada ranurada, variante 1),
5	la figura 7	muestra un diseño esquemático de una quinta realización de la invención (antena replegada ranurada, variante 2),
	la figura 8	muestra un diseño esquemático de una sexta realización de la invención (antena espiral logarítmica ranurada),
10	la figura 9	muestra un diseño esquemático de una séptima realización de la invención (antena replegada ranurada, de 4 brazos), y
	la figura 10	muestra un diseño esquemático de una octava realización de la invención (antena espiral logarítmica ranurada, de 4 brazos).

Descripción detallada de los dibujos

15 La figura 1a muestra un diseño esquemático de una realización a modo de ejemplo de una estructura de FET 20 según la invención en la vista lateral. En el caso de otras realizaciones de la invención, la formación concreta así como la disposición mutua de los elementos representados en particular pueden apartarse de la estructura mostrada en este caso. Igualmente, la representación mostrada no sugiere ninguna estructura de capas concreta o un procedimiento específico para fabricar la estructura de capas correspondiente. La estructura de FET 20 según la invención puede variarse a voluntad dentro del alcance de esta divulgación y no se limita de ninguna manera por la representación mostrada.

20 La realización mostrada se basa en una estructura epitaxial adecuada para la fabricación de FET y tiene un sustrato 70 (por ejemplo, compuesto por SiC) con una capa tampón 72 (por ejemplo, una capa tampón de GaN) dispuesta sobre el mismo. Una zona activa 74 (por ejemplo, compuesta por AlGaN) está dispuesta sobre la capa tampón 72. La zona activa 74 se limita lateralmente por una capa de aislamiento 76. En el caso de un FET, tiene lugar un control del flujo de corriente dentro de la zona activa 74. A este respecto, en general, durante el funcionamiento del FET, un gas electrónico bidimensional, que se denomina 2DEG 22, se forma en la región limítrofe entre la zona activa 74 y la capa tampón 72. Un control electrónico de la zona activa 74 tiene lugar desde por encima de la zona activa 74 mediante tres electrodos eléctricamente conductores, independientes entre sí, que se denominan normalmente de compuerta, fuente y drenaje. Por consiguiente, estos electrodos presentan una estructura de electrodo de fuente 34, una estructura de electrodo de compuerta 36 y una estructura de electrodo de drenaje 38. A través de los electrodos, se definen una región de fuente 24, una región de compuerta 26 y una región de drenaje 28 en la zona activa 72 o dentro del 2DEG 22. Un valor típico para la longitud de la región de compuerta 26 es de aproximadamente 100 nm, en el que la estructura de electrodo de compuerta 36 en la región por encima de la región de compuerta 26 presenta normalmente una longitud de aproximadamente 200 nm. Las longitudes típicas para la distancia entre la metalización de compuerta 36 y el contacto óhmico de fuente 34a o entre la metalización de compuerta 36 y el contacto óhmico de drenaje 38a son de entre 0,1 μm y 1 μm . A este respecto, pueden realizarse realizaciones tanto simétricas como asimétricas.

35 Las estructuras de electrodo individuales 34, 36, 38 pueden consistir en una única capa o un material uniforme (preferiblemente un material metálico eléctricamente conductor) o estar compuestas por una disposición en capas o una combinación de diferentes materiales. En particular, la representación muestra un electrodo de compuerta 36 que consiste en un material uniforme (por ejemplo, una aleación de diferentes metales). Por otra parte, la estructura de electrodo de fuente 34 y la estructura de electrodo de drenaje 38 están dispuestas en capas una encima de otra. La estructura de electrodo de fuente 34 está compuesta por un contacto óhmico de fuente 34a colocado directamente sobre la zona activa 74 y una metalización de fuente 34b dispuesta directamente por encima de la misma (por ejemplo, mediante deposición en fase de vapor o deposición, en particular de Au). Por consiguiente, la estructura de electrodo de drenaje 38 está compuesta por un contacto óhmico de drenaje 38a colocado directamente sobre la zona activa 74 y una metalización de drenaje 38b dispuesta directamente por encima de la misma. Con el fin de aislar eléctricamente o proteger las estructuras de electrodo individuales 34, 36, 38 una de otra, en la región superior de la representación, las estructuras de electrodo 34, 36, 38 se enmarcan o se separan entre sí por varias capas de pasivación 77, 78, 79.

40 Por debajo de la metalización de fuente 34b, está dispuesta una región eléctricamente aislante 42 (dieléctrica) según la invención. La región aislante 42 puede ser, por ejemplo, una capa aislante o una región libre (por ejemplo, un entrehierro). Por debajo de la región aislante 42 dibujada se sitúa una continuación de la estructura de electrodo de compuerta 36. A este respecto, se trata de secciones de una misma estructura de electrodo de compuerta 36. En particular, las dos secciones se conectan entre sí de manera eléctricamente conductora, no pudiendo observarse esta conexión desde la vista lateral mostrada.

55 Entre las regiones de la estructura de electrodo de compuerta 36 con las que se solapa la metalización de fuente

34b, es decir, la sección de la estructura de electrodo de compuerta 36 mostrada a la izquierda en la representación, está dispuesta, por tanto, una región eléctricamente aislante 42. La capa de metal-aislante-metal (capa MIM) así generada forma un condensador 40 con una estructura MIM correspondiente. Para ilustrar las relaciones estructurales, el símbolo de circuito técnico convencional para un condensador se dibuja en el diseño esquemático en la ubicación correspondiente.

La figura 1b muestra un diseño esquemático abstracto de una estructura de FET 20 según la invención en la vista lateral. En contraposición con la figura 1a, se trata de una representación reducida a los elementos esenciales de la estructura de FET 20 con un grado de abstracción aumentado. Se prescindió de una representación explícita de posibles capas de aislamiento, capas portadoras y capas intermedias. En particular, el diseño mostrado puede ser una representación abstracta de la realización a modo de ejemplo de una estructura de FET según la invención en la vista lateral tal como se muestra en la figura 1a. Por tanto, los signos de referencia respectivos y su asignación se aplican en consecuencia.

La figura 2a muestra un diseño esquemático abstracto de una estructura de FET 20 según la invención según la figura 1b en vista lateral. Los signos de referencia respectivos y su asignación se aplican en consecuencia. Además se dibujan un primer plano E1 y un segundo plano E2, disponiéndose el segundo plano E2 por encima del primer plano E1.

La figura 2b muestra un diseño esquemático abstracto de una realización a modo de ejemplo de una estructura de FET 20 según la invención según la figura 2a en la vista desde arriba. A este respecto, la línea de trazos y puntos dibujada en la figura 2b indica una línea de intersección que conduce a una vista lateral mostrada en la figura 2a.

Por tanto, las figuras 2a y 2b muestran una estructura de FET 20 con una región de fuente 24, una región de compuerta 26 y una región de drenaje 28, en la que estas regiones 24, 26, 28 forman estructuras de electrodo eléctricamente conductoras independientes entre sí 34, 36, 38 a través de metalización; en la que la estructura de electrodo de compuerta 36 envuelve completamente la estructura de electrodo de fuente 34 en un primer plano E1; la estructura de electrodo de fuente envuelta 34 se extiende hasta por encima de la estructura de electrodo de compuerta 36 y allí se solapa con la envoltura en un segundo plano E2 por encima del primer plano E1 al menos en secciones en superficie (en la región marcada de manera delimitada rayada de la metalización de fuente 34b); en la que una región eléctricamente aislante 42 para formar un condensador 40 con una estructura MIM está dispuesta entre las regiones de la estructura de electrodo de compuerta 36 (esencialmente la región marcada por la metalización de fuente 34b delimitada rayada de la estructura de electrodo de compuerta 36) con las que se solapa la estructura de electrodo de fuente envuelta 34.

La estructura de electrodo de compuerta 36 en el primer plano E1 y la estructura de electrodo de fuente envuelta 34 en el segundo plano E2 se solapan entre sí en la representación mostrada esencialmente como elementos de superficie rectangulares (sección rectangular izquierda de la estructura de electrodo de compuerta 36 de dos partes conectada). Sin embargo, los límites de trazos, particularmente en el caso de la metalización de fuente 34b, indicarán que estas regiones pueden extenderse más allá de lo dibujado. En otras realizaciones, las dimensiones geométricas (longitudes, alturas y/o anchuras) de la estructura de electrodo de fuente 34 y de la estructura de electrodo de compuerta 38 pueden variarse individualmente y una en relación con otra para formar un entorno de HF adaptado o para adaptar el entorno de HF a una estructura de antena 10 específica. En particular, el contacto óhmico de fuente 34a y el contacto óhmico de drenaje 38a pueden tener respectivamente diferentes anchuras, correspondiendo a la anchura a la dimensión visible sólo en una vista desde arriba (la altura corresponde a la altura en una vista lateral).

Además, según la invención, también puede involucrarse la estructura de electrodo de drenaje 38 en lugar de la estructura de electrodo de fuente 34.

La figura 3 muestra un diseño esquemático de una primera realización de la invención (antena de orificio). En particular, la representación muestra una estructura de antena 10 preferida de un detector de radiación 100 según la invención. La estructura de antena 10, colocada sobre un sustrato 70, puede formarse directamente por las estructuras de electrodo 34, 36, 38. Preferiblemente, está dispuesta una estructura epitaxial (por ejemplo, la estructura epitaxial mostrada en la figura 1a) entre la estructura de antena y el sustrato. Preferiblemente, la estructura de antena 10 se forma directamente por la estructura de electrodo de fuente 34 y/o por la estructura de electrodo de drenaje 38.

La base 12 de la estructura de antena 10 puede disponerse entre la región de compuerta 26 de la estructura de electrodo de compuerta 36 y la región de drenaje 28 de la estructura de electrodo de drenaje 38. La estructura de antena 10 presenta dos aberturas 14 aproximadamente circulares dentro de una superficie de metal 16, en la que se extiende una tira estrecha en la región entre las dos aberturas 14. Tal como se muestra en la representación esquemática abstracta adyacente de la estructura de FET 20 ampliada a partir de la región interior de la estructura de antena 10, esta parte de la superficie de metal 16 se forma directamente por la metalización de drenaje 38b y, por tanto, pertenece a la estructura de electrodo de drenaje 38. Por otra parte, la región de parte semicircular superior de la superficie de metal 16 se forma directamente por la metalización de fuente 34b y, por tanto, pertenece a la estructura de electrodo de fuente 34. Tal como puede observarse también a partir de la representación mostrada, la

anchura del contacto óhmico de fuente 34a y del contacto óhmico de drenaje 38a difieren entre sí en la región de la estructura de FET 20.

5 Preferiblemente, el contacto óhmico de fuente 34a y el contacto óhmico de drenaje 38a tienen una altura de entre 0,1 μm y 0,5 μm . Se prefiere más una altura de aproximadamente 0,25 μm . Una longitud preferida del contacto óhmico de fuente 34a es mayor de 3 μm . Se prefiere más una longitud de entre 4 μm y 6 μm . Preferiblemente, el contacto óhmico de fuente 34a y el contacto óhmico de drenaje 38a tienen una anchura mayor de 1 μm . Se prefiere más una anchura de entre 3 μm y 4 μm .

10 Preferiblemente, la estructura de electrodo de compuerta 36 tiene una altura de entre 0,3 μm y 0,5 μm . Se prefiere más una altura de aproximadamente 0,35 μm . Preferiblemente, la metalización de fuente 34a en la región del condensador 40 tiene una altura de entre 0,5 μm y 1,2 μm . Se prefiere más una altura de aproximadamente 0,65 μm . Preferiblemente, la metalización de fuente 34b y la metalización de drenaje 38b en la región del condensador 40 tienen una anchura mayor de 3 μm . Se prefiere más una anchura de entre 4 μm y 6 μm .

Preferiblemente, la región eléctricamente aislante 42 tiene una altura de entre 0,01 μm y 0,5 μm . Se prefiere más una altura de aproximadamente 0,2 μm .

15 La estructura de antena 10 mostrada se caracteriza en particular por la forma circular de las aberturas 14. El condensador 40 y la estructura de antena 10 pueden formar un entorno de HF común, que está adaptado para ajustar el detector de radiación 100 según la invención para la recepción de ondas electromagnéticas en la gama de THz. En particular, con la estructura de antena 10 mostrada con una superficie de metal de Au 16, una primera sección de abertura a de aproximadamente 14,6 μm , una segunda sección de abertura b de aproximadamente 20 30 μm y una sección de antena variable A puede tener lugar un ajuste de las propiedades de recepción a la gama espectral de aproximadamente 1 THz. A este respecto, preferiblemente, 10 corrientes de HF con frecuencias mayores de 100 GHz se cortocircuitan en el borde exterior 18 de la estructura de antena. A través de la estructura de antena 10 se realiza un cortocircuito de HF entre 2 de las 3 regiones 24, 26, 28 de la estructura de FET 20. En particular, a través de la estructura de antena 10 puede realizarse un cortocircuito de HF entre la región de fuente 24 25 y la región de drenaje 28 de la estructura de FET 20.

La figura 4 muestra un diseño esquemático de una segunda realización de la invención (antena de lágrima). Con la excepción del tipo de antena, la representación mostrada corresponde esencialmente a la representación mostrada en la figura 3. Los signos de referencia y su asignación se aplican en consecuencia. Se prescindió de una representación esquemática abstracta de la estructura de FET 20 ampliada a partir de la región interior de la estructura de antena 10; la misma puede observarse de manera análoga en la figura 3.

La estructura de antena 10 mostrada se caracteriza en particular por una forma elíptica del borde exterior 18 y una forma en forma de lágrima de las aberturas 14. El condensador 40 y la estructura de antena 10 pueden formar un entorno de HF común, que está adaptado para ajustar el detector de radiación 100 para la recepción de ondas electromagnéticas en la gama de THz. En particular, con la estructura de antena 10 mostrada, con una superficie de metal de Au 16, una primera sección de abertura a de aproximadamente 60 μm , una segunda sección de abertura b de aproximadamente 195 μm , una primera sección de antena A de aproximadamente 125 μm y una segunda sección de antena B de aproximadamente 275 μm , puede tener lugar un ajuste de banda ancha de las propiedades de recepción a la gama espectral de entre aproximadamente 400 GHz y 2 THz.

La figura 5 muestra un diseño esquemático de una tercera realización de la invención (antena de parche ranurada). Con la excepción del tipo de antena, la representación mostrada corresponde esencialmente a la mostrada en la figura 3. Los signos de referencia y su asignación se aplican en consecuencia. Se prescindió de una representación esquemática abstracta de la estructura de FET 20 ampliada a partir de la región interior de la estructura de antena 10; la misma puede observarse de manera análoga en la figura 3.

La estructura de antena 10 mostrada se caracteriza en particular por la forma estirada de las aberturas 14. El condensador 40 y la estructura de antena 10 pueden formar un entorno de HF común, que está adaptado para ajustar el detector de radiación 100 según la invención para la recepción de ondas electromagnéticas en la gama de THz. En particular, con la estructura de antena 10 mostrada con una superficie de metal de Au 16, una segunda sección de abertura b de aproximadamente 94 μm y una primera sección de antena A de aproximadamente 155 μm y una segunda sección de antena B de aproximadamente 275 μm , puede tener lugar un ajuste de las características de recepción a la gama espectral de aproximadamente 600 GHz.

La figura 6 muestra un diseño esquemático de una cuarta realización de la invención (antena replegada ranurada, variante 1). Con la excepción del tipo de antena, la representación mostrada corresponde esencialmente a la representación mostrada en la figura 3. Los signos de referencia y su asignación se aplican en consecuencia. Se prescindió de una representación esquemática abstracta de la estructura de FET 20 ampliada a partir de la región interior de la estructura de antena 10; la misma puede observarse de manera análoga en la figura 3.

La estructura de antena 10 mostrada se caracteriza en particular por una forma estirada, que se extiende en dos sentidos, de las aberturas 14. El condensador 40 y la estructura de antena 10 pueden formar un entorno de HF

común, que está adaptado para ajustar el detector de radiación 100 para la recepción de ondas electromagnéticas en la gama de THz. En particular, con la estructura de antena 10 mostrada con una superficie de metal de Au 16, una primera sección de abertura a de aproximadamente 146 μm , una primera sección de antena A de aproximadamente 90 μm y una segunda sección de antena B de aproximadamente 210 μm , puede tener lugar un ajuste de banda ancha de las características de recepción a la gama espectral de entre aproximadamente 500 GHz y 2 THz.

La figura 7 muestra un diseño esquemático de una quinta realización de la invención (antena replegada ranurada, variante 2). Con la excepción del tipo de antena, la representación mostrada corresponde esencialmente a la representación mostrada en la figura 3. Los signos de referencia y su asignación se aplican en consecuencia. Se prescindió de una representación esquemática abstracta de la estructura de FET 20 ampliada a partir de la región interior de la estructura de antena 10; la misma puede observarse de manera análoga en la figura 3.

La estructura de antena 10 mostrada se caracteriza en particular por una forma parcialmente circular, que se extiende en dos sentidos, de las aberturas 14. El condensador 40 y la estructura de antena 10 pueden formar un entorno de HF común, que está adaptado para ajustar el detector de radiación 100 para la recepción de ondas electromagnéticas en la gama de THz. En particular, con la estructura de antena 10 mostrada con una superficie de metal de Au 16, una primera sección de abertura a de aproximadamente 140 μm y una primera sección de antena A de aproximadamente 360 μm , puede tener lugar un ajuste de banda ancha de las características de recepción a la gama espectral de entre aproximadamente 400 GHz y 2 THz.

La figura 8 muestra un diseño esquemático de una sexta realización de la invención (antena espiral logarítmica ranurada). Con la excepción del tipo de antena, la representación mostrada corresponde esencialmente a la representación mostrada en la figura 3. Los signos de referencia y su asignación se aplican en consecuencia. Se prescindió de la representación esquemática abstracta de la estructura de FET 20 ampliada a partir de la región interior de la estructura de antena 10; la misma puede observarse de manera análoga en la figura 3. Para una mejor visualización de la estructura espiral, la región de las aberturas 14 se muestra rayada.

La estructura de antena 10 mostrada se caracteriza en particular por una forma de las aberturas 14 que se extiende en espiral alrededor de la base 12 de la estructura de antena 10. El condensador 40 y la estructura de antena 10 pueden formar un entorno de HF común, que está adaptado para ajustar el detector de radiación 100 para la recepción de ondas electromagnéticas en la gama de THz. En particular, con la estructura de antena 10 mostrada con una superficie de metal de Au 16 y una primera sección de antena A de aproximadamente 610 μm , puede tener lugar un ajuste de banda ancha de las características de recepción a la gama espectral de entre aproximadamente 300 GHz y 3 THz.

La figura 9 muestra un diseño esquemático de una séptima realización de la invención (antena replegada ranurada, de 4 brazos). El diseño básico de la estructura de antena 10 mostrada corresponde esencialmente al tipo de antena mostrado en la figura 7. Los signos de referencia y su asignación se aplican en consecuencia. Sin embargo, en contraposición con la figura 7, esta realización no es una estructura de antena de 2 brazos (dos aberturas 14 están dispuestas simétricamente alrededor de la base 12 de la estructura de antena 10), sino que más bien está presente en este caso una disposición de 4 brazos de los elementos estructurales (cuatro aberturas 14 están dispuestas simétricamente alrededor de la base 12 de la estructura de antena 10). Para una mejor visualización de la estructura, la región de las aberturas 14 se muestra rayada. La representación esquemática abstracta también dibujada de las estructuras de FET 20, 20' ampliada a partir de la región interior de la estructura de antena 10 representa una realización preferida para una disposición correspondiente de dos estructuras de FET 20, 20' conectadas en paralelo. Ambas estructuras de FET 20, 20' pueden disponerse en particular sobre un sustrato común 70, en el que la estructura de antena 10 se forma directamente por las estructuras de electrodo 34, 34', 38, 38'. Preferiblemente, está dispuesta una estructura epitaxial (por ejemplo, la estructura epitaxial mostrada en la figura 1a) entre la estructura de antena y el sustrato.

En el diseño mostrado, las dos estructuras de FET 20, 20' forman un 2DEG común 22. Además, ambas estructuras de FET 20, 20' tienen una estructura de electrodo de fuente común 34, 34' (es decir, contactos óhmicos de fuente comunes 34a, 34a' y metalizaciones de fuente 34b, 34b'). La estructura de electrodo de drenaje 38 (que comprende un contacto óhmico de drenaje 38a y una metalización de drenaje 38b) de la primera estructura de FET 20 así como la estructura de electrodo de drenaje 38' (que comprende un contacto óhmico de drenaje 38a' y una metalización de drenaje 38b') están dispuestas respectivamente en los extremos del 2DEG 22. Las respectivas regiones de compuerta 26, 26' de las dos estructuras de FET 20, 20' están conectadas entre sí de manera eléctricamente conductora mediante una estructura de electrodo de compuerta común 36, 36'.

A este respecto, según la invención, las compuertas de las dos estructuras de FET 20, 20' envuelven completamente la estructura de electrodo de fuente común 34, 34' en un primer plano E1 (envoltura doble) mediante una estructura de electrodo de compuerta común 36, 36', en la que la estructura de electrodo de fuente común envuelta 34, 34' se extiende hasta por encima de la estructura de electrodo de compuerta 36, 36' (que conecta de manera eléctricamente conductora las dos regiones de compuerta 26, 26' de las dos estructuras de FET 20, 20' entre sí) y allí se solapa con la envoltura (doble) en un segundo plano E2 por encima del primer plano E1 al menos en secciones en superficie, en la que entre las regiones de dicha estructura de electrodo de compuerta 36, 36' con

las que se solapa la estructura de electrodo de fuente común 34, 34' está dispuesta una región eléctricamente aislante 42 para formar un condensador 40 con una estructura MIM.

5 La figura 10 muestra un diseño esquemático de una octava realización de la invención (antena espiral logarítmica ranurada, de 4 brazos). El diseño básico de la estructura de antena 10 mostrada corresponde esencialmente al tipo de antena mostrado en la figura 8. Los signos de referencia y su asignación se aplican en consecuencia. Sin embargo, en contraposición con la figura 8, esta realización no es una estructura de antena de 2 brazos (dos aberturas 14 están dispuestas simétricamente alrededor de la base 12 de la estructura de antena 10), sino que más bien está presente en este caso una disposición de 4 brazos de los elementos de antena (cuatro aberturas 14 están dispuestas simétricamente alrededor de la base 12 de la estructura de antena 10). Para una mejor visualización de la estructura espiral, la región de las aberturas 14 se muestra rayada. La representación esquemática abstracta también dibujada de las estructuras de FET 20, 20' ampliada a partir de la región interior de la estructura de antena 10 representa una realización preferida para una disposición correspondiente de dos estructuras de FET 20, 20' conectadas en paralelo. Ambas estructuras de FET 20, 20' pueden disponerse en particular sobre un sustrato común 70, en el que la estructura de antena 10 se forma directamente por las estructuras de electrodo 34, 34', 38, 38'. Preferiblemente, está dispuesta una estructura epitaxial (por ejemplo, la estructura epitaxial mostrada en la figura 1a) entre la estructura de antena y el sustrato.

En la realización mostrada, las dos estructuras de FET 20, 20' están dispuestas directamente una junto a otra. Se trata de estructuras de FET 20, 20' independientes entre sí, en las que las regiones de compuerta 26, 26' de las dos estructuras de FET 20, 20' están conectadas de manera eléctricamente conductora entre sí mediante una metalización de compuerta común 36, 36'. Se forman condensadores MIM 40 en ambas estructuras de FET 20, 20' respectivamente por una parte de la estructura de electrodo de compuerta 36, 36' a través de una región que se solapa con una parte de la estructura de electrodo de fuente 34, 34'.

Lista de referencias

10	Estructura de antena
25	12 Base
	14 Abertura
	16 Superficie de metal
	18 Borde exterior
	20 Estructura de FET
30	22 2DEG
	24 Región de fuente
	26 Región de compuerta
	28 Región de drenaje
	34 Estructura de electrodo de fuente
35	34a Contacto óhmico de fuente
	34b Metalización de fuente
	36 Estructura de electrodo de compuerta
	38 Estructura de electrodo de drenaje
	38a Contacto óhmico de drenaje
40	38b Metalización de drenaje
	40 Condensador
	42 Región eléctricamente aislante
	70 Sustrato
	72 Capa tampón
45	74 Zona activa

	76	Capa de aislamiento
	77, 78, 79	Capas de pasivación
	100	Detector de radiación
	A, B	Secciones de antena
5	a, b	Secciones de abertura
	E1	Primer plano
	E2	Segundo plano

REIVINDICACIONES

1. Detector de radiación (100) que comprende:
 - a) una estructura de antena (10); y
 - b) una estructura de transistor de efecto de campo, FET (20) con una región de fuente (24), una región de compuerta (26) y una región de drenaje (28),
 - c) estando dispuestas estas regiones (24, 26, 28) sobre un sustrato (70) y formando estructuras de electrodo eléctricamente conductoras (34, 36, 38) independientes entre sí a través de metalización; caracterizado porque
 - d) la estructura de electrodo de compuerta (36) envuelve completamente la estructura de electrodo de fuente (34) o la estructura de electrodo de drenaje (38) en un primer plano (E1);
 - e) la estructura de electrodo envuelta (34, 38) se extiende hasta por encima de la estructura de electrodo de compuerta (36) y allí se solapa con la envoltura en un segundo plano (E2) por encima del primer plano (E1) al menos en secciones en superficie;
 - f) en el que está dispuesta una región eléctricamente aislante (42) para formar un condensador (40) con una estructura de metal-aislante-metal, MIM, entre las regiones de la estructura de electrodo de compuerta (36) con las que se solapa la estructura de electrodo envuelta (34, 38).
2. Detector de radiación (100) según la reivindicación 1, en el que la estructura de antena (10) colocada sobre el sustrato (70) está formada directamente por estructuras de electrodo (34, 36, 38).
3. Detector de radiación (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la estructura de electrodo de compuerta (36) en el primer plano (E1) y la estructura de electrodo envolvente (34, 38) en el segundo plano (E2) se solapan sustancialmente como elementos de superficie rectangulares.
4. Detector de radiación (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la estructura de FET (20) está construida basándose en silicio o un semiconductor de III-V.
5. Detector de radiación según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la base (12) de la estructura de antena (10) está dispuesta entre la región de compuerta (26) y la región de fuente (24) o entre la región de compuerta (26) y la región de drenaje (28).
6. Detector de radiación (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la estructura de antena (10) forma una antena de ranura, en el que la estructura de antena (10) presenta al menos una abertura radiante (14) dentro de una superficie de metal (16).
7. Detector de radiación (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que en el borde exterior (18) de la estructura de antena (10) se cortocircuitan corrientes de alta frecuencia, HF, con frecuencias mayores de 100 GHz.
8. Detector de radiación (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la estructura de antena (10) realiza un cortocircuito de HF entre 2 de las 3 regiones (24, 26, 28) de la estructura de FET (20).
9. Detector de radiación (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la estructura de antena (10) está formada con 2 brazos o 4 brazos.
10. Detector de radiación (100) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende al menos dos estructuras de FET (20) conectadas en paralelo sobre un sustrato común (70).
11. Detector de radiación (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el condensador (40) y la estructura de antena (10) forman un entorno de HF común, configurado para ajustar el detector de radiación (100) para la recepción de ondas electromagnéticas en la gama de THz.
12. Detector de radiación (100) según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un convertidor de frecuencia, en el que el convertidor de frecuencia convierte la radiación recibida en una señal de detección de baja frecuencia.
13. Procedimiento para producir un detector de radiación (100), que comprende las siguientes etapas:
 - proporcionar una estructura de transistor de efecto de campo, FET (20) dispuesta sobre un sustrato (70) con una región de compuerta (26), una región de fuente (24) y una región de drenaje (28);
 - metalizar la región de compuerta (26), la región de fuente (24) y la región de drenaje (38), en el que se

- 5 forman estructuras de electrodo eléctricamente conductoras (34, 36, 38) independientes entre sí, en el que la estructura de electrodo de fuente (34) o la estructura de electrodo de drenaje (38) se envuelve completamente en un primer plano (E1) por la estructura de electrodo de compuerta (36), en el que la estructura de electrodo envuelta (34, 38) se extiende hasta por encima de la estructura de electrodo de compuerta (36) y la envoltura se solapa en superficie al menos en secciones en un segundo plano (E2) por encima del primer plano (E1) por la estructura de electrodo envuelta (34, 38), en el que se dispone una región eléctricamente aislante (42) para formar un condensador (40) con una estructura de metal-aislante-metal, MIM, entre las regiones de la estructura de electrodo de compuerta (36) con las que se solapa la estructura de electrodo envuelta (34, 38); y
- 10 - estructurar una estructura de antena (10) dispuesta sobre el sustrato (70), en el que la estructura de antena (10) colocada sobre el sustrato (70) se forma directamente por las estructuras de electrodo (34, 36, 38), en el que una abertura radiante (14) está formada dentro de una superficie de metal (16) de la estructura de antena (10) y en el que la base (12) de la estructura de antena (10) se dispone entre la región de compuerta (26) y la región de fuente (24) o entre la región de compuerta (26) y la región de drenaje (28).
- 15 14. Procedimiento para fabricar un detector de radiación (100) según la reivindicación 13, en el que la estructura de antena se forma con una estructura de 2 brazos o 4 brazos.
15. Procedimiento para fabricar un detector de radiación (100) según la reivindicación 13 o 14, en el que el condensador (40) y la estructura de antena (10) se ajustan entre sí en sus frecuencias resonantes para formar un entorno de HF común para la recepción de ondas electromagnéticas en la gama de THz.

20

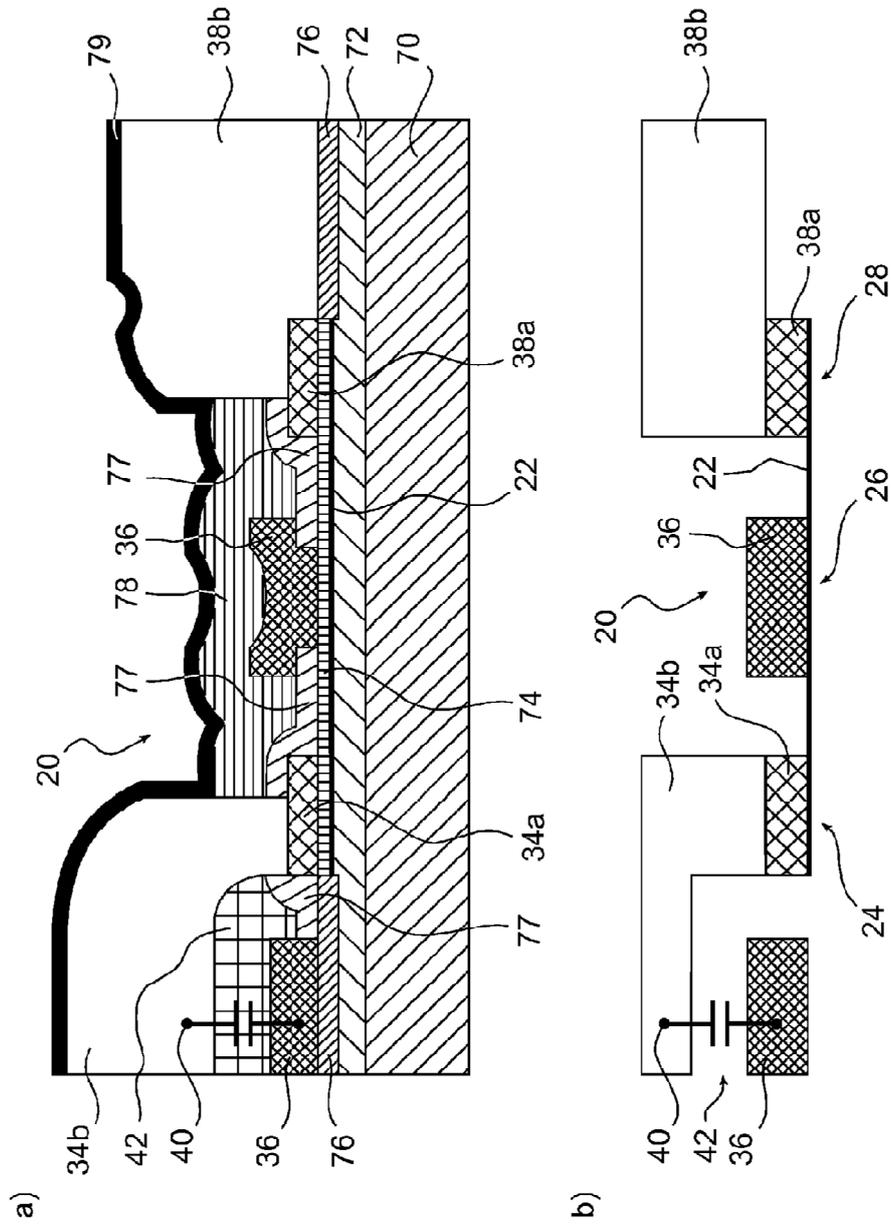


FIG. 1

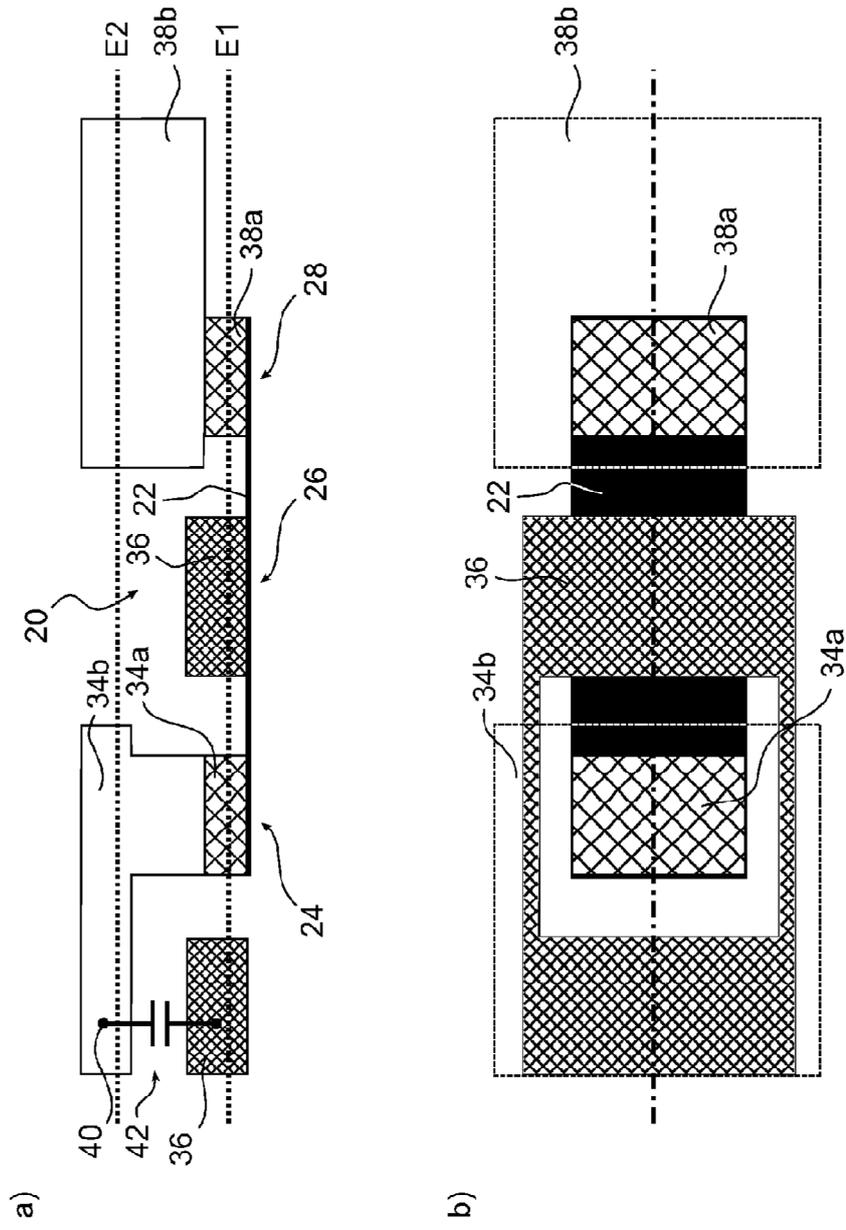


FIG. 2

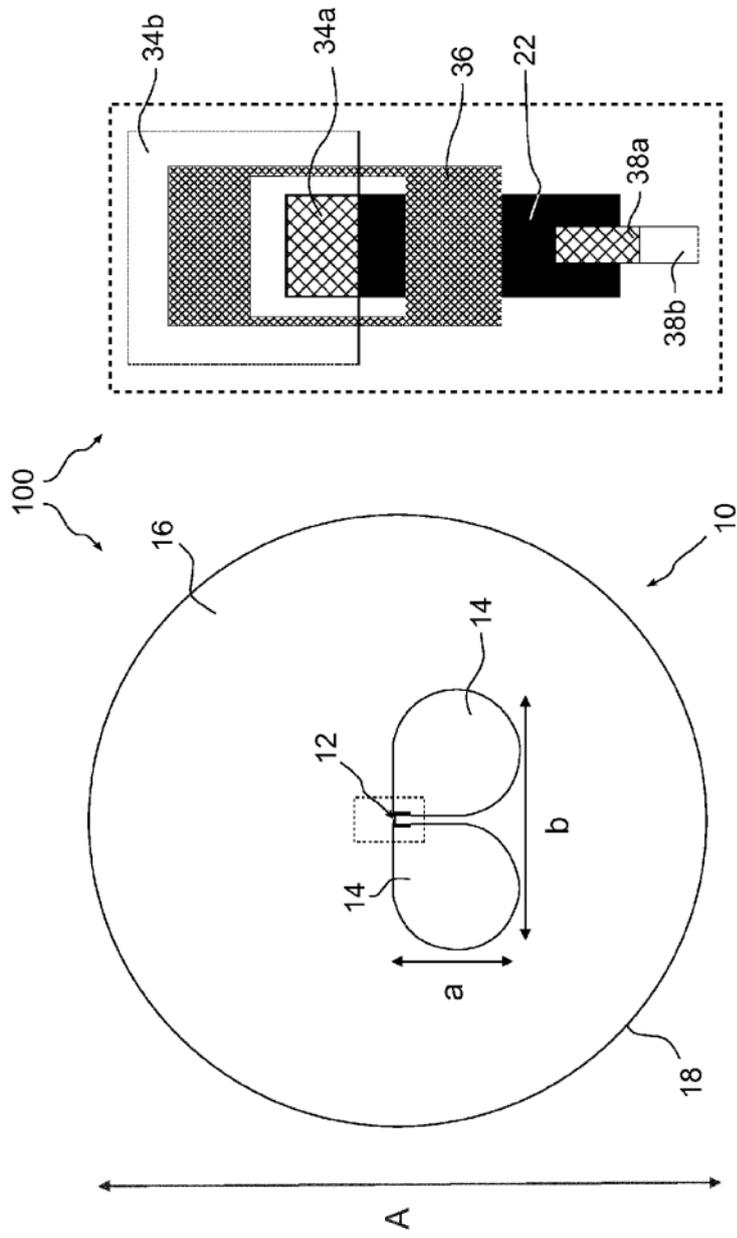


FIG. 3

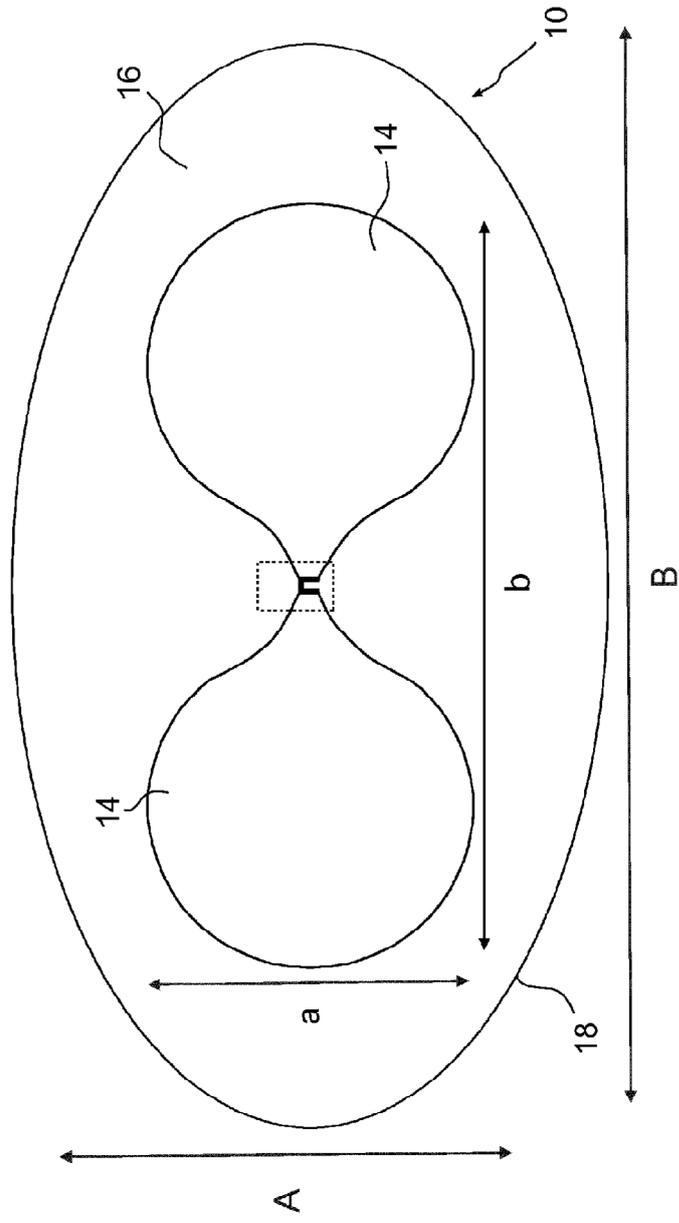


FIG. 4

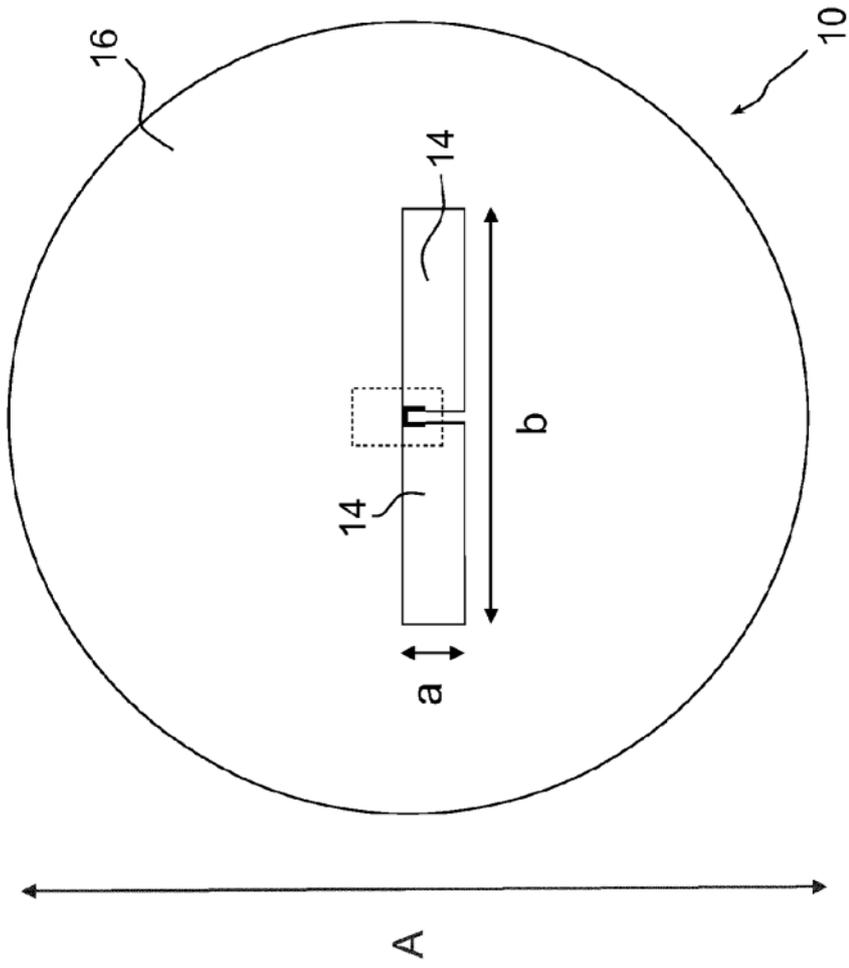


FIG. 5

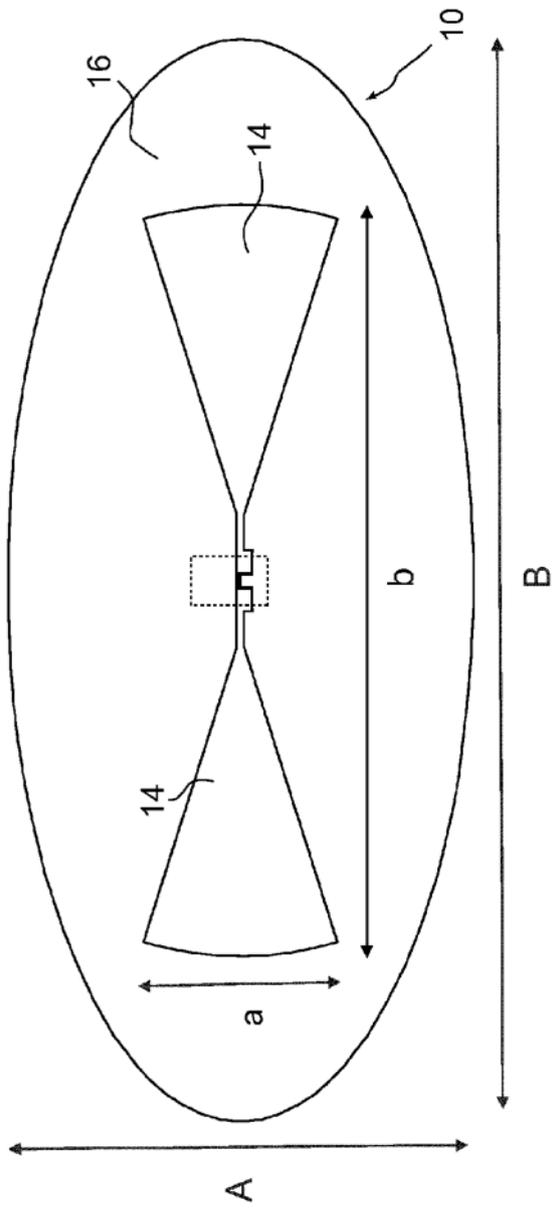


FIG. 6

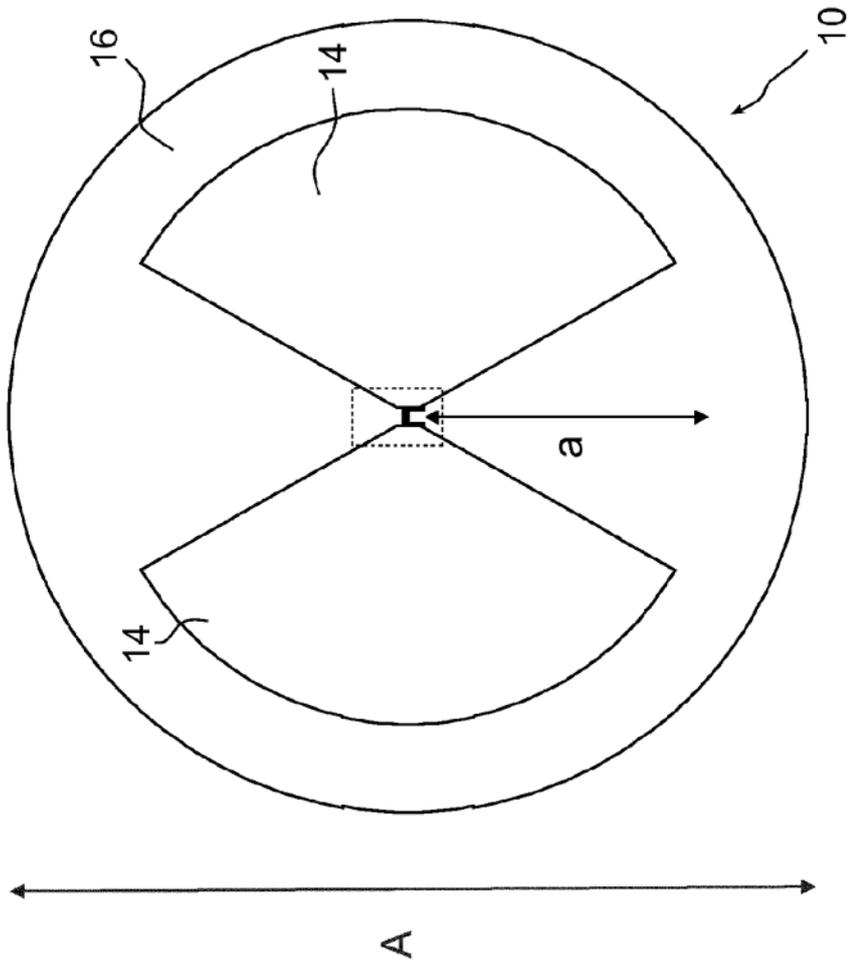


FIG. 7

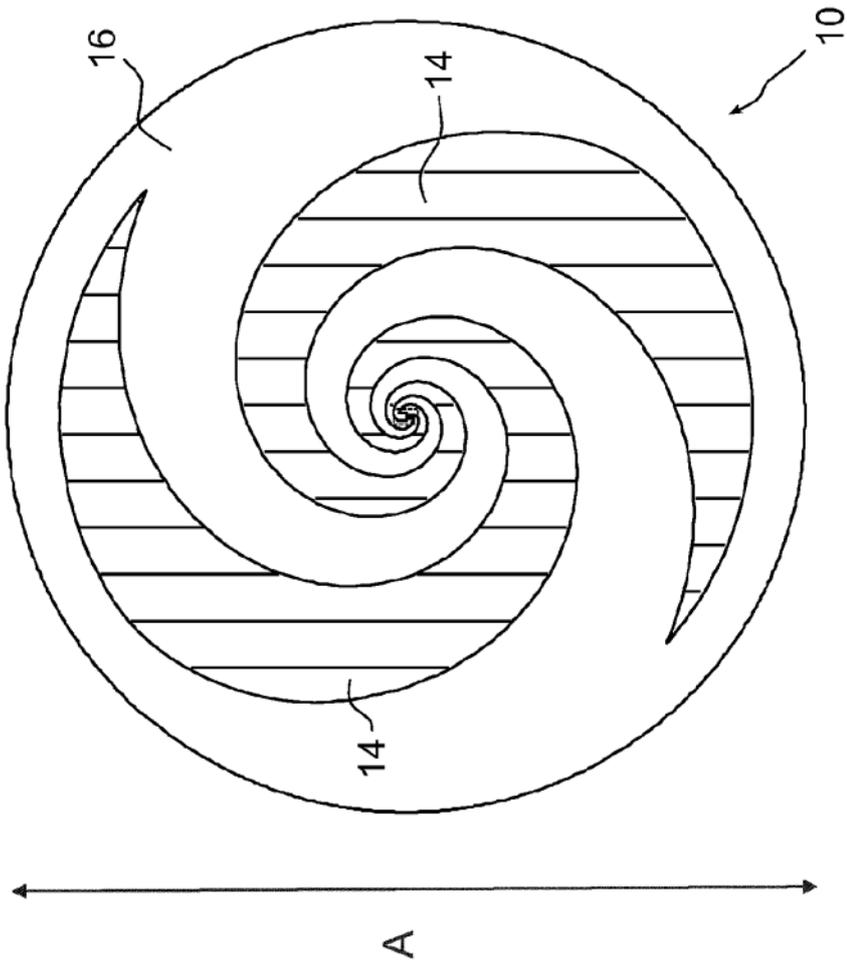


FIG. 8

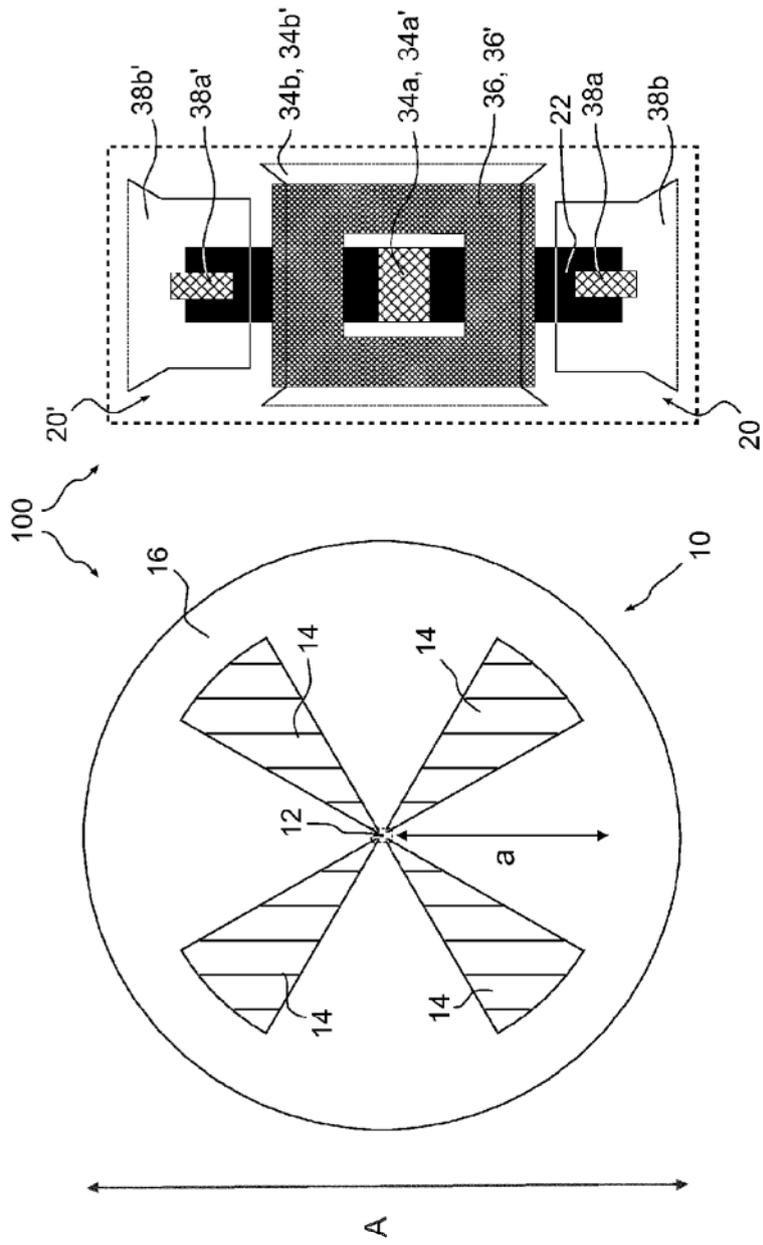


FIG. 9

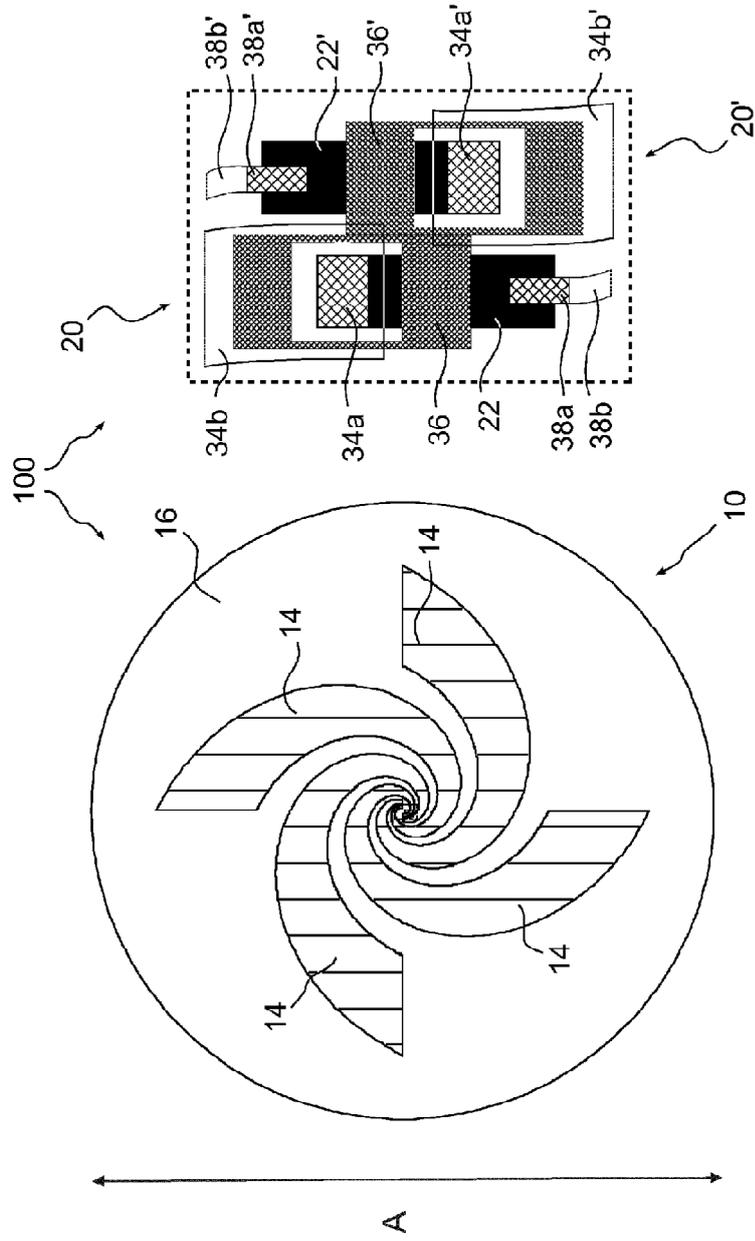


FIG. 10