

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 570 679**

51 Int. Cl.:

**H01Q 15/08** (2006.01)

**H01Q 19/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.09.2012 E 12186157 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.01.2016 EP 2573872**

54 Título: **Antena de lente que comprende un componente dieléctrico difractivo apto para constituir un frente de onda de hiperfrecuencia**

30 Prioridad:

**26.09.2011 FR 1102910**

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

**19.05.2016**

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)  
45, rue de Villiers  
92200 Neuilly Sur Seine, FR**

72 Inventor/es:

**LEE-BOUHOURS, MANE-SI LAURE;  
LOISEAUX, BRIGITTE;  
ALLAEYS, JEAN-FRANÇOIS;  
CZARNY, ROMAIN y  
GANNE, JEAN-PIERRE**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

**ES 2 570 679 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 lente que comprende un componente dieléctrico difractivo apto para constituir un frente de onda de hiperfrecuencia

5

**[0001]** La presente invención se refiere a una antena de lente que comprende un componente dieléctrico difractivo apto para constituir un frente de onda de hiperfrecuencia.

**[0002]** La invención encuentra aplicación particular en el ámbito de las telecomunicaciones hertzianas, que se extiende de manera conocida aproximadamente de 400 MHz a 300 GHz y que corresponde a unas ondas de longitudes de ondas respectivas centimétricas y milimétricas.

10

**[0003]** En este ámbito, es habitual tener unas antenas grandes frente a la longitud de onda a fin de realizar unas emisiones de gran potencia y gran directividad y obtener una gran ganancia de antena.

15

**[0004]** Uno de los problemas planteados por este tipo de antena es su volumen y su peso. En efecto, en numerosas aplicaciones, a la vez por razones estéticas y por razones de coste, es preferible tener unas antenas de volumen reducido.

**[0005]** Una familia de antenas que permite responder a la necesidad de reducir el volumen es la familia de las antenas de lentes, en las cuales una fuente de radiofrecuencia se coloca en el centro de una lente dieléctrica.

20

**[0006]** A fin de volver tal antena más compacta, una solución conocida es reducir la relación distancia focal/diámetro (F/D) de la lente, teniendo así una óptica de gran apertura numérica. Característicamente, la relación F/D es inferior a 0,5 para la banda de frecuencia de 30 GHz a 50 GHz conocida con el nombre de banda Q, correspondiente respectivamente a un rango de longitud de onda de 6 mm (correspondiente a 50 GHz) a 10 mm (correspondiente a 30 GHz).

25

**[0007]** Se pueden utilizar unas lentes gruesas refractivas, pero en este caso la reducida relación F/D lleva a una curvatura muy grande en los bordes, lo que vuelve su fabricación compleja para mantener un buen rendimiento. Además, estas lentes son gruesas, por tanto su volumen y su peso no son satisfactorios.

30

**[0008]** Alternativamente, se conoce la utilización de lentes difractivas, igualmente llamadas lentes de Fresnel, cuyo grosor es reducido y permanece constante incluso cuando la relación F/D disminuye. Como se ilustra en la figura 1, a fin de obtener la misma focalización que una lente refractiva gruesa 10, una lente de Fresnel 12 comprende varias zonas anulares concéntricas 14, 16, igualmente llamadas zonas de Fresnel, dispuestas en un mismo plano. Los inconvenientes conocidos de las lentes de Fresnel son una eficacia más reducida de difracción y unas pérdidas debidas a un efecto de sombreado de la división en zonas. Se ha demostrado que el efecto de sombreado era particularmente importante para unas grandes aperturas numéricas correspondientes a unos valores reducidos F/D. En efecto, por una parte, durante la fabricación de tal lente de Fresnel, es delicado controlar simultáneamente unas zonas continuamente variables y unas discontinuidades de transición abrupta (correspondiente a unas paredes verticales de borde de zona). De ello resulta que las lentes fabricadas presentan una forma redondeada al nivel de las discontinuidades. Esta forma redondeada hace disminuir significativamente la eficacia de difracción, especialmente cuando el tamaño de una zona de Fresnel no es grande frente a la longitud de onda. De forma general, cuanto más abierta es una óptica (F/D pequeña) más reducido es el tamaño de las zonas de Fresnel.

35

40

45

**[0009]** Por otra parte, incluso para una lente ideal sin redondeado al nivel de las discontinuidades, se observa para cada discontinuidad una zona de sombreado en la cual los rayos incidentes son desviados por el borde de la zona de Fresnel adyacente y no participan en la difracción.

50

**[0010]** Una aplicación de las lentes de Fresnel para la utilización en el ámbito de hiperfrecuencia ha sido propuesta por A. Petosa, A. Ittipiboon y S. Thirakoune en el artículo 'Investigation on arrays of perforated dielectric Fresnel lenses', publicado en IEE Proc. on Microwave Antenna Propagation, Vol. 153, N.º 3, Junio 2006. Se ha descrito la fabricación de lentes de Fresnel por perforación de agujeros de diámetros variables en un material dieléctrico inicialmente homogéneo para obtener cuatro niveles de permitividad, siendo la permitividad igual al cuadrado del índice de refracción efectivo.

55

**[0011]** En esta solución, la lente está formada por cuatro zonas concéntricas perforadas cada una por agujeros de

diámetro constante, separadas por unas zonas de material dieléctrico desprovistas de agujeros, formando así cuatro zonas de Fresnel separadas. Los agujeros son de diámetro pequeño con respecto a una longitud de onda de destino, correspondiente a una frecuencia de 30 GHz. Un material dieléctrico de gran índice de refracción  $n=2,4$  se ha utilizado para facilitar la fabricación de los agujeros. Los resultados experimentales han demostrado que la mejora prevista no ha sido alcanzada por esta lente dieléctrica perforada, a causa especialmente de las pérdidas por reflexiones que pasan del 4% por interferencia a un valor situado entre el 0% y el 17% (con el material de índice  $n=2,4$ ), puesto que el índice efectivo sintetizado toma cuatro valores entre 1 y 2,4. De hecho, esta solución ha proporcionado una ganancia más reducida que una lente de Fresnel clásica con cuatro niveles de índice de refracción fabricada en un material de índice más bajo, como el plexiglás de índice  $n=1,61$ , como se ha mencionado en A. Petosa, A. Ittipiboon, « Design and performance of a perforated dielectric Fresnel lens », IEE Proceedings of Microwave Antennas Propagation, 2003, 150, (5), pp. 309-314. La solución propuesta por Petosa et al. muestra por tanto unos rendimientos no satisfechos.

**[0012]** Por ello es conveniente solucionar los inconvenientes del estado de la técnica y proponer una solución que permita obtener un buen rendimiento teniendo pérdidas reducidas por reflexión y un volumen reducido en el ámbito de hiperfrecuencias.

**[0013]** A tal efecto, según un primer aspecto, la invención propone una antena de lente que consta al menos de un componente dieléctrico difractivo apto para constituir un frente de onda de hiperfrecuencia que tenga una longitud de onda comprendida en un intervalo de 1 milímetro a 50 centímetros, caracterizada porque dicho componente dieléctrico difractivo consta de una pluralidad de microestructuras principales formadas en un material sustrato de índice de refracción sustrato de manera que se forme un material artificial de índice de refracción efectivo, teniendo cada microestructura principal un tamaño inferior a una longitud de onda de destino tomada en dicho intervalo de longitudes de onda, estando dispuestas dichas microestructuras principales por zonas, de manera que varíe una tasa de llenado de superficie, dependiendo el índice de refracción efectivo de dicha tasa de llenado de superficie, siendo la disposición tal que el índice de refracción efectivo varía en el interior de una denominada zona de dicho componente dieléctrico difractivo de manera casi monótona entre un valor mínimo y un valor máximo inferior o igual al índice de refracción sustrato.

**[0014]** De manera ventajosa, una antena de lente según la invención tiene un buen rendimiento y presenta un volumen reducido. En efecto, un componente dieléctrico difractivo con una disposición de microestructuras principales de tamaño inferior a la longitud de onda de destino, llamadas microestructuras de sub-longitud de onda, permite la síntesis, para una zona del componente, de una variación casi monótona prácticamente continua del índice de refracción efectivo con un gran número de motivos de microestructuras de sub-longitud de onda. Esto permite mejorar la eficacia de difracción y evitar las pérdidas por efecto de sombreado. Además, la solución propuesta por la invención permite maximizar los efectos de guiado y, por tanto, maximizar la eficacia del componente dieléctrico, lo que permite la obtención de antenas de lentes eficaces en el ámbito de las hiperfrecuencias.

**[0015]** La antena de lente según la invención puede presentar igualmente una o varias de las características siguientes:

- la densidad de microestructuras principales por unidad de superficie varía en una zona de dicho componente dieléctrico, estando fijado el tamaño de cada microestructura principal;
- el tamaño de dichas microestructuras principales es variable para una zona de dicho componente dieléctrico;
- dichas microestructuras principales son de sección cuadrada o circular, de ancho igual a  $K$  veces la longitud de onda de destino tomada en dicho intervalo de longitudes de onda, estando  $K$  comprendido entre  $1/50$  y  $1/1,5$ ;
- dichas microestructuras principales son unos pilares formados en saliente sobre dicho material sustrato y/o unos agujeros formados en dicho material sustrato;
- siendo dichas microestructuras principales unos pilares formados en saliente sobre dicho material sustrato, el componente dieléctrico difractivo consta, además de dichas microestructuras principales, además de al menos una capa que consta de unas microestructuras secundarias de tamaño inferior al tamaño de dichas microestructuras principales, estando dichas microestructuras secundarias adaptadas para disminuir las reflexiones de onda de hiperfrecuencia incidente;

- dicho componente dieléctrico difractivo consta de varias capas de microestructuras secundarias apiladas, comprendiendo cada capa de microestructuras secundarias unos pilares formados en saliente sobre dichas microestructuras principales o secundarias de la capa que precede a dicha capa de microestructuras secundarias;

5 - dichas microestructuras principales están posicionadas sobre una primera cara de dicho componente dieléctrico difractivo, caracterizada porque dicho componente dieléctrico difractivo consta de una capa de microestructuras secundarias posicionada sobre una segunda cara de dicho componente dieléctrico difractivo, opuesta a dicha primera cara;

10 - dichas microestructuras principales y/o dichas microestructuras secundarias tienen una forma cónica;

- estando dichas microestructuras principales posicionadas sobre una primera cara de dicho componente dieléctrico difractivo, dicho componente dieléctrico difractivo consta de una capa no difractiva de microestructuras de sub-longitud de onda, realizando una función de fase asociada, sobre una segunda cara de dicho componente dieléctrico

15 difractivo, opuesta a dicha primera cara;

- dicho componente dieléctrico difractivo consta además de una placa dieléctrica neutra de protección de grosor en función de dicha longitud de onda de destino, y

20 - dicho componente dieléctrico difractivo es una matriz rectangular de dichos componentes dieléctricos difractivos de sección cuadrada o rectangular.

**[0016]** Otras características y ventajas de la invención se desprenderán de la descripción que se da más abajo, a título indicativo y nulamente limitativo, en referencia a las figuras anexas, entre las cuales:

25

- la figura 1, ya descrita, es una vista en sección que establece en correspondencia unas lentes clásicas, a saber una lente refractiva y una lente difractiva de Fresnel de perfil en escalerilla;

30 - la figura 2 es una vista en sección de diferentes realizaciones de un componente dieléctrico difractivo de tipo red de escalerilla;

- la figura 3 es una vista desde arriba de diferentes realizaciones de un componente difractivo de tipo red de escalerilla según la invención;

35 - la figura 4 es un gráfico que representa el índice efectivo del componente dieléctrico difractivo compuesto de pilares periódicos en función de la tasa de llenado de superficie, sobre un sustrato de índice 2,54;

- la figura 5 es un gráfico que representa el índice efectivo del componente dieléctrico difractivo compuesto por agujeros periódicos en función de la tasa de llenado de superficie, sobre un sustrato de índice 2,54;

40

- la figura 6 es un gráfico que representa los índices efectivos respectivos del componente dieléctrico difractivo compuesto por pilares o agujeros periódicos de tamaño fijado en función de la tasa de llenado de superficie, sobre un sustrato de índice 2,54;

45 - la figura 7 es una vista de sección de un componente dieléctrico difractivo según un primer modo de realización con adaptación de impedancia;

- la figura 8 es una vista de sección de un componente dieléctrico difractivo según un segundo modo de realización con adaptación de impedancia;

50

- la figura 9 es una vista de sección de un componente dieléctrico difractivo según un tercer modo de realización con adaptación de impedancia;

55 - la figura 10 es una vista de sección de un componente dieléctrico difractivo según un cuarto modo de realización con adaptación de impedancia;

- la figura 11 es una vista desde arriba de una matriz de componentes dieléctricos difractivos con microestructuras de sub-longitud de onda;

- la figura 12 es un esquema que representa el desvío de ondas por una lente fuera de eje;

- la figura 13 es un esquema que representa la generación de dos haces de ondas, y

5 - la figura 14 es un esquema que representa la generación de dos haces de ondas a partir de múltiples fuentes de ondas.

**[0017]** La invención se describirá más particularmente en la aplicación de lentes dieléctricas difractivas o componentes dieléctricos difractivos para antena de lente en el ámbito de la hiperfrecuencia en un intervalo de 30  
10 GHz a 50 GHz (conocida con el nombre de banda Q), que es un intervalo particular del ámbito de hiperfrecuencia. Tal antena de lente está compuesta de una fuente de ondas electromagnéticas de hiperfrecuencia y de una lente, que es un componente dieléctrico difractivo y que reúne y conforma la onda generada por la fuente, lo que resulta en un frente de onda modificado. La fuente se sitúa al nivel del centro de este componente o, más generalmente, cerca del centro de este componente.

15

**[0018]** A fin de ilustrar la realización de un material artificial con variación monótona de índice efectivo o casi gradiente de índice, diversas realizaciones de una red en escalerilla que funcionan en transmisión se describen en referencia a la figura 2.

20 **[0019]** El componente 20 de la figura 2 es un componente difractivo denominado red en escalerilla, realizado en un material sustrato 21 y compuesto de dos escalones 22 de período A, correspondiendo cada escalón a una zona del componente. Es un componente dieléctrico difractivo clásico, realizado en un material sustrato de índice de refracción sustrato dado, en el cual la variación monótona de índice de refracción se obtiene por la variación de altura entre la altura h1 y la altura h2 de cada escalón 22.

25

**[0020]** Posteriormente, el índice de refracción se denominará simplemente índice.

**[0021]** Una red en escalón permite realizar una función de fase o cambio de fase  $\Delta\Phi(\lambda_0, x, y)$ , siendo  $\Delta\Phi$  el retardo de fase introducido por el componente dieléctrico en las coordenadas (x,y) del componente, que depende del índice  
30 n y de la altura del componente:

$$\Delta\Phi(\lambda_0, x, y) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (n(x, y) - n_0) h(x, y) \quad (\text{Eq1}),$$

35 donde  $\lambda_0$ , la longitud de onda de destino en el ámbito considerado y  $n_0$  el índice más bajo alcanzado y  $h(x,y)$  es la función que da la altura del componente en un punto espacial de coordenadas (x,y) en una marca de ajuste espacial. En una red en escalera en el aire, la función de fase se obtiene por la variación de la altura, teniendo en cuenta  $n(x,y)=n$ , el índice de refracción del material. La función de fase o cambio de fase se convierte en:

$$\Delta\Phi(\lambda_0, x, y) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (n - 1) h(x, y).$$

40

**[0022]** La altura máxima  $h=(h_2-h_1)$  se calcula, en función de la variación de índice  $n-n_0$ , para obtener un desfase de

$h(x, y) = \frac{\lambda_0}{(n-1)}$ ,  
2 $\pi$ . para una red escalerilla grabada en Rexolite ( $n=1,59$ ) rodeada de aire ( $n_0=1$ ). A título de indicación la altura de una red en vidrio es igual a 12,3 mm a  $\lambda_0=7,14$ mm.

45 **[0023]** El componente 23 de la figura 2 se realiza en un material sustrato 24 y comprende dos zonas o escalones 25 de altura constante, que corresponden a los escalones 22 del componente 20, con variación monótona creciente de índice por zona o gradiente de índice, entre el valor mínimo 1, que es el índice de vacío y n, siendo n superior a 1, estando representada la variación esquemáticamente por una flecha. El desfase en este caso se convierte en:

$$\Delta\Phi(\lambda_0, x, y) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (n(x, y) - n_0)h.$$

**[0024]** En la práctica, tal gradiente de índice de altura constante con esta escalera es muy difícil de obtener en el ámbito de las radio/hiperfrecuencias. Esto requiere la utilización de técnicas complejas de combinación y de incorporación de materiales (por ejemplo tejido de vidrio y teflón PTFE).

**[0025]** Una alternativa para la obtención de una variación monótona del índice o gradiente de índice según la invención está representada por el componente 26 de la figura 2. El componente 26 está formado por un sustrato 27 que comprende unas microestructuras de sub-longitud de onda 28, que son en este ejemplo unos pilares. Las microestructuras de sub-longitud de onda pueden ser unos agujeros o unos pilares, teniendo estas microestructuras como efecto hacer variar localmente la cantidad de material dieléctrico. Las microestructuras del componente 26 están dispuestas en unas zonas, que son unas zonas de período A en el caso de una red o unas zonas de Fresnel en el caso de una lente o unas zonas comunes en el caso de un componente no periódico. En el interior de una zona, el índice de refracción efectivo varía de manera casi monótona, entre un valor mínimo y un valor máximo inferior o igual al índice de refracción del sustrato 27.

**[0026]** De manera ventajosa, la eficacia de difracción se mejora, ya que la utilización de las microestructuras de sub-longitud de onda evita el efecto de sombreado obtenido con la realización en escalerilla 20 y permite por tanto aumentar el rendimiento del componente dieléctrico 26 con respecto al rendimiento del componente en escalerilla 20. Los pilares 28 que son de sección cuadrada, circular o hexagonal por ejemplo, tienen unos anchos variables, siendo el ancho máximo igual a  $d$  que es inferior a  $\lambda_0$ , la longitud de onda de destino en el ámbito de hiperfrecuencia considerado. Los pilares están dispuestos en una estructura periódica de período  $\Lambda_s$  que es la distancia entre los centros de dos pilares consecutivos en el ejemplo de la figura 2. Como variante, la estructura de disposición es pseudo-periódica, con unas distancias cercanas a  $\Lambda_s$ , característicamente comprendidas entre aproximadamente  $0,75\Lambda_s$  y  $1,25\Lambda_s$  para conducir a un desorden lo que permitiría en ciertos casos alisar o reducir los órdenes de difracciones no deseados. Las microestructuras están dispuestas por zonas según una luz de malla que es cuadrada, rectangular o hexagonal por ejemplo.

**[0027]** Cuando el período  $\Lambda_s$  es inferior a la longitud de onda de  $\lambda_0$ , el componente dieléctrico se comporta como un material artificial cuyo índice efectivo varía localmente por zona de manera monótona, formando un material de casi gradiente de índice afectivo. Esta disposición de las microestructuras permite sintetizar un gran número de índices efectivos diferentes,  $N$ , con  $N > 4$ , característicamente  $N = 8$ , variando los  $N$  índices efectivos de forma progresiva por pequeños pasos.

**[0028]** De preferencia,

$$\Lambda_s \leq \frac{\lambda_0}{\max(n_s, n_{inc}) + n_{inc} \times \sin(\theta)} \quad (\text{Eq2}),$$

donde  $n_s$  es el índice de refracción del material dieléctrico de sustrato,  $n_{inc}$  es el índice de refracción del medio incidente (generalmente el medio incidente es el aire,  $n_{inc} = 1$ ) y  $\theta$  es el ángulo de incidencia del haz de ondas sobre el componente dieléctrico. Si el período  $\Lambda_s$  es selecciona superior al valor dado por la fórmula de Eq2, el componente dieléctrico ya no tiene la propiedad de material artificial de casi gradiente de índice deseado.

**[0029]** En el caso de una lente difractiva o de una red, la altura  $h$  del componente se calcula para obtener un múltiplo de desfase de  $2\pi$ , generalmente simplemente  $2\pi$ , lo que conduce a:

$$h = \frac{\lambda_0}{(n_{\max} - n_{\min})},$$

donde  $n_{\max}$  y  $n_{\min}$  son los índices efectivos máximo y mínimo, siendo el índice efectivo máximo inferior o igual al índice del sustrato.

**[0030]** El índice efectivo depende de la geometría de la microestructura de sub-longitud de onda.

**[0031]** Para las microestructuras en forma de pilares, se define una tasa de llenado de superficie que es igual a la superficie ocupada por los pilares contenidos en una unidad de superficie dividida por esta misma unidad de superficie. Una unidad de superficie se define como la superficie del cuadrado de lado  $\Lambda_s$ . El índice efectivo es casi proporcional a la tasa de llenado de superficie.

**[0032]** Para las microestructuras en forma de agujeros, la tasa de llenado de superficie es igual a la superficie de material dieléctrico de sustrato restante por unidad de superficie dividida por esta misma unidad de superficie.

**[0033]** De una manera general, la tasa de llenado de superficie representa la superficie de material de sustrato que compone el material artificial por unidad de superficie.

**[0034]** El componente 29 de la figura 2 representa una alternativa de realización de variación de índice en un material dieléctrico de sustrato 30 según la invención, que permite obtener una variación de índice efectivo similar a la obtenida con el componente 26: un conjunto de pilares 31 de ancho dado  $d_1$ , que es de un orden de magnitud inferior al de la longitud de onda de destino  $\lambda_0$ ,  $d_1 \ll \lambda_0$ , que están dispuestos según una densidad variable por unidad de superficie. De forma práctica, se seleccionará  $d_1 < \Lambda_s/2$ , con característicamente  $d_1 = \Lambda_s/5$ . La variación de la densidad permite hacer variar igualmente la tasa de llenado de superficie y, por tanto, el índice efectivo del componente 29.

**[0035]** También es posible combinar las microestructuras de tamaño variable y su disposición de densidad variable en un mismo componente dieléctrico difractivo.

**[0036]** Alternativamente, un componente dieléctrico con gradiente de índice se construye a base de microestructuras de tipo agujeros sobre el mismo principio, perforando en el material dieléctrico unos agujeros de diámetro o de tamaño fijo y haciendo variar el número de agujeros por unidad de superficie.

**[0037]** La figura 3 ilustra una vista desde arriba de diversas realizaciones de componentes dieléctricos difractivos con redes en escalerilla según la invención.

**[0038]** Una primera vista desde arriba 32 ilustra un primer modo de realización de un componente dieléctrico difractivo 26, con dos zonas o escalones, que comprende unas microestructuras 33 de sección cuadrada de tamaño variable y dispuestas según una luz de malla cuadrada.

**[0039]** Una segunda vista desde arriba 34 ilustra un segundo modo de realización de un componente dieléctrico difractivo 26, con dos zonas o escalones, que comprenden unas microestructuras 35 de sección circular y de diámetro variable, dispuestas según una luz de malla hexagonal.

**[0040]** Por último la vista 36 ilustra un modo de realización de un componente dieléctrico difractivo 29, con dos zonas o escalones, que comprenden unas microestructuras 37 de sección cuadrada de tamaño constante, dispuestas con una densidad de superficie variable.

**[0041]** Todos los tipos de microestructuras (agujeros o pilares, de sección redonda, cuadrada o según otra forma geométrica) están adaptadas a la realización de los componentes dieléctricos difractivos para unas ondas de hiperfrecuencia, de longitud de onda microonda, ya que las dimensiones de las microestructuras, calculadas a partir de la longitud de onda de destino, son superiores a 1 mm y, por tanto, no requieren tecnología de fabricación muy costosa.

**[0042]** En el modo de realización preferido de la invención, el componente dieléctrico difractivo está realizado con unas microestructuras de tipo pilares, que tienen la ventaja de optimizar el guiado de onda y aumentar por tanto la eficacia de difracción.

**[0043]** En una variante, agujeros y pilares están asociados en un mismo componente.

**[0044]** De forma no restrictiva, estas microestructuras son, según un modo de realización, unas microestructuras de sección cuadrada, redonda, ovalada, hexagonal, de ancho igual a la profundidad, es decir de flanco derecho o casi derecho en el grosor del componente.

**[0045]** Según un modo de realización alternativo, las microestructuras tienen forma de conos, es decir que tienen unos flancos que no son derechos en el grosor del sustrato, por ejemplo con un diámetro más reducido del lado de aire y más amplio del lado del sustrato.

5 **[0046]** Las figuras de 4 a 6 proporcionan varios ejemplos de dimensionamiento de microestructura para obtener diversos índices efectivos.

**[0047]** La figura 4 es un gráfico que representa el índice efectivo del componente dieléctrico compuesto de microestructuras de pilares periódicos en función de la tasa de llenado de superficie.

10

**[0048]** En abscisa se representa la tasa de llenado de superficie, que varía entre 0 y 1 y en ordenadas el índice efectivo del material artificial obtenido, que varía entre 1 y 2,6.

15 **[0049]** El gráfico corresponde a unos pilares de período  $\Lambda_s=2,4\text{mm}$ , fabricados en un material dieléctrico de sustrato de índice de sustrato  $n_s=2,54$ . La longitud de onda de destino  $\lambda_0$  es de 7,14 mm, correspondiente a una frecuencia de aproximadamente 42 GHz. El período  $\Lambda_s$  es en este ejemplo igual a  $0,336 \times \lambda_0$ . Esta elección corresponde a una apertura de  $f/1.4$ . Para una apertura de  $f/0.25$ , se calcula el valor de  $\Lambda_s$  utilizando la fórmula Eq2 con  $\theta = 63^\circ$ , que es el ángulo de incidencia correspondiente a la apertura  $f/0.25$ .

20 **[0050]** Como se ilustra en la figura 4, el índice efectivo es casi proporcional a la tasa de llenado de superficie. En particular, se han distinguido cinco puntos del gráfico marcados como  $P_1$  a  $P_5$ .

25 **[0051]** Con respecto a cada uno de los puntos  $P_1$  a  $P_5$ , la tasa de llenado de superficie de los pilares se representa esquemáticamente por una vista desde arriba de cada pilar de sección cuadrada 38 centrado por unidad de superficie 40. La zona 38 representa el material dieléctrico que compone el pilar, la zona 42 corresponde al aire (zona que se queda vacía alrededor de los pilares).

30 **[0052]** El lado  $d$  de la sección cuadrada de cada pilar varía entre un valor de  $d=1,28$  mm, que corresponde a  $0,179 \times \lambda_0$  para el punto  $P_1$  a  $d=2,3\text{mm}$ , que corresponde a  $0,322 \times \lambda_0$  para el punto  $P_5$ . Si se asume la utilización de pilares de ancho que varía entre 0 y el tamaño de  $P_4$ , la excursión de índice obtenida es igual a  $\sim 1$ , conllevando una altura del componente de  $h=7,1$  mm aproximadamente.

35 **[0053]** El gráfico de la figura 5 es similar al de la figura 4 para un componente dieléctrico compuesto de agujeros periódicos.

**[0054]** De manera similar al gráfico de la figura 4, se representa en abscisa la tasa de llenado de superficie, que varía entre 0 y 1 y en ordenadas el índice efectivo del material obtenido, que varía entre 1 y 2,6.

40 **[0055]** El gráfico de la figura 5 corresponde a unos agujeros de período  $\Lambda_s=2,4\text{mm}$ , fabricados en un material dieléctrico de índice inicial  $n_s=2,54$ , para una longitud de onda de destino  $\lambda_0=7,14\text{mm}$ , correspondiente a una frecuencia de aproximadamente 42 GHz.

45 **[0056]** La tasa de llenado de superficie se da aquí por la superficie ocupada por el material dieléctrico, o la superficie 44 menos la zona de agujero 46 de sección cuadrada de lado  $d$ . Naturalmente, el lado  $d$  es inversamente proporcional en este caso a la tasa de llenado de superficie.

50 **[0057]** Como se ilustra en la figura 5, el índice efectivo obtenido es casi proporcional a la tasa de llenado de superficie. Con respecto a cada uno de los puntos  $Q_1$  a  $Q_5$ , la tasa de llenado se representa esquemáticamente por una vista desde arriba de los agujeros 46 por unidad de superficie 44. Si se asume la utilización de agujeros de tamaño que varía entre 0 y el de  $Q_2$ , la excursión de índice obtenida es igual a  $\sim 1$ , conllevando una altura del componente de  $h=7,2$  mm aproximadamente.

55 **[0058]** La figura 6 es un gráfico que representa el índice efectivo del componente dieléctrico compuesto de pilares y de agujeros periódicos de tamaño constante y de densidad por unidad de superficie variable, en función de la tasa de llenado de superficie.

**[0059]** Como en las figuras anteriores, se representa en abscisa la tasa de llenado de superficie, que varía entre 0 y 1 y en ordenadas el índice efectivo del material obtenido, que varía entre 1 y 2,6.



**[0060]** En este modo de realización, las condiciones se han conservado: índice de refracción del material dieléctrico de sustrato  $n_s=2,54$  y longitud de onda de destino  $\lambda_0=7,14\text{mm}$ .

**[0061]** El tamaño  $d$  del lado de la sección cuadrada de cada una de las microestructuras (agujero o pilar) es constante e igual a  $0,2\text{ mm}$  y es la densidad de material por unidad de superficie que varía. Para este modo de realización, la ventaja de la facilidad de fabricación subsiste igualmente, facilitándose la fabricación de las microestructuras debido a su tamaño constante. El período macroscópico de una célula elemental es de  $\Lambda_s= 2,4\text{mm}$ , por tanto cada unidad de superficie cuadrada  $48$  corresponde a  $2,4\text{ mm}^2$ .

**[0062]** La curva  $50$  corresponde a unas microestructuras en forma de pilares y la curva  $52$  corresponde a microestructuras en forma de agujeros.

**[0063]** En los cuadrados  $48$ , las zonas sombreadas corresponden al material dieléctrico y las zonas sin relleno corresponden al aire.

15

**[0064]** En una variante, se combinan las dos geometrías, a saber pilares y agujeros, a fin de poder utilizar la totalidad de la excursión de índice y disminuir la altura de las estructuras. Por ejemplo utilizando una combinación de agujeros y pilares cuyos tamaños varían entre  $0$  y el de  $P4$  para los pilares y  $0$  y el de  $Q2$  para los agujeros, la excursión de índice se vuelve igual a  $1,54$ , llevando a una altura de  $4,6\text{ mm}$  aproximadamente. Así, la combinación de pilares y agujeros permite disminuir incluso el volumen del componente dieléctrico difractivo.

20

**[0065]** En otra variante, a fin de facilitar el procedimiento de fabricación, el componente dieléctrico está compuesto por pilares de tamaño constante y dispuestos de manera que se haga variar su densidad para obtener un casi gradiente de índice, con un número de pilares variable por unidad de superficie. En el ámbito de hiperfrecuencia de aplicación, las longitudes de ondas de destino se sitúan característicamente en un intervalo de  $1\text{ mm}$  a  $75\text{ cm}$  y el tamaño de lado característico de las microestructuras de pilares es  $d= K \times \lambda_0$ , con  $K$  comprendido entre  $1/50$  y  $1/1,5$ . Tales microestructuras se pueden fabricar fácilmente por moldeado y, por tanto, se producen en gran número.

25

**[0066]** Como variante, las microestructuras de pilares dispuestas en zonas están posicionadas sobre las dos caras opuestas del componente dieléctrico, de manera que se asocien dos funciones de fase, una de cada lado del componente. De manera ventajosa, la altura de las microestructuras se distribuye entonces en las dos caras opuestas, conllevando unas microestructuras más fáciles de fabricar. Además, la segunda cara tiene un índice efectivo que varía entre uno y el índice del sustrato, por tanto un índice efectivo más reducido de media, lo que permite reducir las pérdidas en la segunda interfaz.

35

**[0067]** Según otra variante, el componente dieléctrico difractivo consta, en una primera cara denominada cara difractiva, de unas microestructuras, por ejemplo de tipo pilares, dispuestas en zonas, y sobre la cara opuesta, que es la primera cara encontrada por el frente de onda resultante de la fuente y que es una cara no difractiva en este caso, una estructuración con unas microestructuras de sub-longitud de onda que realiza una función de fase de sub-longitud de onda, permitiendo una conformación del frente de ondas procedente de la fuente. Así, el tratamiento aplicado en la cara encontrada primero por el frente de onda permite corregir el frente de onda, especialmente para volverlo perfectamente esférico, antes de alcanzar la cara difractiva. En la cara no difractiva, las microestructuras de sub-longitud de onda son por ejemplo unos pilares de tamaños variables o de tamaño fijo y de densidad variable, que realizan una variación lenta de índice efectivo. Las microestructuras de la primera cara no están dispuestas en varias zonas de variación de índice efectivo como para la cara difractiva.

45

**[0068]** En un modo de realización particularmente ventajoso, el componente dieléctrico formado por microestructuras pilares comprende igualmente una adaptación de impedancia, de manera que se reduzcan las pérdidas debidas a las reflexiones de onda incidente en las interfaces entre el aire y el material dieléctrico artificial. En efecto, de manera conocida, para un material dieléctrico de índice  $n=2,4$ , la pérdida por reflexión (o por desadaptación) en cada interfaz con el aire de índice  $n=1$  es igual al  $17\%$ .

50

**[0069]** La disminución de estas pérdidas se conoce con el nombre de tratamiento antirreflejos en óptica y de adaptación de impedancia en el ámbito de las hiperfrecuencias.

55

**[0070]** Las figuras de  $7$  a  $10$  ilustran diversos perfiles del componente dieléctrico con adaptación de impedancia.

**[0071]** En un primer modo de realización ilustrado en la figura  $7$ , el componente dieléctrico  $60$  comprende en una cara, que es la cara difractiva, unas microestructuras principales dispuestas en zonas, en forma de pilares  $62$ , de

tamaños variables para obtener un gradiente de índice como se ha explicado más arriba. En estos pilares y entre estos pilares se integran en saliente micropilares 64, que son unas microestructuras de sub-longitud de onda secundarias, de período  $\Lambda_1$  de un orden de tamaño inferior al período  $\Lambda_s$  de los pilares 62, característicamente  $\Lambda_s/10 \leq \Lambda_1 \leq \Lambda_s/2$  y de tamaño  $d_2$  inferior al ancho del pilar 62 de sección más reducida. De forma práctica, un ejemplo de orden de tamaño de  $d_2$  es  $d_2=d/3$ . Las microestructuras secundarias son periódicas y no están dispuestas en varias zonas, como las microestructuras principales.

5 **[0072]** El período  $\Lambda_1$  y el tamaño  $d_2$  son seleccionados por simulación de manera que se disminuya localmente el índice del componente dieléctrico al nivel de la interfaz con el aire.

10

**[0073]** En un segundo modo de realización, ilustrado en la figura 8, el componente dieléctrico 70 comprende igualmente en una primera cara, la cara difractiva, unas microestructuras principales, dispuestas en zonas, en forma de pilares 72, de tamaños variables para obtener un gradiente de índice como se ha explicado más arriba.

15 **[0074]** En estos pilares 72 están integradas en saliente unas microestructuras de sub-longitud de onda secundarias, que son unos micropilares 74, de período de un orden de tamaño inferior al período  $\lambda_s$  de los pilares 72. Además, unos micropilares 76 están integrados igualmente en la segunda cara del componente dieléctrico 70, que está en el lado opuesto de la primera cara, permitiendo así realizar una adaptación de impedancia en las dos interfaces de la lente y reducir por tanto incluso más las pérdidas por reflexión. Cuando la segunda cara no consta  
20 de microestructuras de sub-longitud de onda principales, los micropilares 76 tienen un período  $\Lambda_1$  comprendido en el intervalo más amplio, tal como  $\Lambda_s/10 \leq \Lambda_1 \leq \Lambda_s$ .

**[0075]** Según un tercer modo de realización, ilustrado en la figura 9, el componente dieléctrico 78 se construye añadiendo, con respecto al modo de realización de la figura 8, una placa dieléctrica neutra 80 de grosor  $e$  igual a  
25  $\lambda_0/2n'$  donde  $\lambda_0$  la longitud de onda de destino y  $n'$  es el índice de refracción de la placa. La placa dieléctrica tiene un coeficiente de transmisión de 1 a la longitud de onda  $\lambda_0$ , en incidencia normal. De manera ventajosa, las microestructuras de sub-longitud de onda del componente dieléctrico 78 están mejor protegidas con respecto al entorno exterior, siendo esta placa colocada en salida del componente dieléctrico utilizable como una placa protectora contra el polvo y la lluvia por ejemplo.

30

**[0076]** La placa dieléctrica 80 se puede posicionar en la parte donde el haz es escasamente divergente y, por tanto, para un sistema muy abierto ( $F/D$  reducido,  $F/D \leq 1$  por ejemplo) detrás del componente dieléctrico 78, es decir en el lado del componente dieléctrico 78 que no está enfrente de la fuente. Un ejemplo sería una placa de Rexolite de 2,25 mm de grosor para garantizar una transmisión de la placa superior al 99,5% entre 40,5 GHz y 43,5 GHz.

35

**[0077]** Según un cuarto modo de realización, ilustrado en la figura 10, el componente dieléctrico 82 está formado por un apilamiento de geometrías de pilares de sub-longitud de onda en varias capas. En una capa de microestructuras principales 84, que son unos pilares en este ejemplo de realización, se añaden dos capas de microestructuras de sub-longitud de onda secundarias, que están formadas por micropilares 86 y 88 de tamaños  
40 respectivos cada vez más finos. Así, el ancho de los micropilares 86 es inferior al ancho de los pilares 84 y el ancho de los micropilares 88 es inferior al ancho de los micropilares 86. Este modo de realización permite mejorar la adaptación de impedancia, es decir la reducción de pérdidas por reflexión, permitiendo una adaptación de índice progresiva entre el aire y el material. Además, tal componente es más fácil de fabricar que un componente que tiene una sola capa antirreflejo formada por una pluralidad de micropilares muy finos. El ejemplo de la figura 10 consta de  
45 dos capas de microestructuras secundarias, pero se realiza un número de capas en un modo alternativo.

**[0078]** En otro modo de realización, una antena de lente según la invención comprende un sistema dieléctrico constituido por una matriz, cuadrada o más generalmente rectangular, de componentes dieléctricos difractivos que comprende unas microestructuras de sub-longitud de onda tales como se han descrito más arriba. La figura 11  
50 ilustra tal sistema dieléctrico 90 formado por una matriz cuadrada 2x2 de cuatro componentes 92, 94, 96 y 98.

**[0079]** Cada uno de los componentes está formado por zonas o anillos concéntricos  $z_1, z_2, z_3$  et  $z_4$ , estando compuesta cada zona por microestructuras de sub-longitud de onda, por ejemplo unos pilares, como se ha descrito más arriba. La matriz propuesta tiene como ventaja no presentar recubrimiento de un componente sobre otro que la  
55 compone, a la vez que se garantiza la utilización del conjunto de la zona útil (sin zona muerta en la matriz): el conjunto del haz de onda que llega a la matriz es transformado por la matriz, no existe zona entre los componentes de la matriz que no contribuya a la colimación del haz.

**[0080]** La disposición en forma de matriz  $p \times q$  permite miniaturizar más el sistema dieléctrico, ya que para obtener

una apertura numérica dada, la distancia focal y por tanto el diámetro de cada lente de la matriz está dividido por la dimensión  $p$  de la matriz en una dirección y la dimensión  $q$  de la matriz en la otra dirección.

- [0081]** Las figuras de 12 a 14 ilustran otras funcionalidades útiles para las antenas en el ámbito de hiperfrecuencia realizables con unos sistemas dieléctricos difractivos tales como se han descrito más arriba. Estas funcionalidades permiten por ejemplo dirigir el haz en una dirección deseada o cubrir múltiples direcciones y/o podrían ser combinadas con una matriz de fuentes para reducir el grosor de la antena, para obtener unas conexiones punto a multipuntos. La funcionalidad punto a multipuntos se implementa en un nudo de una red capilar por ejemplo.
- 10 **[0082]** La figura 12 ilustra el desvío de las ondas electromagnéticas de hiperfrecuencia por la utilización de un componente dieléctrico que es una lente fuera de eje  $L$  formada por microestructuras de sub-longitud de onda. Las ondas de hiperfrecuencia provienen de la fuente  $S$ . La lente  $L$  desvía los rayos de la fuente para obtener un único haz  $F1$ .
- 15 **[0083]** La figura 13 ilustra una lente  $L'$  formada por microestructuras de sub-longitud de onda que permiten generar dos haces  $F1$ ,  $F2$  a partir de una fuente única  $S$ , con unas distribuciones de energía idénticas o diferentes.
- [0084]** La figura 14 ilustra una realización con una pluralidad de fuentes en un mismo plano,  $S1$ ,  $S2$ , que generan unos haces de ondas hacia un sistema dieléctrico compuesto por una matriz de componentes dieléctricos  $L1$ ,  $L2$ , que permiten obtener dos haces de ondas  $F1$ ,  $F2$ .
- 20 **[0085]** Así, se comprenderá que el término conformar un frente de onda incluye los diversos tipos de conformación de un frente de onda descritos más arriba en referencia a las figuras de 12 a 14, tales como el desvío de un haz de ondas y la separación de un haz de ondas en dos o varios haces de ondas.
- 25 **[0086]** Según una variante no representada en las figuras, se asocian varios componentes dieléctricos difractivos tales como los que se han descrito, por ejemplo unos tras otros con unas capas de aire que los separan, en una antena de lente según la invención.
- 30 **[0087]** Hay que tener en cuenta que los componentes dieléctricos con microestructuras de sub-longitud de onda son igualmente aptos para obtener un mejor rendimiento de enfoque de banda ancha (longitud de onda nominal  $\pm 20\%$ ) que los componentes clásicos de perfil en escalerilla.
- [0088]** De una manera general, una de las ventajas de los componentes dieléctricos según la invención es su fabricación, que se puede efectuar fácilmente para una serie de componentes y con un bajo coste, debido a su dimensionamiento. Es posible fabricar un molde utilizable para una fabricación en serie y por tanto cada componente dieléctrico difractivo se fabrica por moldeado/desmoldeado, en una sola etapa de fabricación.
- 35 **[0089]** Según el ámbito de frecuencia y el tamaño de las antenas, existen diferentes tipos de tecnología de realización de lente en función de los materiales.
- 40 **[0090]** Por ejemplo, los materiales se seleccionan entre los materiales siguientes, para los cuales se indica la permitividad  $\epsilon$  y el índice de refracción  $n$ : Rexolite 1422 ( $\epsilon=2,53$ ,  $n=1,59$ ), Plexiglás  $\epsilon= n=1,6$ , teflón (PTFE -  $\epsilon=2,07$ ,  $n=1,43$ ), Pyrex 7740 ( $\epsilon =4,6$ ,  $n=2,14$ ), Rogers RO3006 ( $\epsilon =6,15$ ,  $n=2,48$ ), Rogers RO301 ( $\epsilon =10,2$ ,  $n=3,19$ ), Alúmina  
45  $Al_2O_3$  ( $\epsilon=9,9$ ,  $n=3,14$ ), Titanato de bario SH110 ( $\epsilon=110$ ,  $n=10,5$ ).
- [0091]** Diversas técnicas de fabricación son posibles, como por ejemplo:
- la fabricación mecánica;
- 50
- el moldeado;
- la sinterización (o la cosinterización a baja temperatura, TLC): en un material compuesto a base de cerámica, se fabrica la forma de base, después se prensa y se cuece a alta temperatura (p.ej. 900 °C), lo que permite retirar el  
55 polímero de la forma de base;
- las técnicas de apilamiento de cerámica o de circuitos impresos;
  - el mecanizado láser.

**[0092]** El punto común de estos modos de fabricación es la facilidad de realización de componentes dieléctricos difractivos con microestructuras de sub-longitud de onda para una antena de lente en gran número y de bajo coste de fabricación.

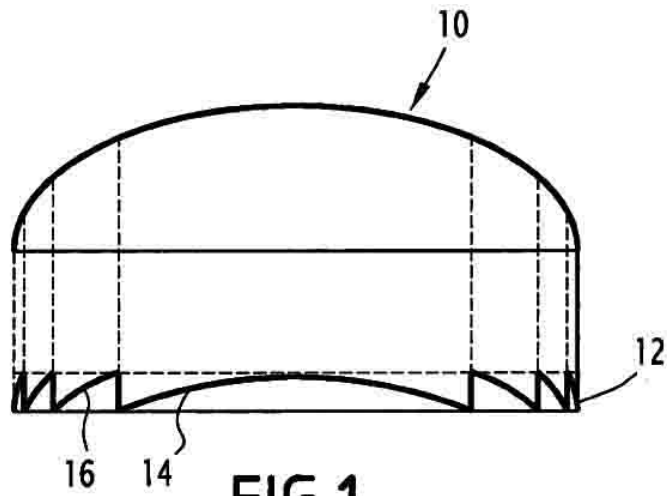
5

## REIVINDICACIONES

1. Antena de lente que consta al menos de un componente dieléctrico difractivo apto para constituir un frente de onda de hiperfrecuencia, procedente de una fuente de hiperfrecuencia, que tenga una longitud de onda comprendida en un intervalo de 1 milímetro a 50 centímetros, estando situada la fuente de hiperfrecuencia a proximidad del centro del componente dieléctrico difractivo, **caracterizada porque** dicho componente dieléctrico difractivo consta de una pluralidad de microestructuras principales (28, 31, 62, 72) formadas en un material sustrato de índice de refracción sustrato ( $n_s$ ) de manera que se forme un material artificial de índice de refracción efectivo ( $n$ ), teniendo cada microestructura principal un tamaño ( $d$ ) inferior a una longitud de onda de destino ( $\lambda_0$ ) tomada en dicho intervalo de longitudes de onda, estando dispuestas dichas microestructuras principales por zonas, de manera que se haga variar una tasa de llenado de superficie, dependiendo el índice de refracción efectivo ( $n$ ) de dicha tasa de llenado de superficie, siendo la disposición tal que el índice de refracción efectivo ( $n$ ) varía en el interior de una denominada zona de dicho componente dieléctrico difractivo de manera casi monótona entre un valor mínimo y un valor máximo inferior o igual al índice de refracción sustrato ( $n_s$ ).
2. Antena de lente según la reivindicación 1, **caracterizada porque** la densidad de microestructuras principales por unidad de superficie varía en una zona de dicho componente dieléctrico, siendo fijado el tamaño ( $d_1$ ) de cada microestructura principal.
3. Antena de lente según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 2, **caracterizada porque** el tamaño ( $d$ ) de dichas microestructuras principales es variable para una zona de dicho componente dieléctrico.
4. Antena de lente según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3, **caracterizada porque** dichas microestructuras principales son de sección cuadrada o circular, de ancho igual a  $K$  veces la longitud de onda de destino ( $\lambda_0$ ) tomada en dicho intervalo de longitudes de onda, estando  $k$  comprendido entre  $1/50$  y  $1/1,5$ .
5. Antena de lente según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 4, **caracterizada porque** dichas microestructuras principales son unos cojinetes formados en saliente sobre dicho material de sustrato y/o unos agujeros formados en dicho material de sustrato.
6. Antena de lente según la reivindicación 5, siendo dichas microestructuras principales unos pilares formados en saliente sobre dicho material de sustrato, **caracterizada porque** dicho componente dieléctrico difractivo consta, además de dichas microestructuras principales (62, 72, 84), además de al menos una capa que consta de unas microestructuras secundarias (64, 74, 86, 88) de tamaño inferior al tamaño de dichas microestructuras principales, estando dichas microestructuras secundarias adaptadas para disminuir las reflexiones de onda de hiperfrecuencia incidente.
7. Antena de lente según la reivindicación 6, **caracterizada porque** dicho componente dieléctrico difractivo consta de varias capas de microestructuras secundarias apiladas, comprendiendo cada capa de microestructuras secundarias de unos pilares (86, 88) formados en saliente sobre dichas microestructuras principales (84) o secundarias (86) de la capa que precede a dicha capa de microestructuras secundarias.
8. Antena de lente según una de las reivindicaciones 6 ó 7, en la cual dichas microestructuras principales están posicionadas en una primera cara de dicho componente dieléctrico difractivo, **caracterizada porque** dicho componente dieléctrico difractivo consta de una capa de microestructuras secundarias posicionada sobre una segunda cara de dicho componente dieléctrico difractivo, opuesta a dicha primera cara.
9. Antena de lente según cualquiera de las reivindicaciones de 5 a 8, **caracterizada porque** dichas microestructuras principales y/o dichas microestructuras secundarias tienen una forma cónica.
10. Antena de lente según una de las reivindicaciones 7 u 8, en la cual dichas microestructuras principales están posicionadas sobre una primera cara de dicho componente dieléctrico difractivo, **caracterizada porque** dicho componente dieléctrico difractivo consta de una capa no difractiva de microestructuras de sub-longitud de onda, que realiza una función de fase asociada, sobre una segunda cara de dicho componente dieléctrico difractivo, opuesta a dicha primera cara.
11. Antena de lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada porque** dicho componente dieléctrico difractivo consta además de una placa dieléctrica neutra (80) de protección de grosor en función de dicha longitud de onda de destino.

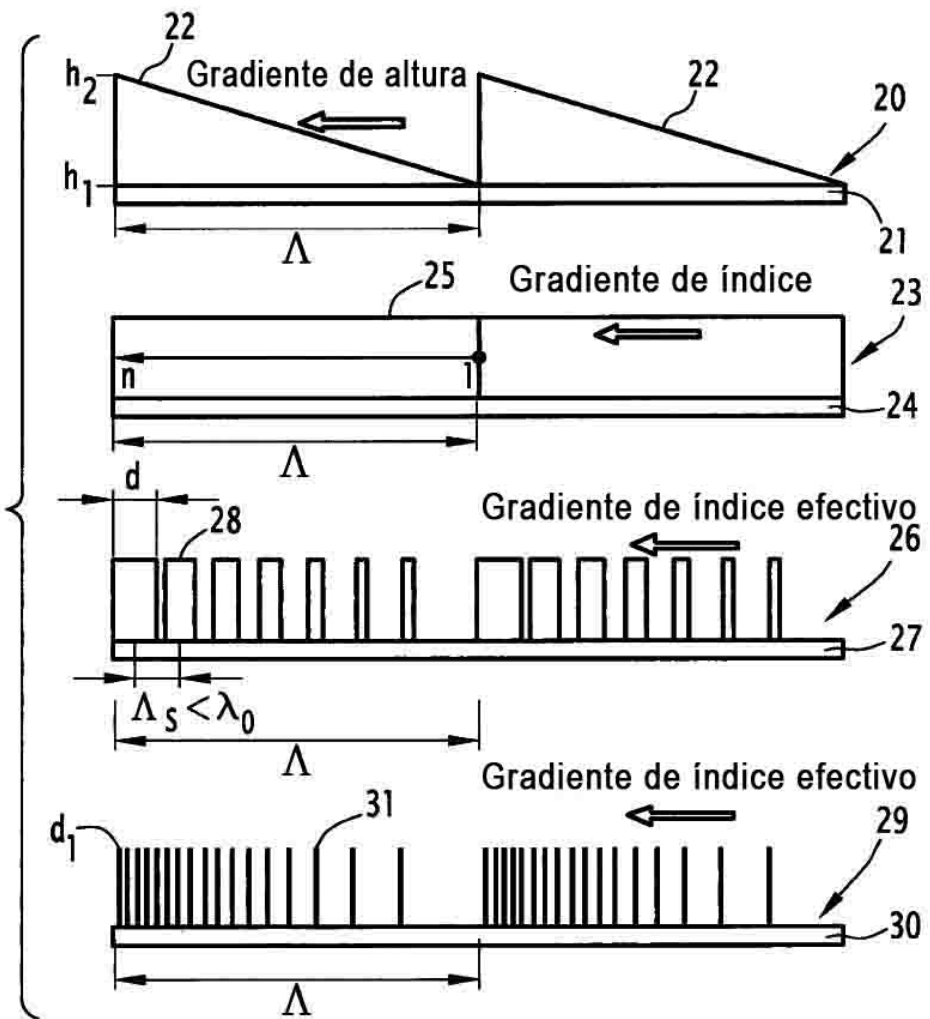
12. Antena de lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada porque** dicho componente dieléctrico difractivo es una matriz rectangular de dichos componentes dieléctricos difractivos de sección cuadrada o rectangular.

5



**FIG. 1**

**FIG. 2**



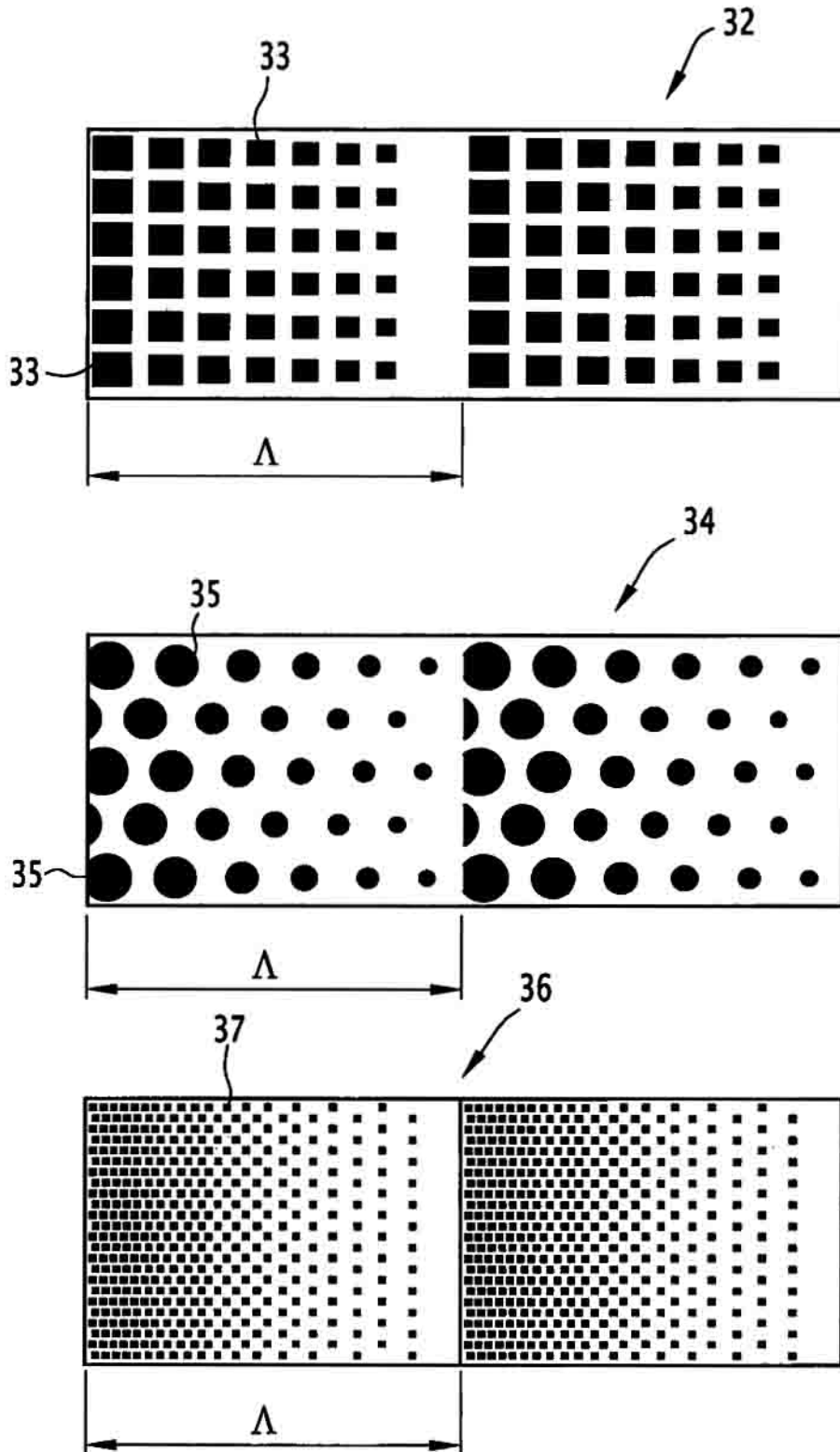
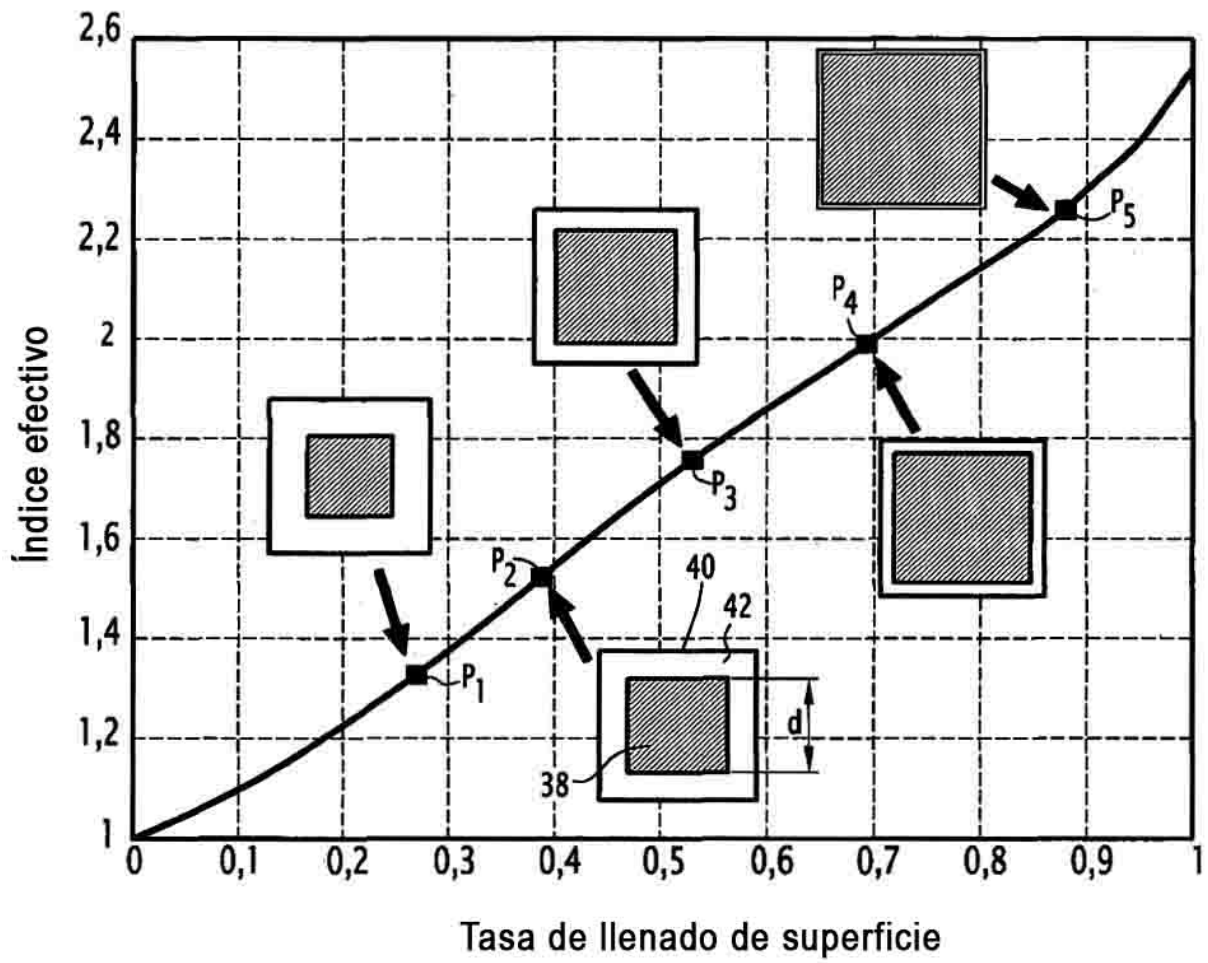
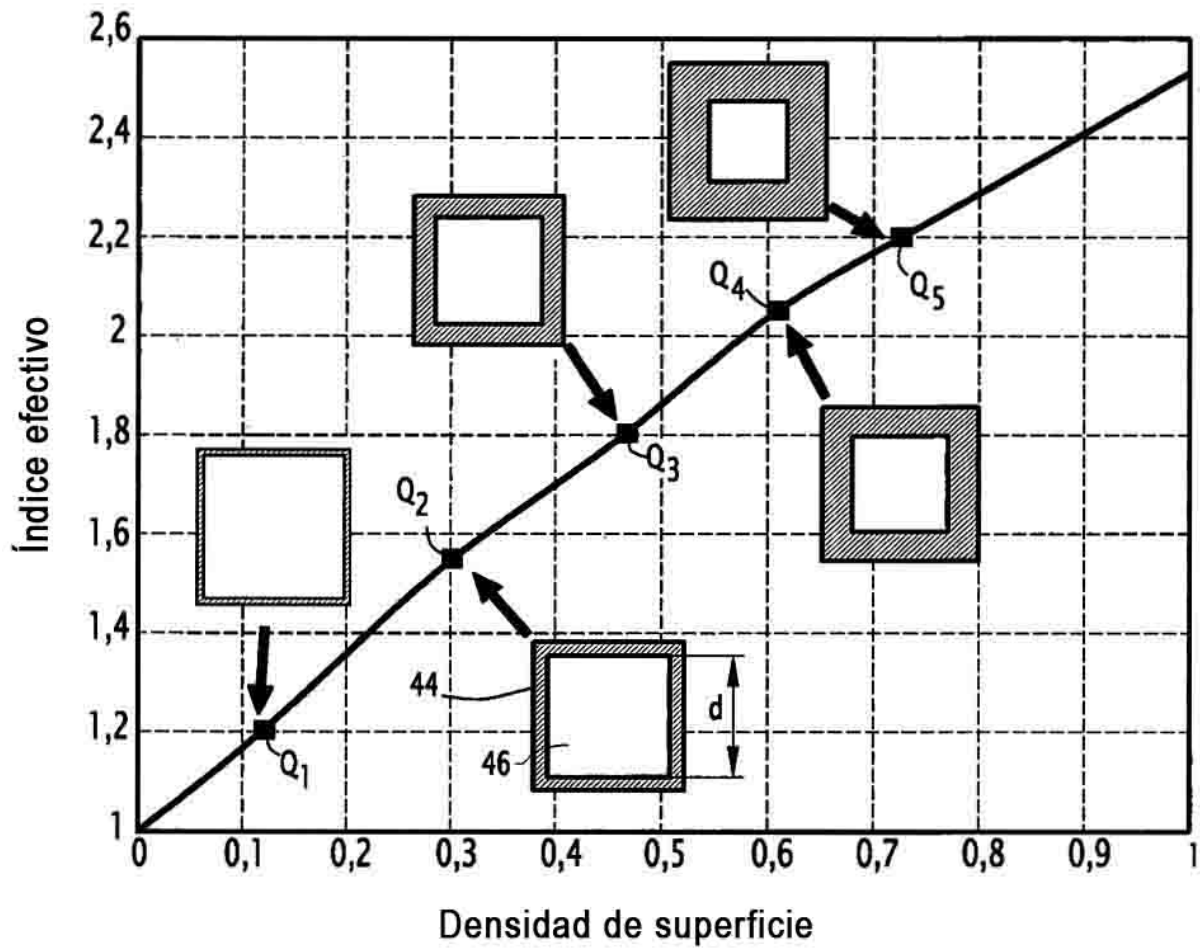


FIG.3

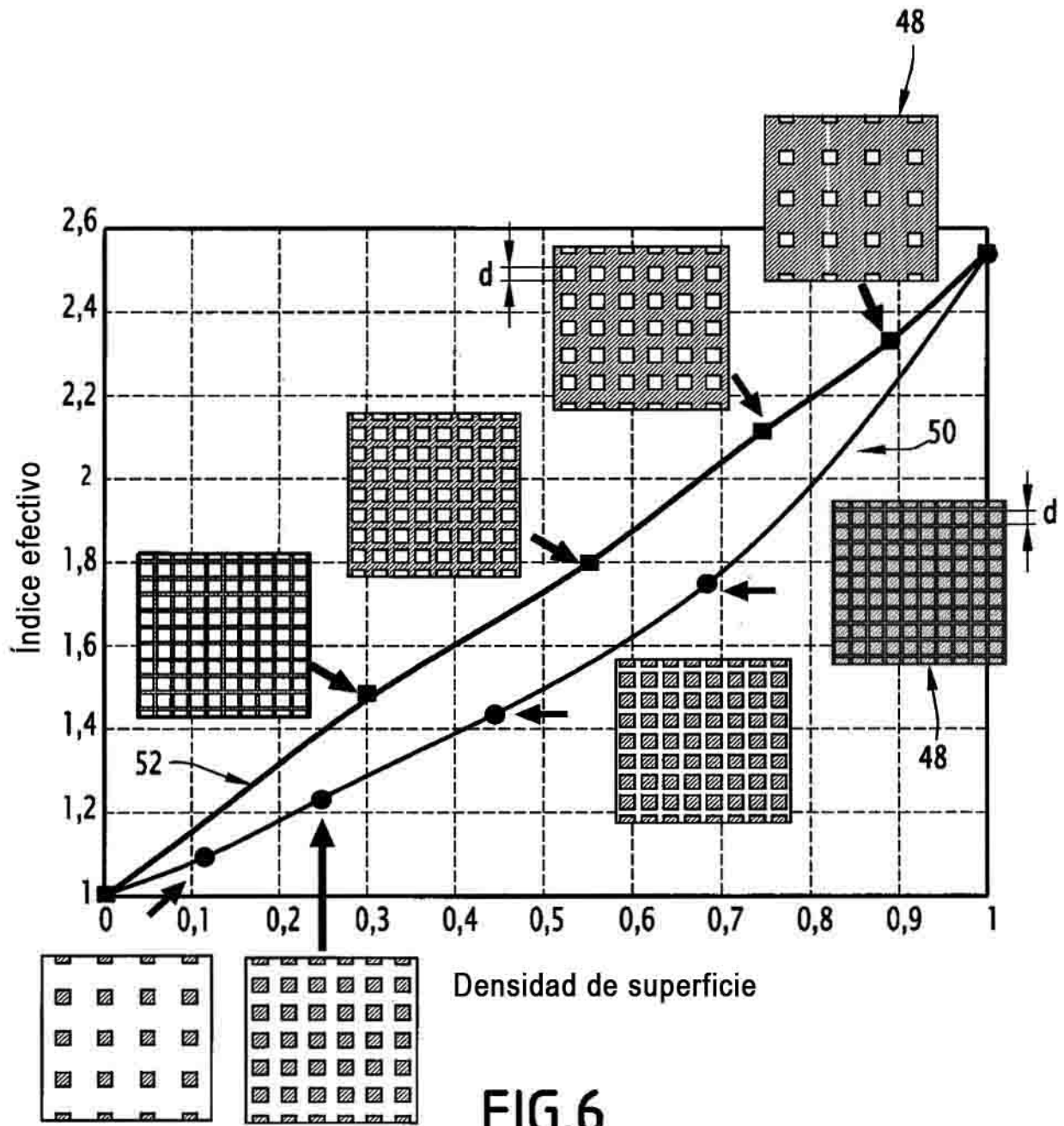




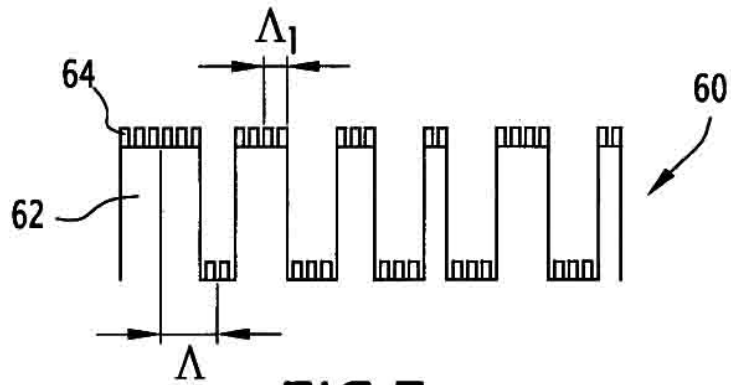
**FIG.4**



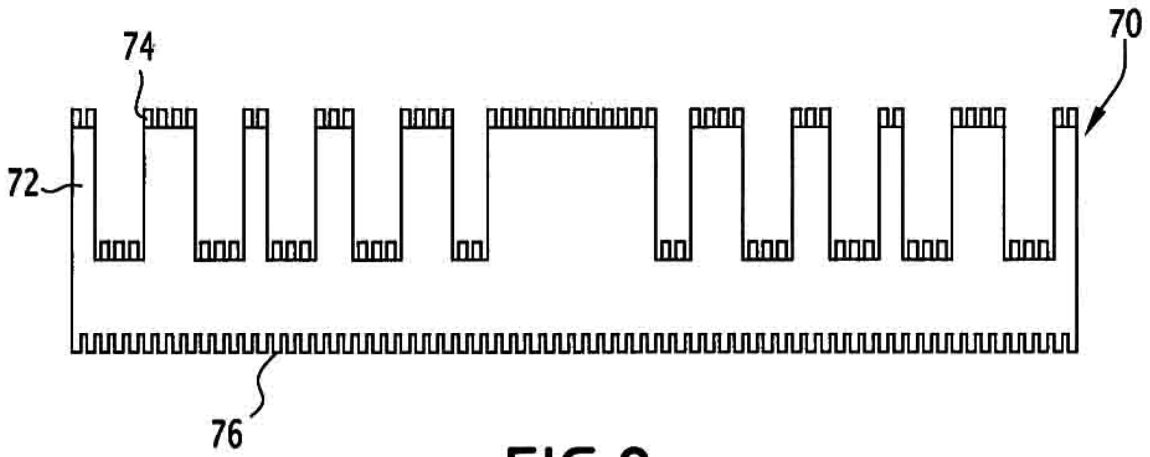
**FIG.5**



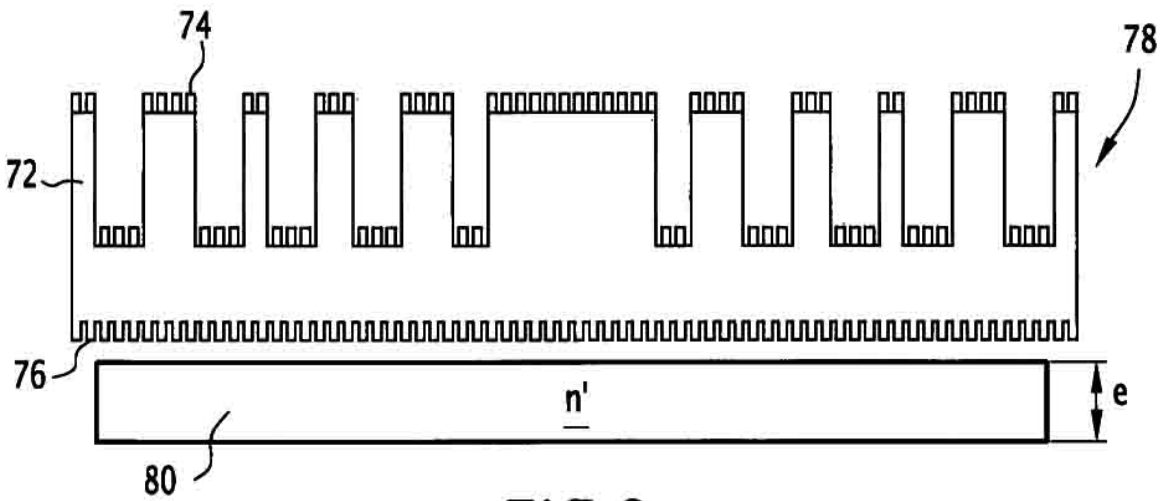
**FIG. 6**



**FIG. 7**



**FIG. 8**



**FIG. 9**

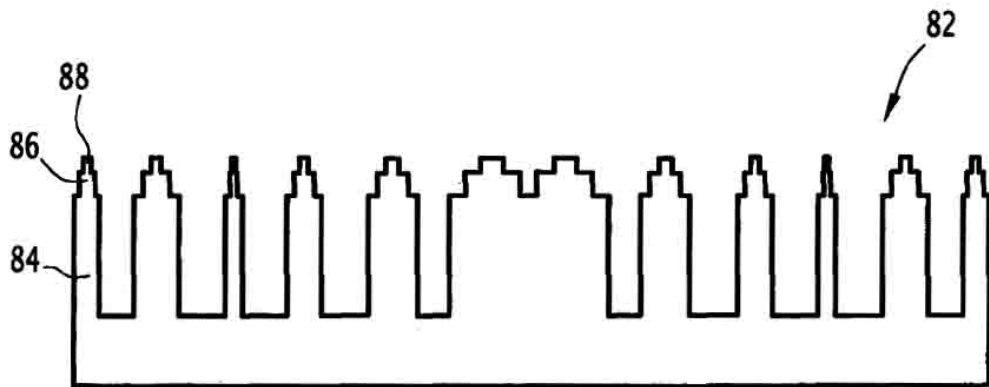


FIG. 10

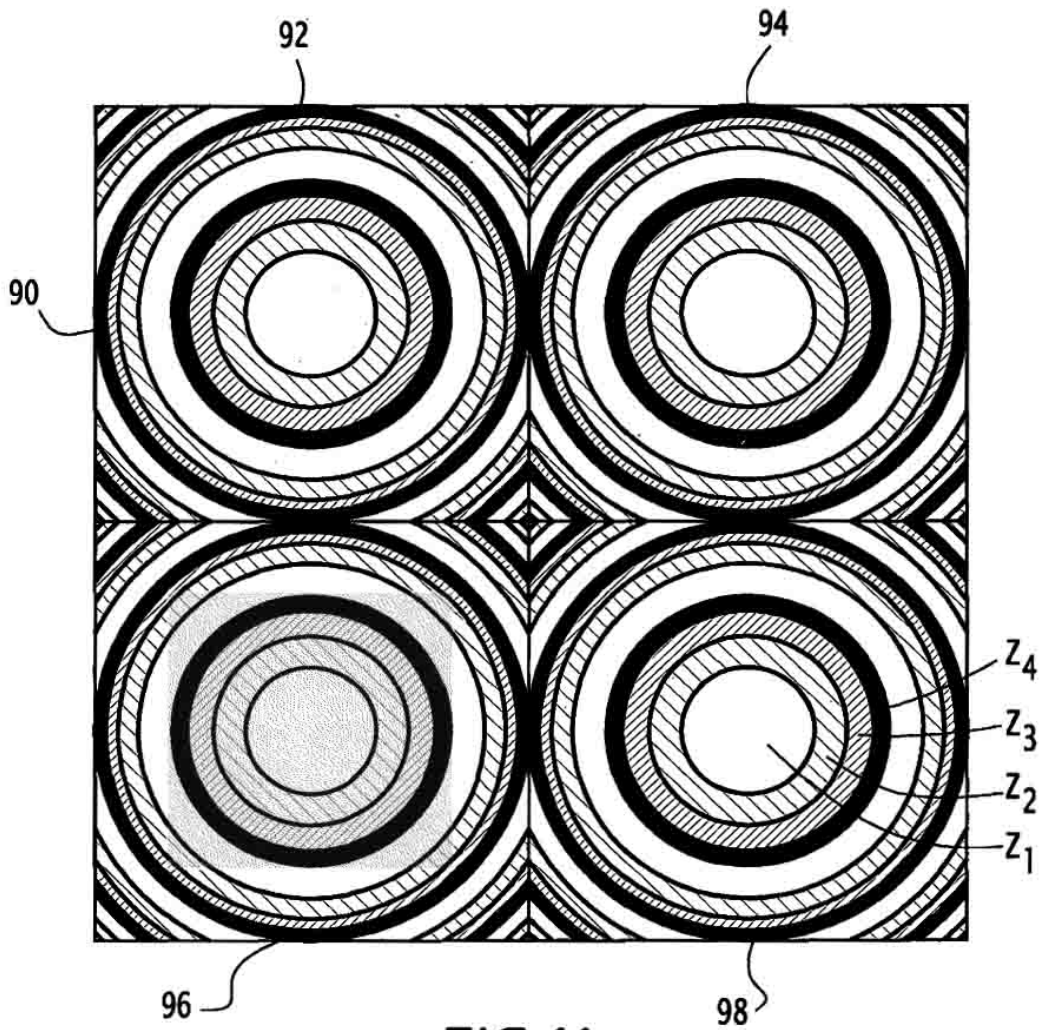
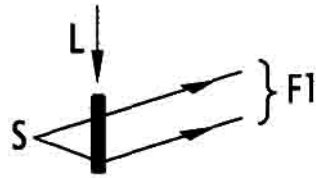
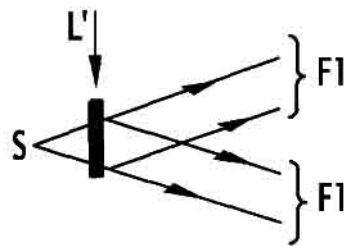


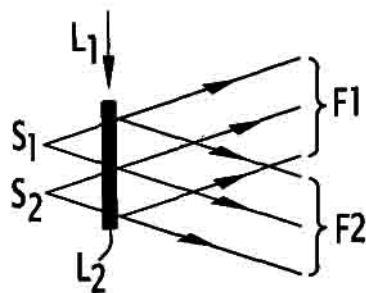
FIG. 11



**FIG.12**



**FIG.13**



**FIG.14**