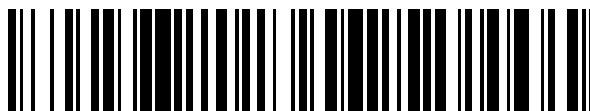


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 561 494**

51 Int. Cl.:

H01Q 3/46

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2010** **E 10195770 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.12.2015** **EP 2341579**

54 Título: **Antena de barrido electrónico formada por una red de nanoelementos radiantes en dos dimensiones**

30 Prioridad:

23.12.2009 FR 0906292

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

26.02.2016

73 Titular/es:

THALES (100.0%)

Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade Nord

92400 Courbevoie, FR

72 Inventor/es:

CHAZELAS, JEAN;

DECOSTER, DIDIER;

ZEGAOU, MALEK;

DOGHECHE, EL HADJ;

CANSELIET, CHARLOTTE y

MARTINAUD, JEAN-PAUL

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 561 494 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

Antena de barrido electrónico formada por una red de nanoelementos radiantes en dos dimensiones

La invención se refiere a las antenas de barrido electrónico, en particular a las antenas formadas por elementos radiantes de muy pequeño tamaño, del orden de algunas decenas de nanómetros. Estas antenas están formadas por una red de nanoelementos radiantes controlados, repartidos en dos dimensiones.

Estas antenas se emplean tradicionalmente en dos tipos de configuraciones.

Una primera configuración se refiere a las antenas que pueden emitir y recibir señales en frecuencias muy altas, hasta el terahercio. Estas últimas se utilizan, por ejemplo, habitualmente en:

- los sistemas de formación de imágenes de alta resolución;
- la detección de la presencia de cables o de objetos filiformes en el entorno de los helicópteros;
- los sistemas de protección de emplazamientos sensibles; o también
- en redes de sensores miniaturizados que se comunican entre sí o con otros sistemas.

Una segunda configuración se refiere a las antenas de radiofrecuencia que pueden emitir y recibir señales con una longitud de onda del orden del centímetro o del milímetro, cuyos elementos radiantes se pueden sobre-muestrear espacialmente. Estas antenas se utilizan a menudo en el interior de un sistema de formación de imágenes que permite la detección y/o la localización de amenazas, en los aeropuertos por ejemplo.

En una u otra de las dos configuraciones, la separación entre dos elementos radiantes se puede llevar hasta algunas decenas de nanómetros. En consecuencia, la interconexión entre el control de los elementos radiantes y los propios elementos radiantes se debe adaptar a dichas dimensiones.

Para ello, una solución existente propone realizar unas conexiones eléctricas que conectan cada elemento radiante y el dispositivo de control de estos elementos. Ahora bien, para una antena que funciona a 1 THz por ejemplo, la longitud de onda en el aire asociada es de 300 μm y la distancia entre dos elementos adyacentes de la red de antena es de 150 μm . De este modo, para una antena de 1 cm de lado, el número de elementos radiantes es de aproximadamente cuatro mil (66*66). Es, por lo tanto, preciso disponer de cuatro mil conectores eléctricos para controlar esta antena. Es muy difícil e incluso imposible de realizar una antena de este tipo sin interferencias mutuas entre dos hilos adyacentes.

También se conoce de la técnica anterior, como por ejemplo por la solicitud de patente americana US 2007/132645, un reflector integrado que funciona en las zonas del infrarrojo y las submilimétricas.

El documento US 2007/0176824 describe una red reflectora de ondas del orden del terahercio.

Un objetivo de la invención es, en particular, resolver los problemas enunciados con anterioridad.

Para ello, se propone una antena de barrido electrónico que comprende una red de elementos radiantes en dos dimensiones, formados por medio de nanocomponentes.

De acuerdo con una característica general, la antena comprende:

- una fuente óptica capaz de iluminar dicha red de elementos radiantes de tal modo que controle su funcionamiento; y
- un modulador espacial de luz en dos dimensiones, situado entre la fuente óptica y la red de elementos radiantes, comprendiendo dicho modulador tantas pastillas transparentes activables como elementos radiantes, de tal modo que deje pasar la radiación de la fuente óptica o no hacia el elemento radiante correspondiente.

Dicho de otro modo, la invención propone un control de los elementos radiantes por medio de una fuente óptica, siendo posible la activación de dicho o dichos elementos radiantes por medio de la incorporación de un modulador espacial de luz, capaz de dirigir o no la señal luminosa de la fuente óptica hacia el elemento radiante correspondiente.

De este modo, la invención permite controlar unos elementos radiantes que pueden estar separados por algunos cientos de nanómetros sin ninguna interferencia.

De acuerdo con una primera forma de realización, la red de elementos radiantes es de tipo reflector activo.

En este caso, la fuente óptica puede ser un láser continuo.

De acuerdo con una segunda forma de realización, la fuente óptica es un láser de tipo doble frecuencia. Hay que recordar que un láser de doble frecuencia es una fuente láser capaz de emitir simultáneamente dos longitudes de ondas separadas espectralmente por un valor que corresponde a una frecuencia. En este caso, cada elemento radiante de la red está por tanto asociado a un nanofotodiodo capaz de demodular el batido de las longitudes de

onda de dicho láser.

De acuerdo con una forma de realización, los nanocomponentes pueden ser unos nanotubos de carbono.

En una variante, los nanocomponentes pueden ser de tipo semi-conductor III-V, en particular unos nanohilos de silicio.

5 En este caso, la antena puede ser de tipo integrada.

Se mostrarán otras ventajas y características de la invención con la lectura de la descripción detallada de unas formas de realización de la invención, en modo alguno limitativas, y de los dibujos adjuntos, en los que:

- las figuras 1 y 2 ilustran de forma simplificada una forma de realización de la invención desde dos ángulos diferentes; y
- 10 - las figuras 3 y 4 ilustran de forma simplificada otra forma de realización de la invención desde dos ángulos diferentes.

Con referencia a la figura 1, esta representa una forma de realización de una antena ANT vista desde arriba. La figura 2 representa esta misma antena ANT vista de lado y despiezada.

Los elementos comunes a las dos figuras se designan utilizando las mismas referencias.

15 En esta forma de realización, la antena considerada es de tipo "Reflect array" (traducido como "réflecteur actif" en francés y como "red reflectora" en español). Dicho de otro modo, la antena ANT recibe de una fuente FE externa un haz HR y refleja otro haz HRH en una dirección dada.

La antena ANT está formada por una fuente óptica, aquí un láser LSR de tipo continuo. Dicho de otro modo, el láser LSR ilumina de forma continua los elementos dispuestos frente a él. El haz luminoso emitido por el láser LSR se conforma mediante una lente LNT y se dirige hacia unos elementos ELM radiantes.

Según la forma como se controla cada elemento ELM radiante, se modifica la ley de iluminación de la antena ANT.

Estos elementos ELM radiantes están dispuestos sobre un soporte SM mecánico, realizado en un material transparente de tal modo que deje pasar la señal luminosa procedente del láser LSR. Por ejemplo, el soporte SM mecánico puede ser de vidrio o de cualquier otro material transparente para la longitud de onda de funcionamiento (TiO₂...).

Por ejemplo, los elementos ELM radiantes se pueden realizar por medio de nanohilos semi-conductores, de nanotubos de carbono semi-conductores o incluso por medio de estructuras denominadas "seta" con nanotubo de carbono (o CNT por "Carbon Nano Tube", en inglés), como en la forma de realización de las figuras 1 y 2.

30 La utilización de nanohilos semi-conductores es especialmente adecuada para el caso en el que la antena ANT se realiza de forma integrada.

La iluminación con la luz del láser LSR del elemento ELM radiante en un material semi-conductor permite hacer que pase de un estado aislante a un estado conductor.

35 Cada elemento ELM radiante se inserta tradicionalmente en un circuito de desplazamiento de fase (no representado en aras de la simplificación) que permite realizar un desplazamiento de fase nulo si el elemento radiante no está iluminado por la señal luminosa del láser, o un desplazamiento de fase de 180° si, por el contrario, está iluminado.

Un modulador MEL espacial de luz está dispuesto entre la lente LNT y el soporte SM mecánico, de tal modo que se ilumina o no un elemento ELM radiante. Este modulador MEL espacial de luz está formado por tantas pastillas PST como elementos ELM radiantes hay. Estas pastillas PST también llamadas píxeles, aquí son rectangulares, pero pueden adoptar cualquier otra forma. Estas se realizan en un material transparente, por ejemplo una película que sirve para fabricar las pantallas de los ordenadores portátiles, pero en transmisión. Una pastilla PST corresponde por tanto a un píxel de pantalla.

40 Cada pastilla PST se pone en correspondencia con un elemento ELM radiante como se ilustra en la figura 2. Estas pastillas PST se controlan por medio de un control CTL electrónico bidimensional. Este control CTL oscurece o no la pastilla PST designada, de tal modo que esta deja pasar o no la luz emitida por el láser LSR. Según si la señal luminosa procedente del láser llega o no a la entrada del elemento ELM radiante correspondiente, el elemento radiante es aislante o conductor. Como consecuencia, este refleja en una señal llamada HRH, con o sin desplazamiento de fase, la señal HR procedente de la fuente FE exterior.

45 La interconexión realizada por el modulador MEL espacial de luz permite utilizar unos nanocomponentes para realizar los elementos radiantes y disponerlos con una gran densidad de tal modo que la antena ANT pueda reflejar señales de frecuencia muy elevadas.

Por ejemplo, para alcanzar unas frecuencias de 300 GHz, los elementos ELM radiantes deben estar separados por una distancia igual a $\lambda/2$, esto es 0,5 mm. El modulador MEL espacial de luz permite por su diseño, controlar los elementos ELM radiantes así situados, y por lo tanto realizar unas antenas de barrido electrónico a muy alta frecuencia siendo al mismo tiempo compacto.

- 5 Se hace ahora referencia a las figuras 3 y 4 que ilustran otra forma de realización. La figura 3 representa esta otra forma de realización de la antena ANT vista desde arriba. La figura 4 representa esta misma antena ANT vista de lado y despiezada. En aras de la simplificación, estas dos figuras se refieren al modo "Emisión" de la antena ANT. El experto en la materia puede deducir de este sin dificultad el modo "Recepción".

- 10 En estas figuras, la antena ANT representada es de tipo "emisión/recepción". Dicho de otro modo, la señal emitida por la antena ANT procede de la fuente LSR óptica y se transmite entonces al entorno. Para ello, la fuente LSR óptica es un láser de tipo doble frecuencia. Este tipo de láser (también llamado dual) emite dos líneas ópticas separadas por un valor de frecuencia deseado.

Una lente LNT focaliza la luz del láser LSR, como para el modo de realización anterior, y a continuación la transmite hacia los elementos ELM radiantes por medio de las pastillas PST que dejan pasar o no la luz según el control CTL.

- 15 En la solución destinada a las antenas denominadas "Emisión/Recepción", la señal que hay que irradiar se obtiene del batido de las dos longitudes de onda ópticas cuya separación espectral es igual a la frecuencia de esta señal que hay que irradiar.

- 20 La señal de tipo radiofrecuencia en portadora óptica está formada por el batido de las dos longitudes de onda. Cuando las dos longitudes de onda llegan a un fotodetector, aquí unos nanofotodiodos NFD acoplados a los elementos ELM radiantes, este realiza el batido entre las dos longitudes de onda, siendo este último un elemento cuadrático. Cada fotodetector NFD genera por tanto una fotocorriente cuya frecuencia es igual a la distancia espectral entre las dos longitudes de onda. Esta forma de funcionamiento necesita que el fotodetector NFD tenga un ancho de banda lo suficientemente elevado para poder generar unas fotocorrientes que pueden alcanzar el terahercio.

- 25 En este caso, la señal de radio-frecuencia (RF) en portadora óptica generada por el láser LSR se dirige, colectiva e individualmente a través del modulador MEL espacial de luz que funciona entre un estado activo y un estado no activo en función del control electrónico aplicado. La señal óptica llega a continuación al fotodetector NFD (aquí un nanofotodiodo) dispuesto entre el modulador MEL espacial de luz y el soporte SM mecánico (no representado en aras de la simplificación) cuyo ancho de banda RF es compatible con la frecuencia que hay que irradiar.

- 30 Bajo un nanofotodiodo NFD de cada dos está dispuesto un espaciador ESP. Estos últimos tienen la función de desplazar la fase de la señal óptica recibida del modulador MEL espacial de luz. El desplazamiento de fase depende del espesor de cada espaciador ESP. Estos se pueden realizar, por ejemplo, en el interior del soporte SM mecánico.

De preferencia, el espesor de los espaciadores ESP es igual a la mitad de la longitud de onda asociada a la frecuencia de la señal que tienen que emitir los elementos radiantes.

- 35 Para que los nanofotodiodos NFD estén iluminados por la cara trasera, el soporte SM mecánico se realiza en un material que sirve a la vez:

- como sustrato para el crecimiento de los nanofotodiodos NFD durante el diseño de la antena ANT; y
- como soporte transparente para la señal óptica del láser LSR.

- 40 Por ejemplo, este material puede ser arseniuro de galio (AsGa) o fosfuro de indio (InP) para el caso de un fotodiodo que funciona en 1,5 μm . De manera más general, este material puede ser cualquier otro material transparente tipo vidrio o TiO_2 .

- 45 En esta forma de realización, la luz que pasa a través de las pastillas PST se transmite hacia los elementos ELM radiantes a través de los nanofotodiodos NFD. Estos últimos, cuando les ilumina la señal óptica emitida por el láser (pastilla correspondiente activa), genera una fotocorriente de la frecuencia de la señal que el elemento radiante va a emitir.

Hay que señalar que en el caso de que la antena ANT funcione en modo recepción, el nanofotodiodo NFD se monta en modo mezclador. La señal procedente del láser LSR se utiliza por tanto en modo oscilador local con respecto a la señal recibida por cada elemento ELM radiante. Cada nanofotodiodo realiza la mezcla de la señal recibida y de la señal de batido del láser LSR utilizado en modo oscilador.

- 50 Los elementos ELM radiantes se pueden realizar por medio de nanotubos de carbono (como para la forma de realización de las figuras 3 y 4) o en nanohilos semi-conductores, prefiriéndose este segundo material en el caso de una antena ANT de tipo integrada.

La utilización de nanocomponentes (por lo tanto de muy reducido tamaño) para los elementos ELM radiantes permite realizar unas antenas que comprenden un sobremuestreo de estos elementos radiantes.

5 Por ejemplo, para este tipo de antena los elementos radiantes están separados por una distancia igual a $\lambda/20$, siendo λ la longitud de onda de la señal emitida por la antena. Se pueden colocar los elementos a una distancia tan pequeña si estos últimos tienen unas dimensiones muy inferiores a esta longitud λ de onda. Esto es posible gracias a la utilización de nanocomponentes (como los citados con anterioridad, por ejemplo).

La utilización y el control mediante el láser de estos elementos radiantes, colocados a una tan reducida distancia los unos de los otros, es posible gracias a la interconexión realizada por el modulador espacial de luz de acuerdo con la invención.

10

REIVINDICACIONES

1. Antena (ANT) de barrido electrónico configurada para emitir y recibir señales hasta el terahercio, comprendiendo dicha antena una red de elementos (ELM) radiantes en dos dimensiones, formados con la ayuda de nanocomponentes, estando la antena **caracterizada por el hecho de que** comprende:

- 5 – una fuente (LSR) óptica capaz de iluminar dicha red de elementos radiantes de tal modo que controle su funcionamiento; y
 - un modulador (MEL) espacial de luz en dos dimensiones, situado entre la fuente óptica y la red de elementos radiantes, comprendiendo dicho modulador tantas pastillas (PST) transparentes activables como elementos radiantes, de modo que deje pasar la radiación de la fuente óptica o no hacia el elemento radiante correspondiente.
 - 10
2. Antena de acuerdo con la reivindicación anterior, en la que la red de elementos radiantes es de tipo reflector activo.
3. Antena de acuerdo con la reivindicación anterior, en la que la fuente óptica es un láser continuo.
4. Antena de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la fuente óptica es un láser de tipo doble frecuencia, estando cada elemento radiante de la red asociado a un nanofotodiodo capaz de demodular el batido de las longitudes de onda de dicho láser.
- 15
5. Antena de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, en la que los nanocomponentes son nanotubos de carbono.
6. Antena de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en la que los nanocomponentes son de tipo semiconductor III-V, en particular nanohilos de silicio.
- 20
7. Antena de acuerdo con la reivindicación anterior, de tipo integrada.

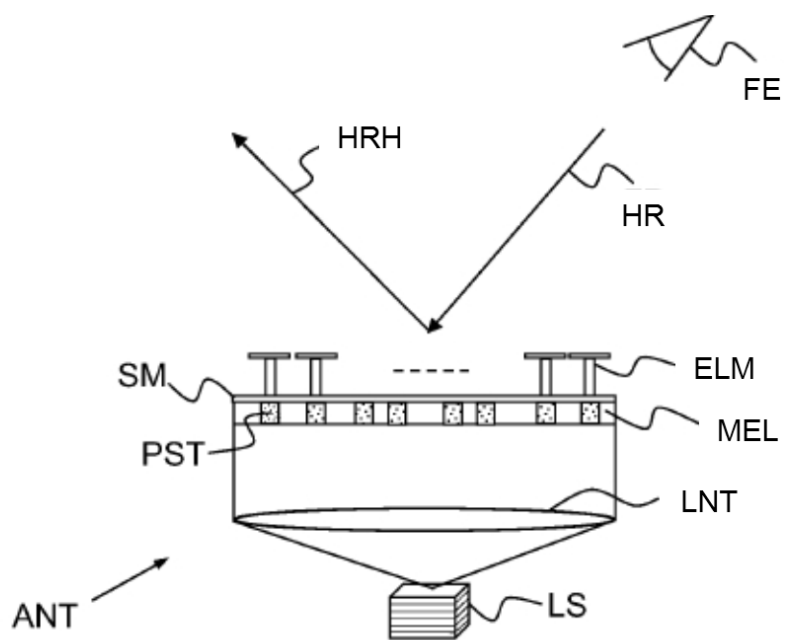


FIG.1

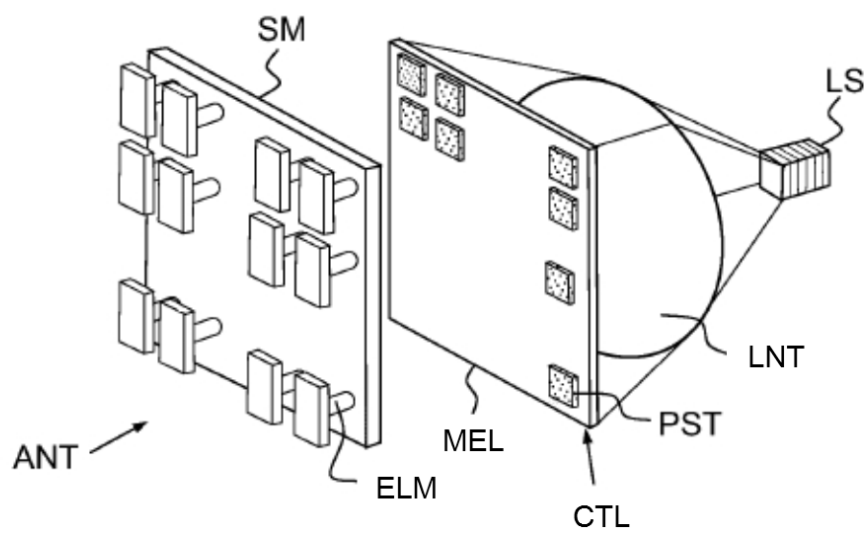


FIG.2

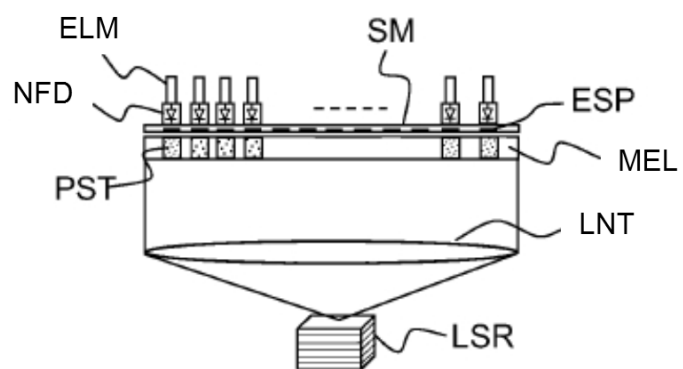


FIG.3

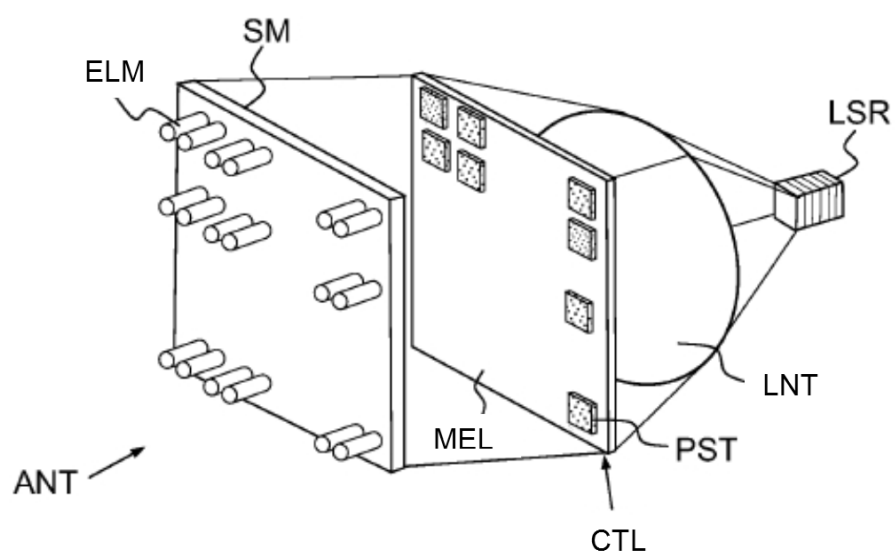


FIG.4