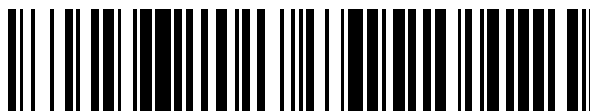


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 575 360**

51 Int. Cl.:

H01Q 15/02 (2006.01)

H01Q 15/10 (2006.01)

H01Q 17/00 (2006.01)

H01Q 19/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2008 E 08152536 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016 EP 1976062**

54 Título: **Lentes de radiofrecuencia y método para suprimir lóbulos laterales**

30 Prioridad:

30.03.2007 US 693817

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

28.06.2016

73 Titular/es:

**EXELIS INC. (100.0%)
2235 Monroe Street
Herndon, VA 20171, US**

72 Inventor/es:

WINSOR, ROBERT SCOTT

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 575 360 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

Lentes de radiofrecuencia y método para suprimir lóbulos laterales

5 Antecedentes de la invención**1. Campo técnico**

10 La presente invención se refiere a lentes para transmisiones de radiofrecuencia. En particular, la presente invención se refiere a una lente de radiofrecuencia (RF) que incluye una estructura de cristal fotónico y suprime características de lóbulos laterales.

2. Discusión de la técnica relacionada

15 Los sistemas de transmisión de radiofrecuencia (RF) por lo general usan antenas parabólicas que reflejan las señales de RF para transmitir un haz colimado saliente. Sin embargo, estos tipos de antenas tienden a transmitir una cantidad de energía sustancial dentro de los lóbulos laterales. Los lóbulos laterales son la parte de un haz de RF que están dictados por difracción cuando sea necesario para propagar el haz desde la abertura de la antena. Por lo general, la supresión de la energía de lóbulos laterales problemática para sistemas de RF que requieren tolerancia a interferencias, y es fundamental para reducir la probabilidad de detectar el haz transmitido (por ejemplo, es menos probable que un haz de RF se detecte, tenga interferencia o sea espiado como respuesta a la supresión de la energía del lóbulo).

25 El documento US 2006/202909 A1 desvela un aparato de antena de RF que comprende una lente dieléctrica que se puede fabricar a partir de un cristal fotónico y el documento US 2002/084869 A1 desvela un dispositivo de manipulación del haz para manipular un haz de RF usando una pluralidad de capas de refracción fabricadas con los de cristal fotónico.

Sumario de la invención

30 La invención se refiere a una lente y un método para manipular un haz de radiofrecuencia de acuerdo con las reivindicaciones independientes.

35 El dispositivo de manipulación del haz puede ser parte de un sistema que incluye la fuente de señal que proporciona el haz de RF.

40 El dispositivo de manipulación del haz está construido con una disposición mecánica liviana de dos o más materiales, en el que los materiales están colocados para formar una estructura de cristal fotónico (por ejemplo, una serie de orificios definidos dentro de un material precursor). El dispositivo de manipulación del haz incluye capas de adaptación de impedancia, aunque una máscara de absorción o de apodización se aplica a la lente para crear un perfil específico de energía a través de la lente. Las capas de adaptación de impedancia y la máscara de apodización incluyen del mismo modo una estructura de cristal fotónico. La función del perfil de energía a través de la abertura de la lente es continua, aunque las derivadas de la función de distribución de energía son continuas del mismo modo. Esta disposición de lentes produce una reducción sustancial de la cantidad de energía que se transmite en los lóbulos laterales de un sistema de RF.

50 La estructura de cristal fotónico de las realizaciones de la presente invención proporciona varias ventajas. En particular, la estructura de la lente proporciona un control preciso del error de fase a través de la abertura (o estrechamiento de fase en la abertura) simplemente cambiando el espaciado y el tamaño de los patrones de orificios. Esto permite un diseño de la lente con cualidades de frente de onda de difracción limitado, asegurando de este modo los haces posibles más estrechos. Además, la naturaleza liviana inherente del material precursor de la lente (y orificios definidos en el mismo) permite la creación de una lente de RF que es más ligera que la de un homólogo sólido correspondiente. La forma estructural de los orificios permite que la lente contenga una integridad estructural mayor en las partes del reborde que la de una lente con una función similar que por lo general es fina en los bordes. Este tipo de lentes de borde fino pueden soltarse ligeramente, creando de este modo errores dentro del frente de onda. Además, la estructura de cristal fotónico por lo general es lisa o plana, proporcionando de este modo una fabricación sencilla, preferentemente a través del uso de técnicas de fabricación asistida por ordenador. Además, la estructura de cristal fotónico efectúa la dirección de todo el haz de RF sin crear lóbulos laterales (o con estos básicamente reducidos).

60 Las características y ventajas mencionadas anteriormente y además adicionales de la presente invención serán evidentes después de considerar la siguiente descripción detallada de realizaciones específicas de la misma, en particular cuando se toma en conjunto con las figuras adjuntas en las que los números de referencia similares en las diversas figuras se utilizan para designar componentes similares.

65

Breve descripción de las figuras

- La Fig. 1 es una ilustración esquemática de una lente de RF de una realización de la presente invención que está siendo iluminada por una fuente de señal de RF.
- 5 Las Figs. 2A - 2C son vistas en alzado de estructuras de cristal fotónico a modo de ejemplo del tipo empleado por las lentes de las realizaciones de la presente invención.
- La Fig. 3A es una vista lateral en alzado de una lente óptica a modo de ejemplo.
- La Fig. 3B es una ilustración en diagrama de un haz que se está siendo dirigido por una parte inferior de la lente de la Fig. 3A.
- 10 La Fig. 4 es una vista lateral en alzado de una parte de la lente de la Fig. 3A.
- La Fig. 5 es una ilustración gráfica de un patrón de intensidad de campo lejano generado por una antena parabólica convencional.
- La Fig. 6 es una ilustración gráfica de un patrón de intensidad de campo lejano generado por la lente de una realización de la presente invención.
- 15 La Fig. 7 es una ilustración gráfica de un perfil de sección transversal de los patrones de intensidad de campo lejano de las Figs. 5 - 6.
- La Fig. 8 es una ilustración gráfica de perfiles de apodización de un haz a lo largo de los ejes cartesianos (por ejemplo, X e Y) de una abertura de una antena parabólica convencional y de una lente de una realización de la presente invención.
- 20 La Fig. 9 es una ilustración gráfica del factor de atenuación de apodización necesario para conseguir una función de iluminación de abertura.

Descripción detallada de las realizaciones preferentes

- 25 Las realizaciones de la presente invención se refieren a una lente de radiofrecuencia (RF) que incluye una estructura de cristal fotónico y suprime características de lóbulo lateral. Una lente a modo de ejemplo de acuerdo con una realización de la presente invención que está siendo iluminada por una fuente de señal de RF o Bocina de alimentación se ilustra en la Fig. 1. de forma específica, la configuración incluye una fuente de señal 26 y una lente de RF 20 de acuerdo con una realización de la presente invención. La fuente de señal 26 se puede implementar mediante cualquier fuente de señal convencional o cualquier otra fuente de señal (por ejemplo, bocina de alimentación, antena, etc.) y preferentemente proporciona una señal o haz de RF 28. La lente 20 recibe el haz de RF desde la fuente de señal 26 y refracta el haz para producir un de RF colimado 30. La lente 20 se puede utilizar para cualquier transmisión y/o sistema de recepción de RF.

- 35 La lente 20 incluye una parte o capa de la lente 10, una pluralidad de capas de adaptación de impedancia 22 y una capa o máscara de absorción o apodización 24. La capa de lente 10 está colocada entre y unida a capas de adaptación de impedancia 22. La capa de absorción 24 está unida a la capa de adaptación de impedancia enfrente de la fuente de señal 26, en la que el haz de RF 28 entra en la lente 20 y atraviesa la capa de absorción 24, la capa de adaptación de impedancia 22 y la capa de la lente 10, y sale a través de la capa de adaptación de impedancia
- 40 restante como un haz colimado. Sin embargo, las capas de la lente 20 pueden tener cualquier cantidad, forma o tamaño, se pueden colocar de cualquier manera adecuada y se pueden unir mediante cualquier técnica convencional u otras técnicas adecuadas (por ejemplo, adhesivos, etc.).

- La capa de la lente 10 incluye una estructura de cristal fotónico. Una estructura de cristal fotónico a modo de ejemplo para la capa de la lente 10 se ilustra en la Fig. 2A. Inicialmente, las estructuras de cristal fotónico utilizan diversos materiales, en las que las dimensiones características de, y espaciado entre, los materiales son por lo general del orden de, o inferior a, la longitud de onda de una señal (o fotón) de interés (por ejemplo, para las que se diseña el material). Por lo general, los materiales incluyen constantes dieléctricas variables. Algunas estructuras de cristal fotónico se pueden modificar por ingeniería para incluir características de tamaño, peso informa que son deseables para ciertas aplicaciones. De forma específica, la capa de la lente 10 está formada por definición de una serie de orificios 14 dentro de un material precursor 12, preferentemente mediante técnicas de perforación. Sin embargo, los orificios se pueden definir alternativamente dentro del material precursor mediante cualquier técnica o máquina convencionales (por ejemplo, fabricación asistida por ordenador, maquinas bidimensionales, corte con chorro de agua, corte con láser, etc.). En este caso, los dos materiales que construyen la estructura de cristal fotónico incluyen
- 50 aire (o posiblemente vacío para aplicaciones espaciales) y el material precursor 12. El material precursor es preferentemente un laminado de RF e incluye una constante dieléctrica elevada (por ejemplo, en el intervalo de 10 - 12). El material precursor puede incluir como alternativa plásticos, un polietileno de alta densidad, vidrio u otros materiales con una tangente de pérdida baja en el intervalo de frecuencia de interés y una constante dieléctrica adecuada. La colocación del orificio se puede ajustar para alterar el comportamiento de la capa de la lente como se describe a continuación.
- 60

- El material precursor 12 puede ser de cualquier forma o tamaño adecuados. A modo de ejemplo solamente, el material precursor 12 es sustancialmente cilíndrico en la forma de un disco que incluye una región interna 16 colocada cerca del centro del disco y una región externa 18 colocada hacia la periferia del disco. Los orificios 14 se definen dentro de regiones interna y externa 16, 18. Los orificios se definen generalmente a través del material precursor en la dirección de (o sustancialmente paralelos a) la trayectoria de propagación del haz (por ejemplo, a lo
- 65

largo de un eje de propagación, o a partir de la superficie frontal de la lente a través del espesor de la lente hacia la superficie posterior de la lente). Los orificios 14 dentro de la región externa 18 incluyen dimensiones inferiores a las de la longitud de onda de la señal o haz de interés, mientras que el espaciado entre esos orificios es del mismo modo del orden de o inferiores a los de la longitud de onda de la señal de interés. Por ejemplo, se puede usar una

5 dimensión del orificio y un espaciado para un inferior a un centímetro para un haz de RF con una frecuencia de 30 gigahercios (GHz). Una mayor eficacia de la lente se puede conseguir reduciendo las dimensiones y espaciando los orificios con respecto a la longitud de onda de la señal de interés como se describe a continuación.

A medida que un fotón alcanza el material 12, un campo electromagnético cercano al material experimenta esencialmente un efecto de creación de promedio a partir de las constantes dieléctricas variables de los dos materiales (por ejemplo, el material 12 y aire) y los efectos dieléctricos resultantes de esos materiales son proporcionales a la media de las capacidades volumétricas de los materiales dentro de la capa de la lente. En otras palabras, los efectos dieléctricos resultantes son comparables a los de un dieléctrico con una constante derivada de un promedio ponderado de las constantes del material, en el que las constantes del material se ponderan basándose en el porcentaje de la capacidad volumétrica correspondiente del material con respecto al volumen de la estructura. Por ejemplo, una estructura que incluye un 60 % en volumen de un material con una constante dieléctrica de 11,0 y un 40 % en volumen de material con una constante dieléctrica 6,0 proporcionar propiedades de un dieléctrico con una constante de 9,0 (por ejemplo, $(60 \% \times 11,0) + (40 \% \times 6,0) = 6,6 + 2,4 = 9,0$).

10 Dado que una lente óptica incluye material de mayor refracción cerca de la parte central de la lente que que cerca del borde de la lente, la estructura de cristal fotónico para la capa de la lente 10 se construye del mismo modo para que incluya (o emule) esta propiedad. En consecuencia, los orificios 14 definidos dentro de la región externa 18 están espaciados significativamente más cerca en conjunto que los orificios 14 definidos dentro de la región interna 16. El espacio de los orificios 14 y sus diámetros correspondientes se pueden ajustar como una función del radio de la estructura para crear un efecto de lente desde toda la estructura. Por lo tanto, los campos electromagnéticos producidos por la estructura de cristal fotónico esencialmente emulan los efectos de la lente óptica y permiten que todo el haz se pueda dirigir o refractar. Dado que la estructura de cristal fotónico es generalmente plana o lisa, la estructura de cristal fotónico es sencilla de fabricar y se puede realizar mediante el uso de técnicas de fabricación asistida por ordenador como se ha descrito anteriormente.

20 La manera en la que los orificios 14 se definen en la capa de la lente 10 se basa en la dirección o refracción deseadas del haz de RF. Una lente óptica a modo de ejemplo 25 que dirige o refracta un haz se ilustra en las Figs. 3A - 3B y 4. Inicialmente, la lente 25 es sustancialmente circular e incluye superficies o caras generalmente curvadas o esféricas. La lente se puede considerar como una pluralidad de secciones diferenciales 61 para fines de descripción del efecto de dirección. Cada sección diferencial 61 de la lente 25 (Fig. 3A) incluye una sección transversa generalmente trapezoidal y dirige un haz como si la lente fuera realmente un prisma cuneiforme, en el que un ángulo cuneiforme equivalente para esa sección es una función de la distancia de la sección diferencial desde el centro de la lente (por ejemplo, el ángulo cuneiforme se mide con respecto a una tangente superficial para las superficies curvadas de la lente). En otras palabras, un haz se refracta de acuerdo con un gradiente de superficie local de la lente de una manera básicamente similar a la refracción desde una superficie plana.

De forma específica, un haz 7 se dirige para atravesar la lente 25. La propagación del haz que sale de la lente se puede determinar a partir de la Ley de Snell como sigue a continuación.

$$n_1 \text{ sen } \theta_1 = n_2 \text{ sen } \theta_2 \quad \text{(Ecuación 1)}$$

45 en la que n_1 es el índice de refracción del primer material atravesado por el haz, n_2 es el índice de refracción del segundo material atravesado por el haz, θ_1 es el ángulo del haz entra en el segundo material, y θ_2 es el ángulo del haz refractado dentro de ese material. Los ángulos de dirección de interés para el haz 7 dirigidos hacia la lente 25 se determinan con respecto al eje de propagación 60 (por ejemplo, un eje perpendicular y que se extiende a través del frente de la lente y las caras posteriores) y de acuerdo con la Ley de Snell. Por lo tanto, cada una de las ecuaciones basadas en la Ley de Snell (por ejemplo, como se visualiza en la Fig. 3B) tiene dos ángulos de la ecuación ajustados por el ángulo cuneiforme (por ejemplo, β como se visualiza en la Fig. 3B) para conseguir el valor de dirección del haz con respecto al eje de propagación como se describe a continuación.

55 El haz 7 entra en la lente 25 a un ángulo, θ_{1A} , que está dentro de un plano que contiene el eje óptico 80 para la lente (por ejemplo, la línea o eje vertical a través del centro de la lente desde la parte más fina hasta la parte más gruesa) y el eje de propagación de la lente 60. Este ángulo es el ángulo de la entrada del haz. Dado que la lente 25 cambia la refracción con una función del radio desde el centro de la lente, un haz es normal al punto en particular sobre el que incide el haz. En consecuencia, el ángulo de la entrada del haz, θ_{1A} , con respecto al eje de propagación 60 es simplemente el ángulo cuneiforme; β , de la lente (por ejemplo, $\theta_{1A} = -\beta$ como se visualiza en la Fig. 3B). El haz se refracta a un ángulo, θ_{2A} , con respecto a la normal de la superficie 70 de la superficie frontal de la lente se determina basándose en la Ley de Snell como sigue a continuación.

$$\theta_{2A} = \left(\text{sen}^{-1} \left(\frac{n_{\text{aire}} \text{sen}(\theta_{1A})}{\bar{n}} \right) \right) \quad \text{(Ecuación 2)}$$

en la que n_{aire} es el índice de refracción del aire, \bar{n} es el índice medio de refracción del material de la lente en la posición radial del impacto descrita a continuación y θ_{1A} es el ángulo de entrada del haz.

5 El haz atraviesa la lente y se dirige hacia la superficie posterior de la lente a un ángulo, θ_{1B} , con respecto a la normal de la superficie 70 de esa superficie posterior. Este ángulo es el ángulo de refracción por la superficie frontal de la lente, θ_{2A} , combinado con ángulos cuneiformes, β , desde las superficies de la lente frontal y posterior y se puede expresar como sigue a continuación.

10

$$\theta_{1B} = \theta_{2A} + 2\beta \quad \text{(Ecuación 3)}$$

El haz atraviesa la superficie posterior de la lente y se refracta a un ángulo, θ_{2B} , con respecto a la normal de la superficie 70 de la superficie posterior de la lente y se determina basándose en la Ley de Snell como sigue a continuación.

15

$$\theta_{2B} = \left(\text{sen}^{-1} \left(\frac{\bar{n}}{n_{\text{aire}}} \text{sen}(\theta_{1B}) \right) \right) \quad \text{(Ecuación 4)}$$

en la que \bar{n} es el índice medio de refracción del material de la lente en la posición radial del impacto que se describe a continuación, n_{aire} es el índice de refracción del aire, y θ_{1B} es el ángulo de entrada del haz. El ángulo de refracción, θ_{2B} , con respecto al eje de propagación 60 es simplemente el ángulo refractado con respecto a la normal de la superficie 70 de la superficie posterior de la lente, θ_{2B} , menos el ángulo cuneiforme, β , de la superficie posterior de la lente (por ejemplo, como se visualiza en la Fig. 3B) y se puede expresar como sigue a continuación.

20

$$\theta_R = \theta_{2B} - \beta = \text{sen}^{-1} \left(\frac{\bar{n}}{n_{\text{aire}}} \text{sen} \left(\text{sen}^{-1} \left(\frac{n_{\text{aire}} \text{sen}(-\beta)}{n_M} \right) + 2\beta \right) \right) - \beta \quad \text{(Ecuación 5)}$$

25

Haciendo referencia a la Fig. 4, la sección transversal de una sección diferencial 61 de la lente óptica a modo de ejemplo 25 es simétrica alrededor de un plano perpendicular al eje de propagación 60. Por lo general, la lente incluye un espesor nominal, t_{borde} , en la periferia de la lente. El material de la lente incluye un índice de refracción, n_1 , mientras que el medio circundante (por ejemplo, aire) incluye un índice de refracción, n_0 , por lo general aproximado a 1,00. Un índice medio de refracción para la lente 25 se puede determinar a partir de una sección diferencial 61 o línea (por ejemplo, a lo largo de la línea de puntos discontinua como se visualiza en la Fig. 4) como una función de la distancia, r , de esa línea desde el centro de la lente 25 (por ejemplo, como se visualiza en la Fig. 4) como sigue a continuación (por ejemplo, un promedio ponderado del índice de los valores de refracción para segmentos de línea a lo largo de la línea basándose en la longitud del segmento de la línea).

35

$$\bar{n}(r) = \frac{2n_1 \left(r - \sqrt{R_c^2 - D^2/4} \right) + 2n_0 \left(C_t - \left(r - \sqrt{R_c^2 - D^2/4} \right) \right)}{C_t - t_{\text{borde}}} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

en la que n_1 es el índice de refracción de la lente 25, n_0 es el índice de refracción del aire, R_c es el radio de curvatura de la superficie de la lente, D es el diámetro de la lente, C_t es el espesor central de la lente, t_{borde} es el espesor del borde de la lente y β es el ángulo cuneiforme de la sección 61. El espesor del borde, t_{borde} , de la lente 25 no contribuye al índice medio de refracción ya que el índice de refracción de la lente permanece relativamente constante en las áreas incluidas por el espesor del borde (por ejemplo, entre las líneas de puntos verticales como se visualiza en la Fig. 4).

45

El ángulo cuneiforme, β , es una función de la distancia, r , desde el centro de la lente como sigue a continuación,

$$\beta(r) = \arccos(r/R_c) \quad \text{(Ecuación 7)}$$

5 en la que R_c es el radio de curvatura de la superficie de la lente. En consecuencia, el índice medio de refracción se puede expresar como una función del ángulo cuneiforme, β , como sigue a continuación.

$$\bar{n}(\beta) = \frac{2n_1(R_c \cos(\beta) - \sqrt{R_c^2 - D^2/4}) + 2n_0(C_t - (R_c \cos(\beta) - \sqrt{R_c^2 - D^2/4}))}{C_t - t_{\text{borde}}} \quad \text{(Ecuación 8)}$$

10 en la que n_1 es el índice de refracción de la lente 25, n_0 es el índice de refracción del aire, R_c es el radio de curvatura de la superficie de la lente, D es el diámetro de la lente, C_t es el espesor del centro de la lente, t_{borde} es el espesor del borde de la lente y β es el ángulo cuneiforme de la sección 61. Por lo tanto, una lente de cristal fotónico con un perfil de índice de refracción en particular proporciona las mismas características de dirección del haz que la lente 25 (o secciones 61) con ángulos cuneiformes, β , derivados de la Ecuación 8.

15 El índice medio de refracción para la lente 25 es una función del radio o la distancia, r , desde el centro de la lente. Esta función no es un valor constante, sino que en su lugar sigue una función que necesita conseguir los requisitos de la lente. La función de una lente óptica es cualquiera de una luz colimada por el foco en una alimentación o para volver a formar imágenes de la energía desde una alimentación a otra. Para el caso de enfoque de luz colimada, la curvatura de los rayos sigue una fórmula sencilla. Un rayo que incide en la lente óptica a un radio o distancia, r , desde el centro de la lente se desvía con un ángulo, θ_L , que es una función de la longitud focal de la lente, F_l , como sigue a continuación.

$$\theta_L = \arctan\left(\frac{r}{F_l}\right) \quad \text{(Ecuación 9)}$$

25 Como se ha descrito anteriormente, la Ecuación 5 proporciona el ángulo del haz dirigido o refractado, θ_R , basándose en la Ley de Snell.

30 Las propiedades para la capa de la lente 10 se pueden obtener de forma interactiva a partir de las ecuaciones mencionadas anteriormente, en las que el índice de refracción para una estructura de cristal fotónico es equivalente a la raíz cuadrada de la constante dieléctrica como se ha descrito anteriormente. En particular con el proceso comienza con una función de la lente óptica conocida o deseada para emulación por la lente 20 (por ejemplo, la Ecuación 9) y los requisitos o propiedades para la longitud focal de la lente óptica. Un valor radial dado, r , se utiliza para obtener el ángulo de desviación, θ_L , a partir de la Ecuación 9, en la que el ángulo de desviación está igualado con el ángulo de refracción, θ_R , y se inserta en la Ecuación 5. Dado que el índice medio de refracción es una función del ángulo cuneiforme, β , el ángulo cuneiforme y/o índice medio de refracción requeridos para realizar la función de la lente para el valor radial se puede determinar a partir de la Ecuación 8. Este proceso se realiza de forma interactiva para valores radiales, r , para proporcionar un el fin de índice de refracción para la lente (por ejemplo, el índice medio de refracción para posiciones radiales en la lente).

40 Para crear la lente de cristal fotónico 20 que emula las propiedades físicas de la lente 25, los orificios 14 se colocan dentro del material precursor 12 (Fig. 2A) de la lente 20 para crear el perfil de índice medio de refracción descrito anteriormente. La lente 20 por lo general incluye caras frontales y posteriores sustancialmente planas normales al eje de propagación (o dirección de la trayectoria de propagación del haz) y emula las propiedades físicas de la lente óptica a través de campos eléctricos producidos. Sin embargo, el índice de refracción para una lente de cristal fotónico es equivalente a la raíz cuadrada de la constante dieléctrica de la lente (por ejemplo, para materiales que presentan agentes de pérdida baja que son preferentes para refracción o dirección de haces de RF). En el caso de materiales que incluyen absorción o dispersión significativas, el índice de refracción es un valor complejo con componentes reales e imaginarios. El componente imaginario proporciona una medida de la pérdida. Dado que la magnitud del componente imaginario (o pérdida) le quita valor al componente real (o constante dieléctrica), la constante dieléctrica se diferencia de la relación mencionada anteriormente como respuesta a pérdidas significativas.

El índice de refracción eficaz a lo largo de una parte o línea de la lente de cristal fotónico se obtiene tomando el índice de refracción volumétrico medio a lo largo de esa línea (por ejemplo, un promedio ponderado del índice de refracción (o constantes dieléctricas de los materiales y orificios) a lo largo de la línea basándose en el volumen de una manera similar a la que se ha descrito anteriormente). El ángulo de dirección, θ_R , de la lente de cristal fotónico resultante se puede determinar basándose en la Ley de Snell utilizando el índice de refracción eficaz n_{ef} de la lente de cristal fotónico como el índice medio de refracción, \bar{n} , dentro de la Ecuación 5 descrita anteriormente. La determinación volumétrica promedio consideraría las regiones por encima y por debajo de la línea (por ejemplo, análogo al valor de la distancia, r , descrita anteriormente). La forma física de los orificios puede variar dependiendo del proceso de fabricación. Un proceso de fabricación a modo de ejemplo incluye perforado de orificios en los materiales del prisma.

La orientación de los orificios definidos en la lente de cristal fotónico puede ser normal a las áreas frontal y posterior de la lente (por ejemplo, en una dirección del eje o trayectoria de propagación del haz). Las dimensiones de los orificios son lo suficientemente pequeñas como para permitir campos electromagnéticos de fotones (por ejemplo, manipulados con la estructura de cristal fotónico) a influir mediante el índice medio de refracción sobre el volumen de la lente que interactúa con o manipulando los fotones. Por lo general, el diámetro de los orificios no supera (por ejemplo, inferior o igual a) un cuarto de la longitud de onda del haz de interés, mientras que el espacio entre los orificios no supera (por ejemplo, inferior o igual a) la longitud de onda de ese haz.

En consecuencia, un volumen de interacción para la lente de cristal fotónico incluye una onda cuadrada (por ejemplo, un área definida por el cuadrado de la longitud de onda del haz) como se visualiza normal al eje de propagación. Dado que algunos cambios en la estructura de cristal fotónico pueden crear una desadaptación de la impedancia a lo largo del eje de propagación, la longitud o espesor de la interacción de la lente de cristal fotónico incluye una dimensión corta. Por lo general, esta dimensión de la lente de cristal fotónico a lo largo del eje de propagación (por ejemplo, o espesor) no debe exceder 1/16 de la longitud de onda del haz para evitar el impacto de la propagación excesivamente (por ejemplo, produciendo nuevas reflexiones o resonancias de etalon). Por lo tanto, la perforación de orificios a través del espesor del material es beneficiosa ya que esta técnica asegura cambios mínimos en el índice de refracción a lo largo del eje de propagación.

A modo de ejemplo, un espaciado de los orificios en el material precursor que proporciona un índice de refracción medio mínimo (por ejemplo, definido por el mayor diámetro del orificio permitido y determinado por la longitud de onda de operación como se descritos anteriormente) incluye los orificios espaciados entre sí en una disposición hexagonal de triángulos ecuatoriales (por ejemplo, cada orificio en un vértice correspondiente de un triángulo) con un espesor mínimo de la pared entre orificios para proporcionar una resistencia mecánica adecuada. Se trata de un espaciado de orificios que coincide con la parte más delgada de una lente convencional.

Por el contrario, un espaciado de los orificios dentro del material precursor que puede proporcionar el índice medio de refracción más elevado es una lente de cristal fotónico sin la presencia de orificios. Sin embargo, la necesidad de un índice medio de refracción que cambia ligeramente y un control eficaz de la dirección de la energía del haz puede poner limitaciones en esta configuración. Si la lente de cristal fotónico está configurada para incluir orificios del mismo tamaño (por ejemplo, ya que puede ser económicamente factible debido a limitaciones de fabricación en máquinas, tales como centros de perforación automatizados), el índice medio de refracción máximo se obtendría con un mínimo de un orificio por volumen de interacción. Esta región de la lente de cristal fotónico corresponde a la parte más gruesa de la lente 25.

Haciendo referencia de nuevo a la Fig. 1, el uso de un material precursor con un valor elevado de constante dieléctrica para la capa de la lente 10 da como resultado una lente más ligera, pero tiende a producir la lente sin la propiedad de adaptación de impedancia. La falta de adaptación de impedancia crea reflejos superficiales y, por último, requiere más energía para operar un sistema de RF. En consecuencia, la lente 20 incluye capas de adaptación de impedancia 22 aplicadas a la capa del lente de cristal fotónico 10 para minimizar estas reflexiones. La constante dieléctrica ideal de las capas de adaptación de impedancia 22 es la raíz cuadrada de la constante dieléctrica de la capa de la lente 10. Sin embargo, debido al espaciado entre orificios variable en la capa de la lente (por ejemplo, dentro de las regiones interna y externa 16, 18) como se ha descrito anteriormente, la constante dieléctrica de la capa de la lente es variable.

Para compensar la constante dieléctrica variable de la capa de la lente, las capas de adaptación de impedancia 22 incluyen del mismo modo una estructura de cristal fotónico (Fig. 2B). Esta estructura se puede construir de la manera que se ha descrito anteriormente para la capa de la lente e incluye un material precursor 32 con una constante dieléctrica media que se aproxima a la raíz cuadrada de la constante dieléctrica media del material precursor 12 usado para la capa de la lente 10. El material precursor puede tener cualquier forma o tamaño y puede ser de cualquier material adecuado, incluyendo las propiedades deseadas de constante dieléctrica. A modo de ejemplo solamente, el material precursor 32 es sustancialmente cilíndrico en forma de un disco con superficies frontal y posterior sustancialmente planas.

Las capas de adaptación de impedancia 22 incluyen por lo general un patrón de espaciado de orificios similar al de la capa de la lente 10, pero con variaciones menores para asegurar una relación correcta de raíz cuadrada entre la constante dieléctrica media local de la capa de la lente y la correspondiente constante dieléctrica media local de las capas de adaptación de impedancia. En otras palabras, el patrón de espaciado de orificios está dispuesto para proporcionar un perfil de índice medio de refracción (por ejemplo, la Ecuación 6) (o constante dieléctrica) equivalente a la raíz cuadrada del perfil del índice de refracción (o constante dieléctrica) de la capa (por ejemplo, la capa de la lente 10) que tiene la impedancia adaptada. En particular, el espesor de la capa de adaptación de impedancia está en incrementos enteros de $(2n - \lambda)/4$ ondas o longitud de onda (por ejemplo, 1/4 de onda, 3/4 de onda, 5/4 de onda, etc.) y es proporcional a la raíz cuadrada del índice medio de refracción de la capa de la lente que tiene la Impedancia adaptada como sigue a continuación

$$t\sqrt{\bar{n}(r)} = (2n - 1)\lambda/4 \quad \text{(Ecuación 10)}$$

en la que t es el espesor de la capa de impedancia, λ es la longitud de onda del haz de interés, n representa un ejemplo de series y $\bar{n}(r)$ es el índice medio de refracción de la capa de la lente como una función de la distancia, r , desde el centro de la lente .

Conseguir un índice de refracción menor con una capa de adaptación de impedancia puede llegar a ser inviable debido a la cantidad de orificios necesarios en el material. En consecuencia, los sistemas que requieren capas de adaptación de impedancia deberían comenzar con un análisis del índice medio de refracción mínimo que es probablemente sea necesario para la integridad mecánica, proporcionando de este modo el índice de refracción requerido para la Capa de Adaptación de impedancia. El índice medio de refracción del dispositivo al que se adapta esta capa de adaptación de impedancia sería en consecuencia el cuadrado del valor conseguido por la capa de adaptación de impedancia.

Un espesor ideal para las capas de adaptación de impedancia es un cuarto de la longitud de onda de la señal de interés dividido por la raíz cuadrada del (promedio) índice de refracción de la capa de adaptación de impedancia (por ejemplo, la Ecuación 10, en la que el índice de refracción es la raíz cuadrada de la constante dieléctrica como se ha descrito anteriormente). Debido a la variabilidad de la constante dieléctrica (por ejemplo, como una función del radio) de la capa de adaptación de impedancia, una operación de mecanizado secundario se puede utilizar para aplicar a la curvatura a las capas de adaptación de impedancia y mantener el espesor de un cuarto de onda desde el centro de la capa hasta el borde de la capa. Las capas de adaptación de impedancia pueden mejorar la eficacia de la antena en el orden de un 20 % (por ejemplo, de un 55 % a un 75 %).

Un patrón de iluminación habitual en una antena parabólica es una intensidad de campo exponencial truncada, o una gaussiana truncada. La gaussiana esta truncada en el borde de la antena parabólica ya que el campo debe obtener un límite en algún momento. En el borde de la antena parabólica, la intensidad de campo debe ir a cero, sin embargo, para una disposición habitual de bocina de alimentación, la intensidad de campo en el borde de la antena parabólica es mayor que cero. Esto crea un problema en el campo lejano, en el que la derivada discontinua de la función de iluminación de la abertura crea lóbulos laterales innecesariamente fuertes. Los lóbulos laterales son la parte de un haz de RF que están dictados por difracción como necesaria para propagar el haz desde la apertura de la antena. En el campo lejano, el haz principal sigue una divergencia del haz que es del orden de dos veces la longitud de onda del haz dividido por el diámetro de la abertura. El patrón de intensidad real en todo el campo lejano, sin embargo, se aproxima con precisión como la transformada de Fourier de la función de iluminación de la abertura.

Los bordes afilados en la función de iluminación de la abertura o cualquier derivada de bajo orden crea frecuencias espaciales en el campo lejano. Estas frecuencias espaciales se observan como haces de menor potencia que emanan de la antena de RF, y se denominan lóbulos laterales. Los lóbulos laterales contribuyen a la capacidad de detección de un haz de RF, y hacen que sea más fácil que el haz tenga interferencias o se pueda que espiar. Para reducir la que se produzcan este tipo de actividades adversas, los lóbulos laterales se tienen que reducir. Una técnica común para reducir los lóbulos laterales es crear una función de iluminación de abertura que es continua, en la que también son continuas todas las derivadas de la función. Un ejemplo de una función de iluminación de este tipo es una función de seno cuadrado. El centro de la abertura incluye una intensidad arbitraria de la unidad, mientras que la intensidad se atenúa siguiendo una función de seno cuadrado del radio de abertura hacia el borde exterior de la abertura, en el que la intensidad es igual a cero.

La función de seno cuadrado es una función sencilla que claramente tiene derivadas continuas. Sin embargo, se pueden usar otras funciones, y puede ofrecer otras ventajas. En cualquier caso, la función de iluminación se debería elegir para que incluyera un cierto nivel de absorción del patrón de iluminación característico de bocina de alimentación (por ejemplo, de otro modo, la ganancia sería necesaria).

Otra técnica común para reducir la función de iluminación en el borde de la antena es configurar el borde de una antena de reflexión con una serie de triángulos puntiagudos (por ejemplo, un borde dentado). Esto proporciona un

perfil de reflexión estrecho y lleva suavemente a la función de iluminación de la abertura a cero en el borde del reflector, ayudando de este modo en la reducción de los lóbulos laterales. Sin embargo, estos tipos de estructuras no son factibles para las lentes y pueden crear efectos de frecuencia espacial en el campo lejano debido a sus dimensiones físicas que por lo general son superiores a las de la longitud de onda de la señal de interés.

5 Para reducir los lóbulos laterales, la lente 20 incluye la máscara de apodización 24 que es verdaderamente de absorción para un caso ideal. Si la atenuación del patrón de iluminación se produce mediante el uso de técnicas de reflexión (por ejemplo, revestimientos de metal), se debe tener cuidado para controlar la dirección de esas reflexiones. La máscara de apodización se construye preferentemente para que incluya una estructura de cristales fotónicos (Fig. 2C), similar a la estructura de cristales fotónicos escrita anteriormente para la lente y capas de adaptación de impedancia. En particular, los agujeros 14 se pueden definir dentro de un material precursor 42 con un coeficiente de absorción apropiado mediante cualquier técnica adecuada (por ejemplo, perforación, etc.). Los orificios están dispuestos o se definen dentro del material precursor para proporcionar el perfil de absorción preciso deseado. El material precursor puede tener cualquier forma o tamaño y puede ser de cualquier material adecuado, incluyendo las propiedades de absorción deseadas. A modo de ejemplo solamente, el material precursor 42 es sustancialmente cilíndrico en forma de un disco con superficies frontal y posterior sustancialmente planas.

20 El material de absorción se analiza para proporcionar el perfil de absorción necesario como una función del radio de lente (en comparación con el índice de refracción). Los orificios 14 se colocan en el material absorbente precursor 42 para crear una absorción media sobre un volumen sustancialmente de la misma manera descrita anteriormente para conseguir el perfil de índice medio de refracción para la capa de la lente. La función real del perfil de apodización puede ser bastante complejo si se requiere una forma del haz precisa. Sin embargo, una simple fórmula aplicada en el borde de la abertura es suficiente para conseguir un beneficio notable.

25 Un ejemplo de una función de apodización que se puede aproximar a un estrechamiento de iluminación del borde deseado para controlar los lóbulos laterales es una que incluye una función $1/r^2$, en la que r representa el radio o distancia desde el centro de la lente. Por ejemplo, una lente con una función de iluminación de abertura incidente que tiene un perfil gaussiano y una intensidad de borde de un 20 % (de la intensidad máxima en el centro) se pueden asociar con una función de borde estrecho, $\Psi(r)$, como sigue a continuación

$$\Psi(r) = \left(\frac{1}{3(1-r)} \right)^2 + 1 \quad \text{(Ecuación 11)}$$

35 El término multiplicador del denominador (por ejemplo, tres) es una consecuencia de la función de iluminación que incluye un 20 % de energía en el borde de la abertura. Este multiplicador puede variar de acuerdo con el valor de la energía en el borde de la abertura. La Ecuación 11 proporciona la relación de absorción como una función del radio, que se puede resumir como la relación de la energía absorbida con respecto a la energía transmitida. El valor de radio está normalizado (por Ejemplo, radio de $r_{m\acute{a}x} = 1$) por simplicidad. Esta función se aproxima mucho a la función de apodización ideal. Sin embargo, para un sistema optimizado se pueden desear variaciones menores en la función.

40 Para realizar esta función dentro de la máscara de apodización de cristal fotónico 24, una serie de orificios 14 se colocan dentro del material precursor 42 que es altamente absorbente de ondas de radio (por ejemplo, material cargado con carbono, etc.). La absorción promedio del material (por ejemplo, un promedio ponderado de la absorción del material y los orificios (por ejemplo, los orificios no tendrían absorción) basándose en el volumen y se determina de una manera similar a la media ponderada para la constante dieléctrica descrita anteriormente) con respecto al volumen de interacción de la lente proporciona el valor de absorción para la máscara de apodización. La máscara de absorción dividida entre el caso sin apodizar debería proporcionar un valor aproximado resultante de la Ecuación 11. De este modo, los orificios 14 se colocan en el material precursor 42 de una manera para proporcionar los valores de absorción para producir el perfil de absorción deseado. La máscara de apodización 24 se puede configurar con orificios 14 espaciados estrechamente juntos (Fig. 2C) cuando esta capa se monta en otras capas de la lente. En este caso, la integridad mecánica de la máscara de apodización está proporcionada por las capas en las que se monta la máscara de apodización, permitiendo de este modo la disposición estrechamente espaciada de los orificios 14.

55 La máscara de apodización se puede fabricar de modo sencillo con el uso de técnicas de fabricación asistida por ordenador como se ha descrito anteriormente. La Ecuación 11 se puede modificar para acomodar mecanismos de alimentación que no producen distribuciones de energía con un perfil gaussiano y conseguir los resultados deseados.

60 Las Figs. 5 - 6 ilustran un patrón de intensidad de campo lejano a modo de ejemplo de una abertura sin apodizar y una abertura apodizada de la lente 20, respectivamente. La magnitud de intensidad dentro del patrón se indica mediante el sombreado ilustrado en la leyenda (por ejemplo, como se ve en las Figs. 5 - 6). El caso sin apodizar

(Fig. 5) es para una antena parabólica convencional iluminada con una bocina de alimentación y con una iluminación de corte de un 20 % en el borde. La bocina de alimentación se monta principalmente y se apoya en un soporte de araña de tres paletas. El caso apodizado (Fig. 6) muestra el patrón de campo lejano para la lente 20 (por ejemplo, una lente de cristal fotónico de apertura sin obstrucciones fabricada para ofrecer divergencia del haz limitada por difracción). La Fig. 7 ilustra el patrón de intensidad de campo lejano en sección transversal de los casos sin apodizar y apodizado. Los patrones de intensidad se representan gráficamente a lo largo de los ejes X e Y respectivamente que representan el ángulo de campo y la intensidad normalizada (como se visualiza en la Fig. 7). El caso apodizado tiene una divergencia del haz principal ligeramente superior, pero con lóbulos laterales suprimidos en gran medida, especialmente lejos del haz principal. La supresión de los lóbulos laterales alcanza factores de aproximadamente 1.000 cuando la energía del lóbulo lateral es más fuerte.

La Fig. 8 ilustra perfiles de apodización o de absorción de del haz de RF a lo largo de los ejes cartesianos (por ejemplo, X e Y) de una apertura de antena parabólica convencional y de la apertura de la lente 20. Los patrones de iluminación se representan gráficamente a lo largo de los ejes X e Y que representamos respectivamente, las coordenadas de la pupila (por ejemplo, coordenadas normalizadas radiales) y la intensidad normalizada (por ejemplo, como se visualiza en la Fig. 8). El patrón de absorción o iluminación de la antena parabólica convencional está truncado, mientras que la lente 20 proporciona la función de absorción de seno cuadrado o patrón de iluminación que se ha descrito anteriormente. La Fig. 9 ilustra el factor de atenuación de la apodización requerida para alcanzar la función de iluminación de la apertura, suponiendo un perfil de haz gaussiano truncado en aproximadamente un 20 % en el borde de apertura (por ejemplo, como se muestra en la Fig. 8 para la antena parabólica convencional). El perfil de atenuación se representa gráficamente a lo largo de los ejes X e Y que representan respectivamente las coordenadas de la pupila (por ejemplo, normalizadas basándose en el radio) y el factor de atenuación (por ejemplo, como se visualiza en la Fig. 9).

La lente 20 se puede utilizar para crear virtualmente cualquier tipo de dirección o patrón del haz deseado. Por lo tanto, se pueden producir varias lentes cada una con un patrón de orificios diferente para proporcionar una serie de lentes intercambiables para un sistema de RF (Fig. 1). En este caso, una lente de cristal fotónico se puede reemplazar fácilmente dentro de un sistema de RF con otras lentes que incluyen diferentes patrones de orificios para alcanzar patrones de haz deseados (y diferentes). Además, la estructura de cristal fotónico se puede configurar para crear cualquier tipo de dispositivo (por ejemplo, cuasiópticas, lentes, prismas, divisores de haz, filtros, polarizadores, etc.) sustancialmente de la misma manera descrita anteriormente, simplemente ajustando las dimensiones, geometrías y/o ubicaciones del orificio dentro de un material dieléctrico precursor para lograr las características de dirección del haz y/o formación del haz.

Se observará que las realizaciones descritas e ilustradas anteriormente en las figuras representan solamente unas pocas de las muchas maneras de implementar una lente de radiofrecuencia y método de supresión de los lóbulos laterales.

La lente puede incluir cualquier cantidad de capas colocadas en cualquier forma adecuada. Las capas pueden tener cualquier forma, tamaño o espesor y pueden incluir cualquier material adecuado. La lente se puede utilizar para señales en cualquier intervalo de frecuencias deseadas. La capa de la lente puede tener cualquier cantidad, tamaño o forma, y se puede construir con cualquier material adecuado. Se puede utilizar cualquier material adecuado en cualquier cantidad para proporcionar las constantes dieléctricas variables (por ejemplo, una pluralidad de materiales sólidos, materiales sólidos en combinación con aire u otro fluido, etc.). La capa de la lente se puede utilizar con o sin un capa de Adaptación de impedancia y/o máscara de apodización. El material precursor de la capa de la lente y/u otros materiales pueden tener cualquier cantidad, tamaño, forma o espesor, puede ser cualquier material adecuado, (por ejemplo, plástico, un polietileno de alta densidad, laminados RF, de vidrio, etc.) y puede incluir cualquier constante dieléctrica adecuada para una aplicación. El material precursor incluye preferentemente una tangente de baja pérdida en el intervalo de frecuencias de interés. La capa de lente se puede configurar (o incluir varias capas que están configuradas) para proporcionar cualquier efecto de dirección deseado o ángulo de refracción o emular las propiedades de un material correspondiente o lente óptica. La capa de la lente se puede configurar adicionalmente para incluir cualquier combinación de características de formación de haz (por ejemplo, lente) y/o dirección del haz (por ejemplo, prisma).

Los orificios de la capa de la lente pueden tener cualquier cantidad, tamaño o forma, y se pueden definir en el material precursor y/u otro material en cualquier disposición, orientación o ubicación para proporcionar las características deseadas (por ejemplo, efecto de orientación del haz, índice de refracción, constante dieléctrica, etc.). Las diversas regiones de la capa de material precursor de la lente pueden incluir cualquier disposición deseada del orificio y se pueden definir en cualquier ubicación adecuada en ese material para proporcionar las características deseadas. Los orificios se pueden definir dentro del material precursor y/o de otro material mediante cualquier técnica convencional u otras técnicas de fabricación o máquinas (por ejemplo, técnicas de fabricación asistida por ordenador, estereolitografía, máquinas de dos dimensiones, corte por chorro de agua, corte por láser, etc.). Como alternativa, la capa de la lente puede incluir o utilizar otros materiales sólidos o fluidos para proporcionar las constantes dieléctricas variables.

65

La capa de adaptación de impedancia puede tener cualquier cantidad, tamaño o forma, y se puede construir con cualquier material adecuado. Se puede utilizar cualquier material adecuado en cualquier cantidad se para proporcionar las constante dieléctricas variables (por ejemplo, una pluralidad de materiales sólidos, materiales sólidos en combinación con aire u otro fluido, etc.). Los materiales precursores y/u otros materiales de la capa de adaptación de impedancia pueden tener cantidad, tamaño, forma o espesor, puede ser cualquier material adecuado (por ejemplo, plásticos, un polietileno de alta densidad, laminados de RF, vidrio, etc.) y puede incluir cualquier constante dieléctrica adecuada para una aplicación. El material precursor incluye preferentemente una tangente de baja pérdida en el intervalo de frecuencias de interés. La capa de adaptación de impedancia se puede configurar (o incluir varias capas que están configurados) para proporcionar adaptación de impedancia para cualquier capa deseada de la lente.

Los orificios para la capa de adaptación de impedancia pueden tener cualquier cantidad, tamaño o forma, y se pueden definir en el material precursor y/u otro material en cualquier disposición, orientación o ubicación para proporcionar las características deseadas (por ejemplo, adaptación de impedancia, índice de refracción, constante dieléctrica, etc.). Los orificios se pueden definir dentro del material precursor y/o de otro material mediante cualquier técnica convencional u otras técnicas de fabricación o máquinas (por ejemplo, técnicas de fabricación asistida por ordenador, estereolitografía, máquinas de dos dimensiones, corte por chorro de agua, corte por láser, etc.). Como alternativa, la capa de adaptación de impedancia puede incluir o utilizar otros materiales sólidos o fluidos para proporcionar las constante dieléctricas variables.

La máscara de apodización puede tener cualquier cantidad, tamaño o forma, y se puede construir a partir de cualquier material adecuado. Cualquier material adecuado de cualquier cantidad se puede utilizar para proporcionar el coeficiente de absorción o perfil de absorción deseados (por ejemplo, una pluralidad de materiales sólidos, materiales sólidos en combinación con aire u otro fluido, etc.). El material precursor y/u otro material de la máscara de apodización puede tener cualquier cantidad, el tamaño, la forma o espesor, puede ser cualquier material adecuado (por ejemplo, plástico, un polietileno de alta densidad, laminado de RF, material de carbono cargado, etc.) y puede incluir cualquier radio adecuado u otras características de absorción de onda para una aplicación. El material precursor se implementa preferentemente con un material altamente absorbente para ondas de radio. La máscara de apodización se puede configurar (o incluir varias capas que están configurados) para proporcionar el perfil de absorción deseado.

Los orificios de la máscara de apodización pueden ser tener cualquier cantidad, tamaño o forma, y se pueden definir en el material precursor y/u otro material en cualquier disposición, orientación o ubicación para proporcionar las características deseadas (por ejemplo, supresión de los lóbulos laterales, absorción, etc.). Los orificios se pueden definir dentro del material precursor y/o de otro material mediante cualquier técnica convencional u otra técnica de fabricación o máquinas (por oscuras, técnicas de fabricación asistida por ordenador, estereolitografía, máquinas de dos dimensiones, corte por chorro de agua, corte por láser, etc.). Como alternativa, la máscara de apodización puede incluir o utilizar otros materiales sólidos o fluidos para proporcionar las propiedades de absorción. La máscara de apodización se puede configurar para que proporcione las propiedades de absorción deseadas para cualquier función estrecha adecuada.

Las capas de la lente (por ejemplo, capa de la lente, adaptación de impedancia, máscara de apodización, etc.) pueden estar unidas de cualquier manera mediante cualquier técnica convencional o de otro tipo (por ejemplo, adhesivos, etc.). La lente se puede utilizar en combinación con cualquier fuente de señal adecuada (por ejemplo, bocina de alimentación, antena, etc.), o receptor de señal para dirigir las señales de entrada. La lente se puede utilizar para crear virtualmente cualquier tipo de patrón de la deseado, en el que varias lentes se pueden producir cada una con un patrón de edificios diferente para proporcionar una serie de lentes intercambiables para proporcionar varios haces de RF un otros sistemas. Además, la estructura de cristal fotónico de la lente se puede utilizar para crear cualquier dispositivo de manipulación de haz (por ejemplo, prisma, divisores de haz, filtros, polarizadores, etc.) simplemente ajustando las dimensiones, geometrías y/o ubicación del orificio dentro del material precursor y/u otros materiales para lograr la orientación deseada del haz y/o las características de formación del haz.

Se debe entender que los términos "arriba", "abajo", "frontal", "posterior" "lateral", "altura", "longitud", "ancho", "superior", "inferior", "vertical", "horizontal" y similares en el presente documento se usan simplemente para describir puntos de referencia y no limitan las realizaciones de la presentes invención a ninguna orientación o configuración en particular.

A partir de la descripción anterior se observará que la invención consigue una nueva lente de frecuencia de radio y método para suprimir lóbulos laterales, en el que una lente de radiofrecuencia (RF) incluye una estructura de cristal fotónico y suprime características de lóbulo lateral.

REIVINDICACIONES

1. Una lente para manipular un haz de radiofrecuencia RF (28) que comprende:

5 una capa de refracción (10) para refractar un haz de RF incidente en un ángulo deseado, en donde dicha capa de refracción incluye una primera estructura de cristal fotónico con un primer material precursor (12) que incluye una primera constante dieléctrica que varía a través de dicho primer material precursor para producir un campo electromagnético para refractar dicho haz de RF incidente; y
 10 capas de adaptación de impedancia (22) para adaptar la impedancia de dicha capa de refracción, en donde dichas capas de adaptación de impedancia incluyen una segunda estructura de cristal fotónico con un segundo material precursor (32) que incluye una segunda constante dieléctrica que varía a través de dicho segundo material precursor de modo que la constante dieléctrica promedio local del segundo material precursor (32) se aproxima a la raíz cuadrada de la constante dieléctrica promedio local de dicho primer material precursor (12) para adaptar la impedancia de dicha capa de refracción y minimizar reflexiones superficiales.

15 2. La lente de la reivindicación 1, que incluye adicionalmente:

una capa de máscara de absorción (24) para absorber energía externa y suprimir la emisión de los lóbulos laterales de dicho haz de RF incidente.

20 3. La lente de la reivindicación 2, en donde dicha lente incluye un prisma.

4. La lente de al menos una de las reivindicaciones 1 a 3, en la que dicha primera estructura de cristal fotónico incluye:

25 una primera serie de orificios (14) definidos en dicho primer material precursor de una manera para variar dicha primera constante dieléctrica a través de dicho primer material precursor para refractar dicho haz de RF incidente en dicho ángulo deseado.

30 5. La lente de la reivindicación 4, en la que:

las capas de adaptación de impedancia (22) incluyen una segunda serie de orificios (14) definidos en dicho segundo material precursor de una manera para variar dicha segunda constante dieléctrica a través de dicho segundo material precursor para adaptar la impedancia de dicha capa de refracción.

35 6. La lente de la reivindicación 2, en la que dicha capa de máscara de absorción (24) incluye una tercera estructura de cristal fotónico que incluye:

40 un tercer material precursor (42) que incluye una propiedad de absorción; y una tercera serie de orificios (14) definidos en dicho tercer material precursor de una manera para variar dicha propiedad de absorción a través de dicho tercer material precursor para proporcionar un perfil de absorción deseado y reducir dichos lóbulos laterales de dicho haz de RF incidente.

45 7. La lente de la reivindicación 2, en donde dicha lente incluye un par de dichas capas de adaptación de impedancia (22) que rodean a dicha capa de refracción.

8. La lente de la reivindicación 7, en la que dicha capa de máscara de absorción (24) está unida a una capa de adaptación de impedancia (22) opuesta a dicho haz de RF incidente (28).

50 9. En una lente (20) que incluye una capa de refracción y capas de adaptación de impedancia (22), un método de manipulación de un haz de radiofrecuencia (RF) que comprende:

(a) refractar un haz de RF incidente en un ángulo deseado produciendo un campo electromagnético a través de una primera estructura de cristal fotónico dentro de dicha capa de refracción, en donde dicha primera estructura de cristal fotónico incluye un primer material precursor (12) que incluye una primera constante dieléctrica que varía a través de dicho primer material precursor para producir dicho campo electromagnético para refractar dicho haz de RF incidente; y

(b) adaptación de impedancia de dicha capa de refracción a través de dichas capas de adaptación de impedancia (22), en donde dichas capas de adaptación de impedancia incluyen una segunda estructura de cristal fotónico con un segundo material precursor (32) que incluye una segunda constante dieléctrica que varía a través de dicho segundo material precursor de modo que la constante dieléctrica promedio local del segundo material precursor (32) se aproxima a la raíz cuadrada de la constante dieléctrica promedio local de dicho primer material precursor (12) para adaptar la impedancia de dicha capa de refracción y minimizar reflexiones superficiales.

65 10. El método de la reivindicación 9, en el que dicha lente incluye adicionalmente una máscara de absorción (24) y dicho método incluye adicionalmente:

(c) absorber energía externa y suprimir la emisión de lóbulos laterales de dicho haz de RF incidente a través de dicha máscara o capa de absorción (24).

5 11. El método de la reivindicación 10, en el que dicha lente incluye un prisma.

12. El método de la reivindicación 9, en el que la etapa (a) incluye adicionalmente:

10 (a.1) definir una primera serie de orificios (14) dentro de dicho primer material precursor de una manera para variar dicha primera constante dieléctrica a través de dicho primer material precursor para refractar dicho haz de RF incidente en dicho ángulo deseado.

13. El método de la reivindicación 9, en el que la etapa (b) incluye adicionalmente:

15 (b.1) definir una segunda serie de orificios (14) dentro de dicho segundo material precursor de una manera para variar dicha segunda constante dieléctrica a través de dicho segundo material precursor para adaptar la impedancia de dicha capa de refracción.

20 14. El método de la reivindicación 10, en el que dicha máscara de absorción (24) incluye una tercera estructura de cristal fotónico que incluye un tercer material precursor (42) con una propiedad de absorción, y la etapa (c) incluye adicionalmente:

25 (c.1) definir una tercera serie de orificios (14) dentro de dicho tercer material precursor de una manera para variar dicha propiedad de absorción a través de dicho tercer material precursor para proporcionar un perfil de absorción deseado y reducir dichos lóbulos laterales de dicho haz de RF incidente.

30 15. El método de la reivindicación 10, en el que dicha lente incluye un par de dichas capas de adaptación de impedancia (22) y la etapa (b) incluye adicionalmente:

(b.1) rodear dicha capa de refracción (10) con dicho par de dichas capas de adaptación de impedancia (22).

16. El método de la reivindicación 15, en el que la etapa (c) incluye adicionalmente:

35 (c.1) unir dicha máscara de absorción (24) a una capa de adaptación de impedancia (22) opuesta a dicho haz de RF incidente (28).

40 17. La lente de la reivindicación 1, en donde dicha lente se utiliza en un sistema para manipular un haz de radiofrecuencia RF (28) que comprende una fuente de señal (26) que proporciona dicho haz de RF incidente para dicha lente.

18. La lente de la reivindicación 17, en donde dicho sistema incluye:

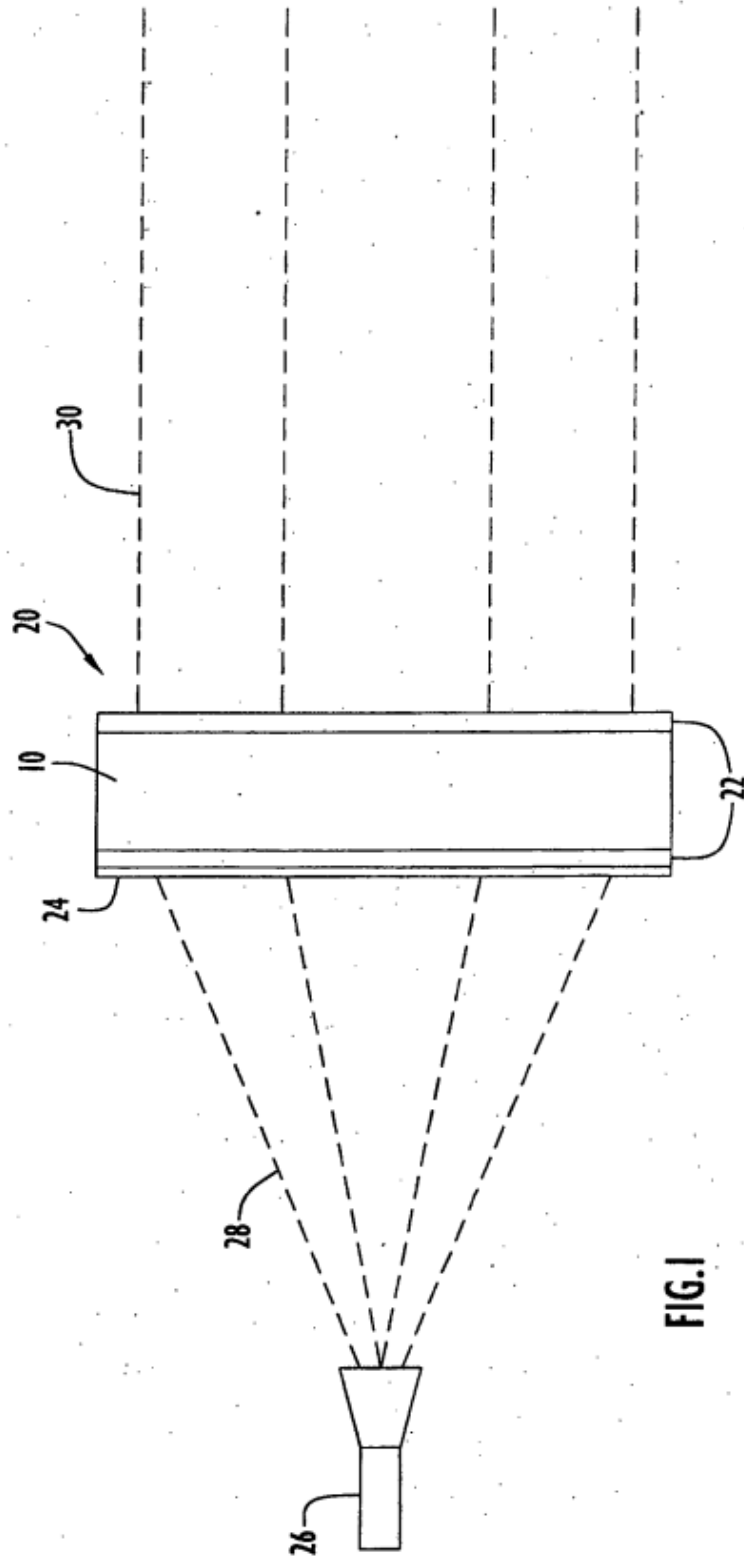
45 una pluralidad de dichas lentes cada una incluyendo una estructura de cristal fotónico correspondiente configurada para refractar dicho haz de RF incidente en un ángulo diferente y proporcionar un patrón de haz de RF diferente, en donde dicha pluralidad de lentes son intercambiables dentro de dicho sistema para proporcionar dichos patrones de haz diferentes.

19. El método de la reivindicación 9, en el que dicha lente se utiliza en un sistema para manipular un haz de radiofrecuencia (RF) que incluye una fuente de señal (26) que comprende adicionalmente:

50 proporcionar a dicha lente dicho haz de RF incidente (28) que proviene de dicha fuente de señal.

55 20. El método de la reivindicación 19, en el que dicho sistema incluye adicionalmente una pluralidad de dichas lentes cada una incluyendo una estructura de cristal fotónico correspondiente configurada para refractar dicho haz de RF incidente en un ángulo diferente y proporcionar un patrón de haz de RF diferente, y el método incluye adicionalmente:

intercambiar dichas lentes dentro de dicho sistema para proporcionar dichos patrones de haz diferentes.



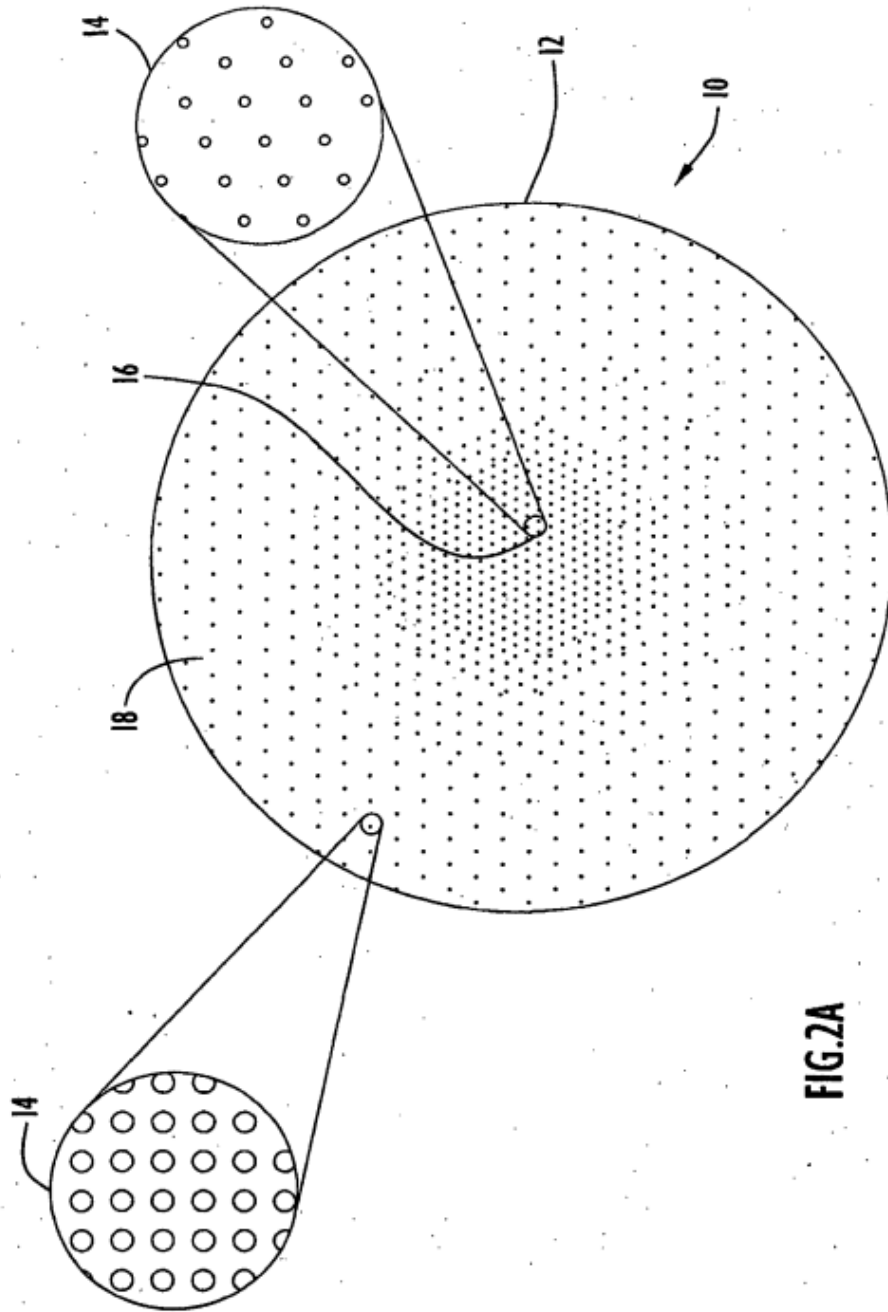


FIG. 2A

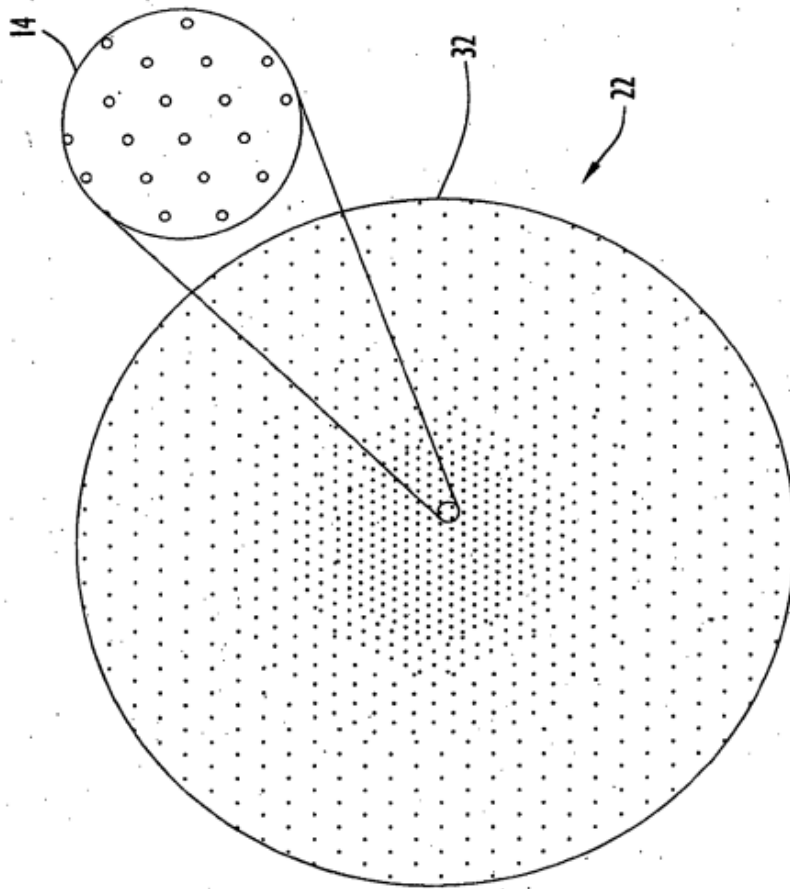


FIG.2B

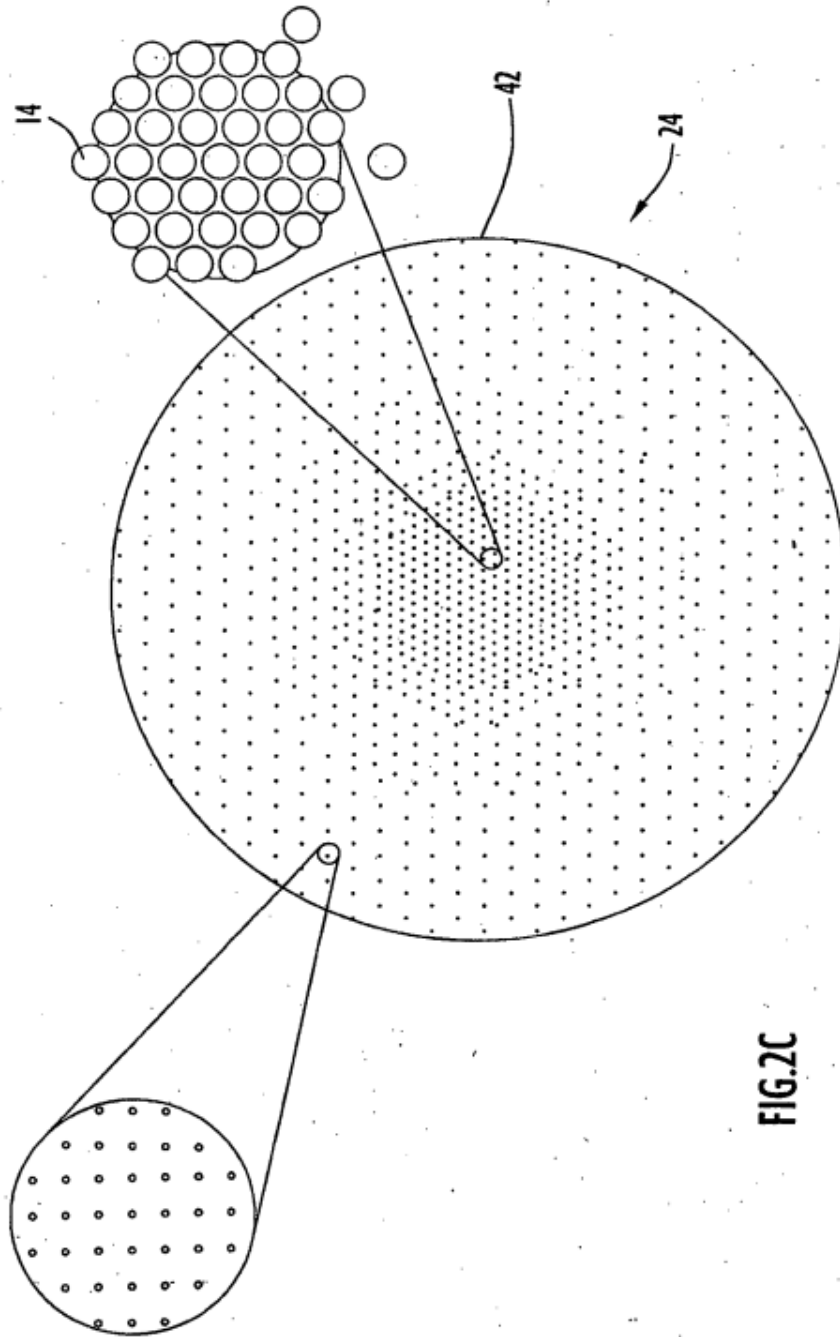
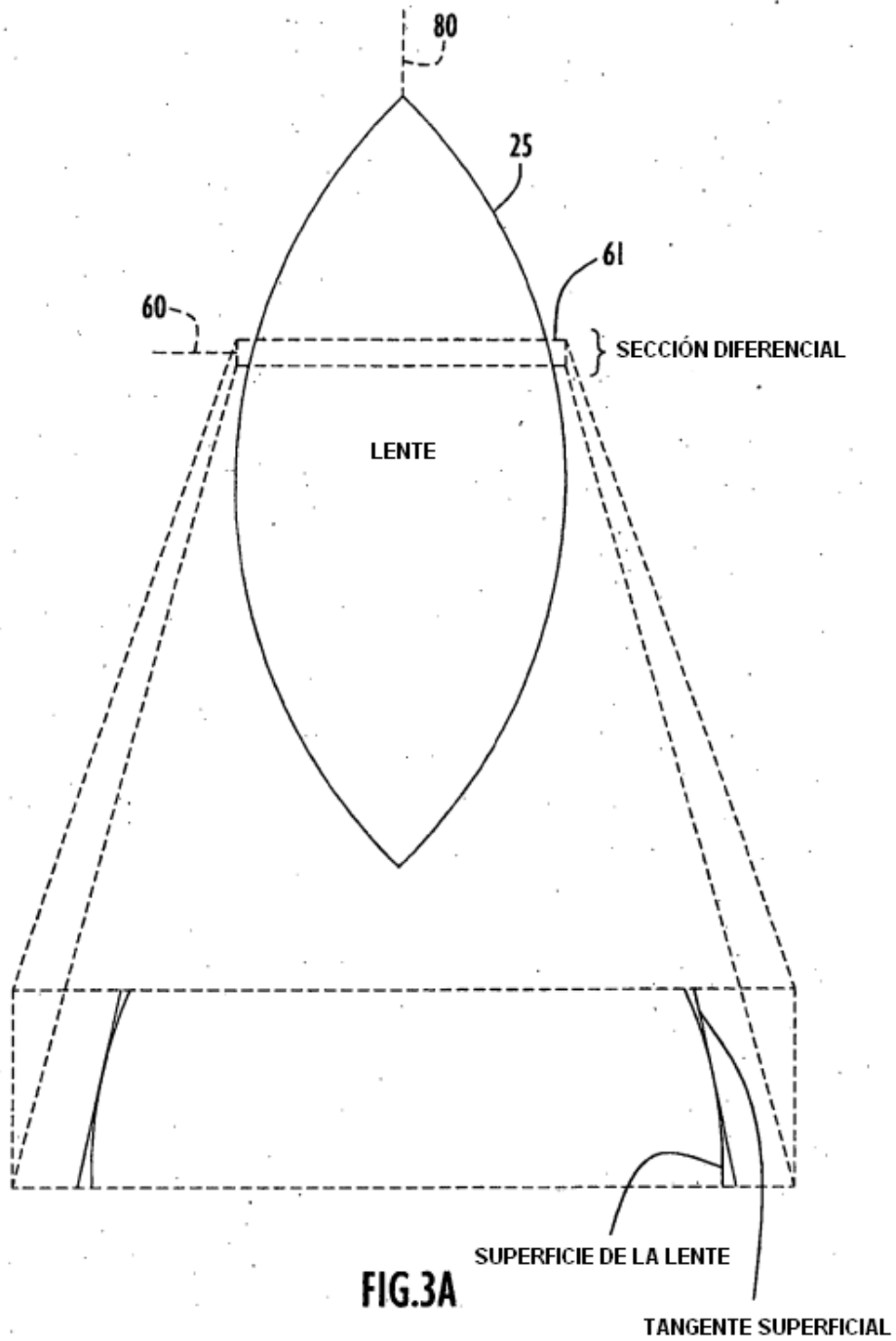


FIG.2C



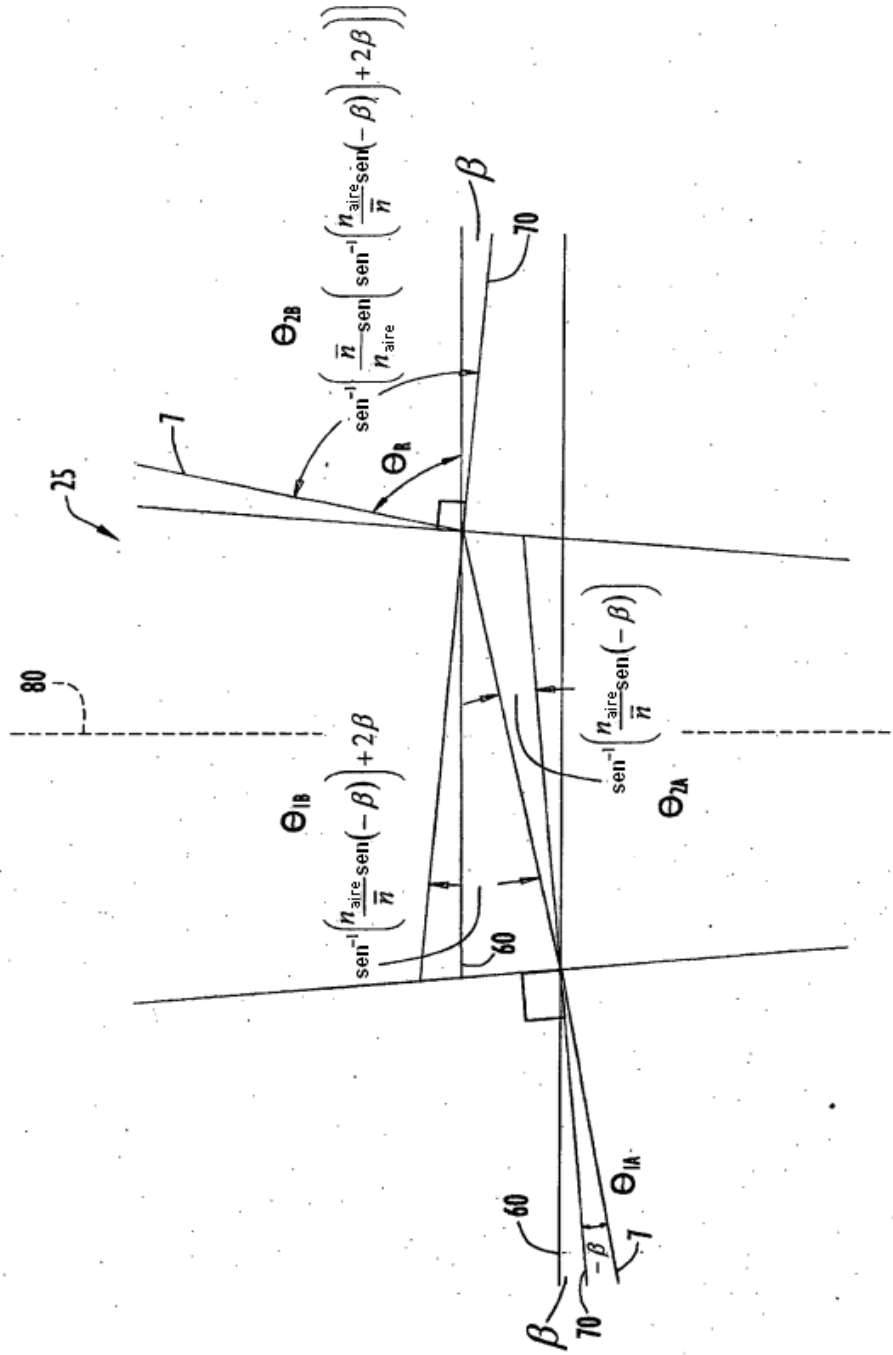


FIG.3B

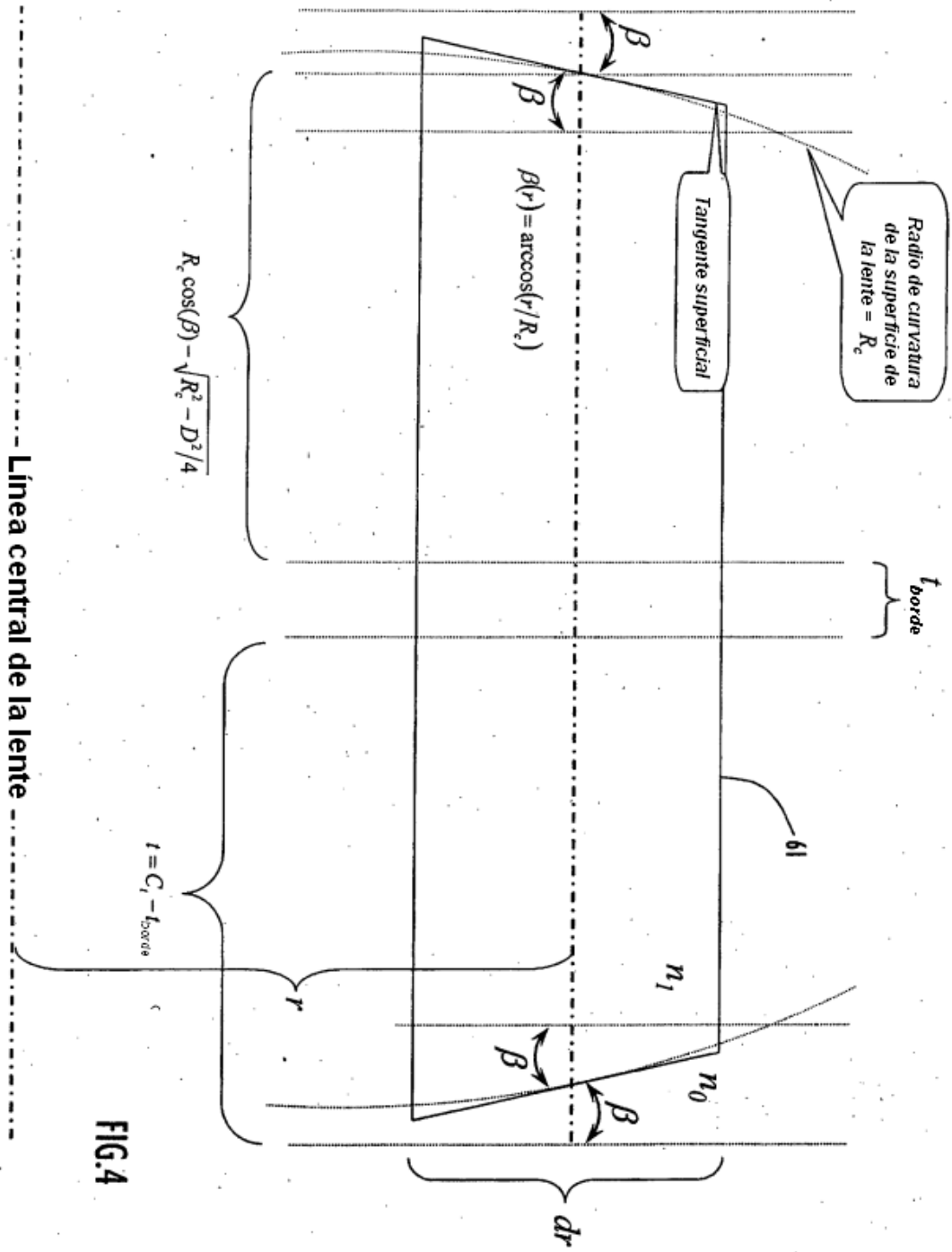


FIG.4

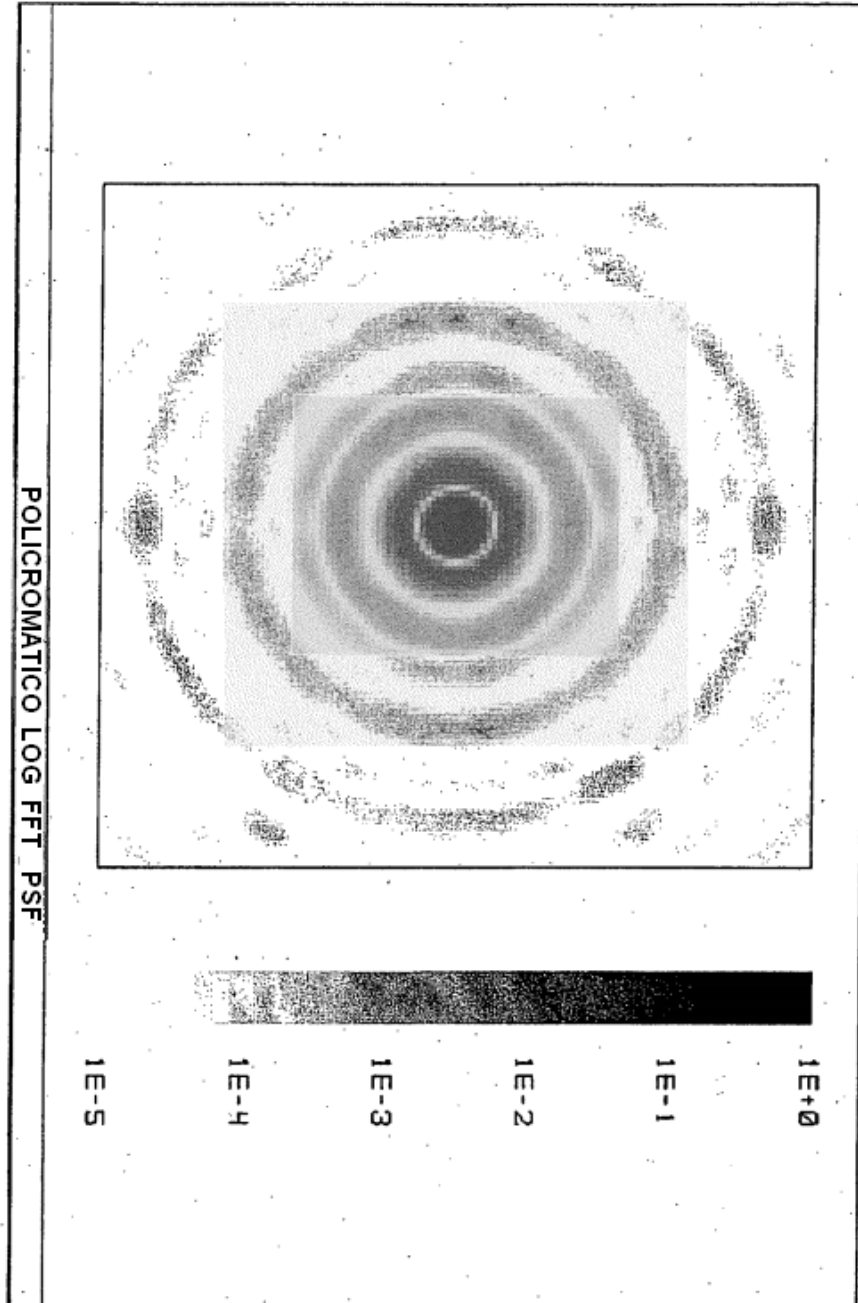


FIG.5

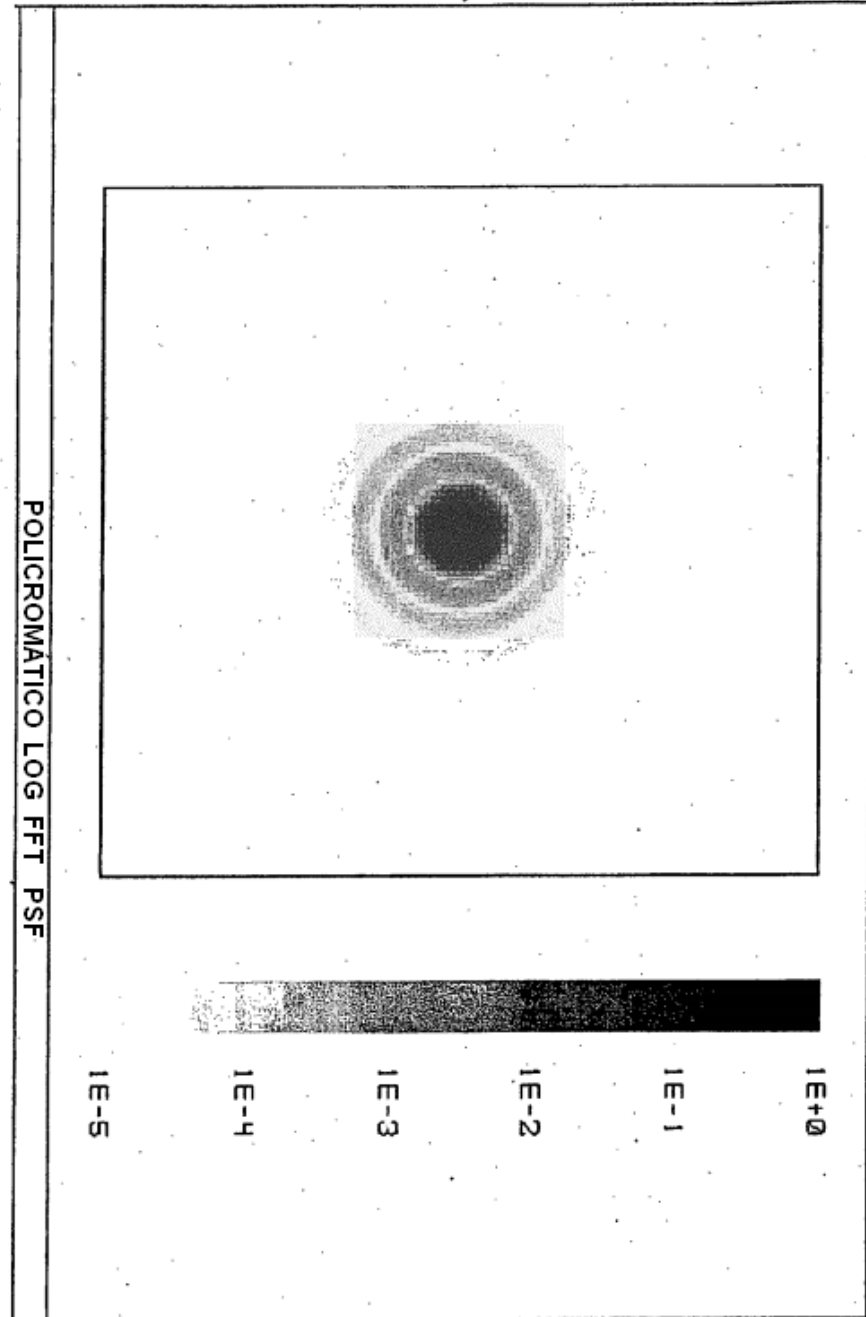


FIG.6

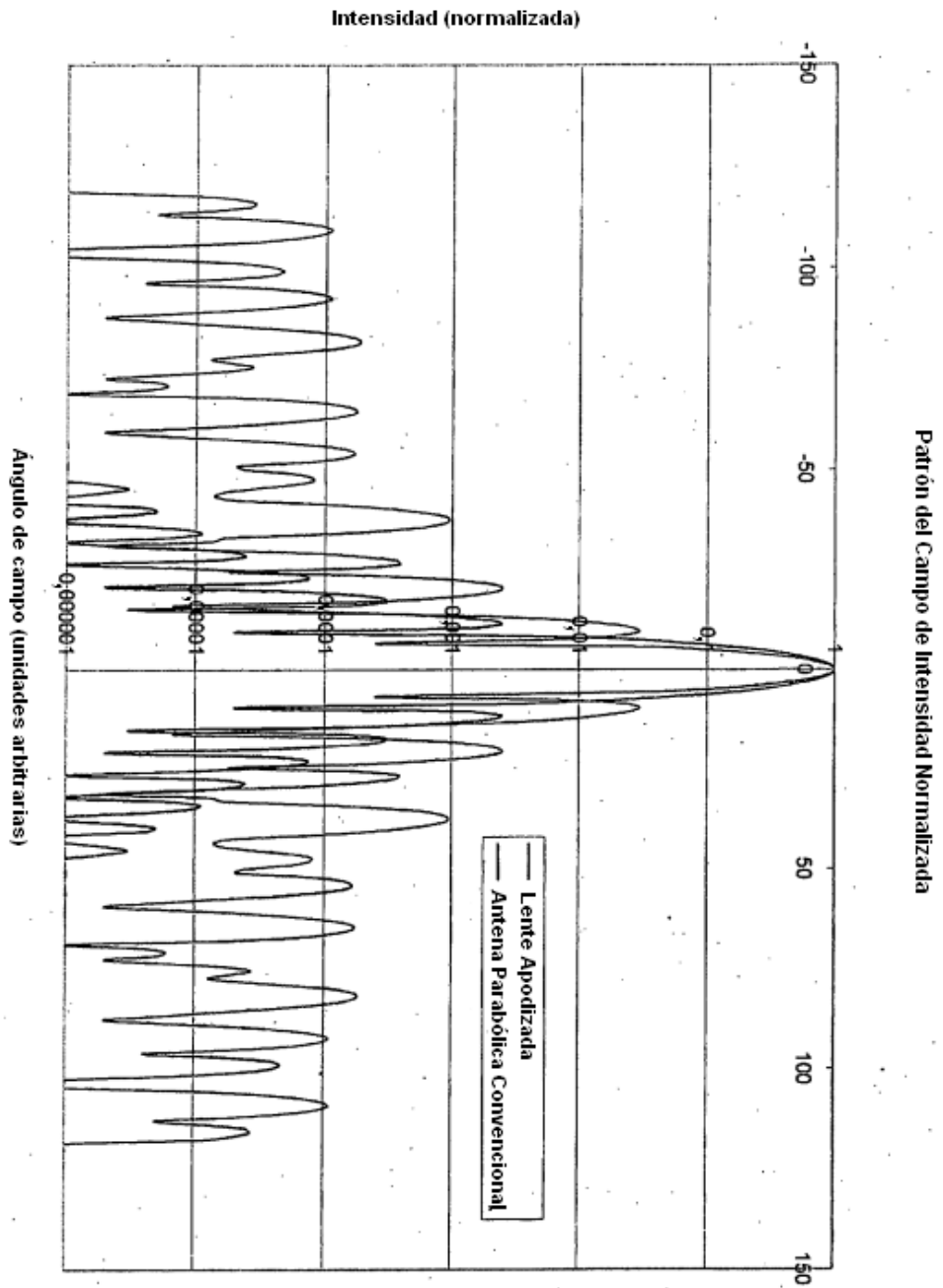


FIG.7

Patrón de Iluminación para Antena Parabólica Convencional y Lente de RF

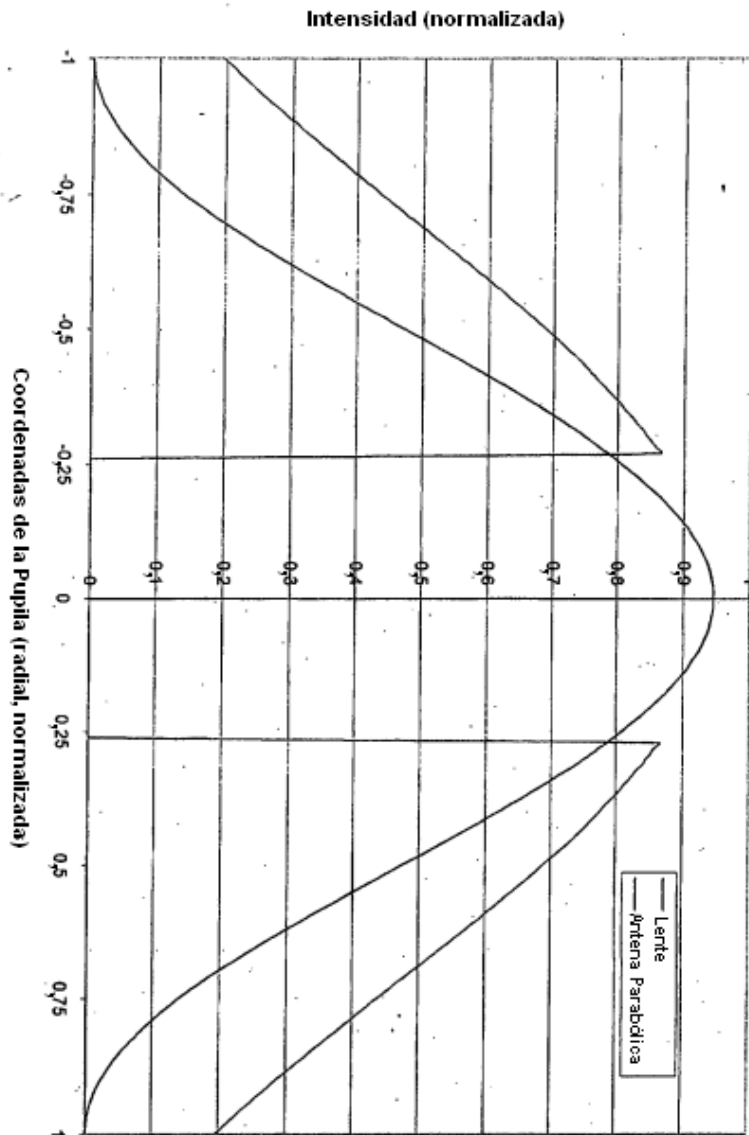


FIG.8

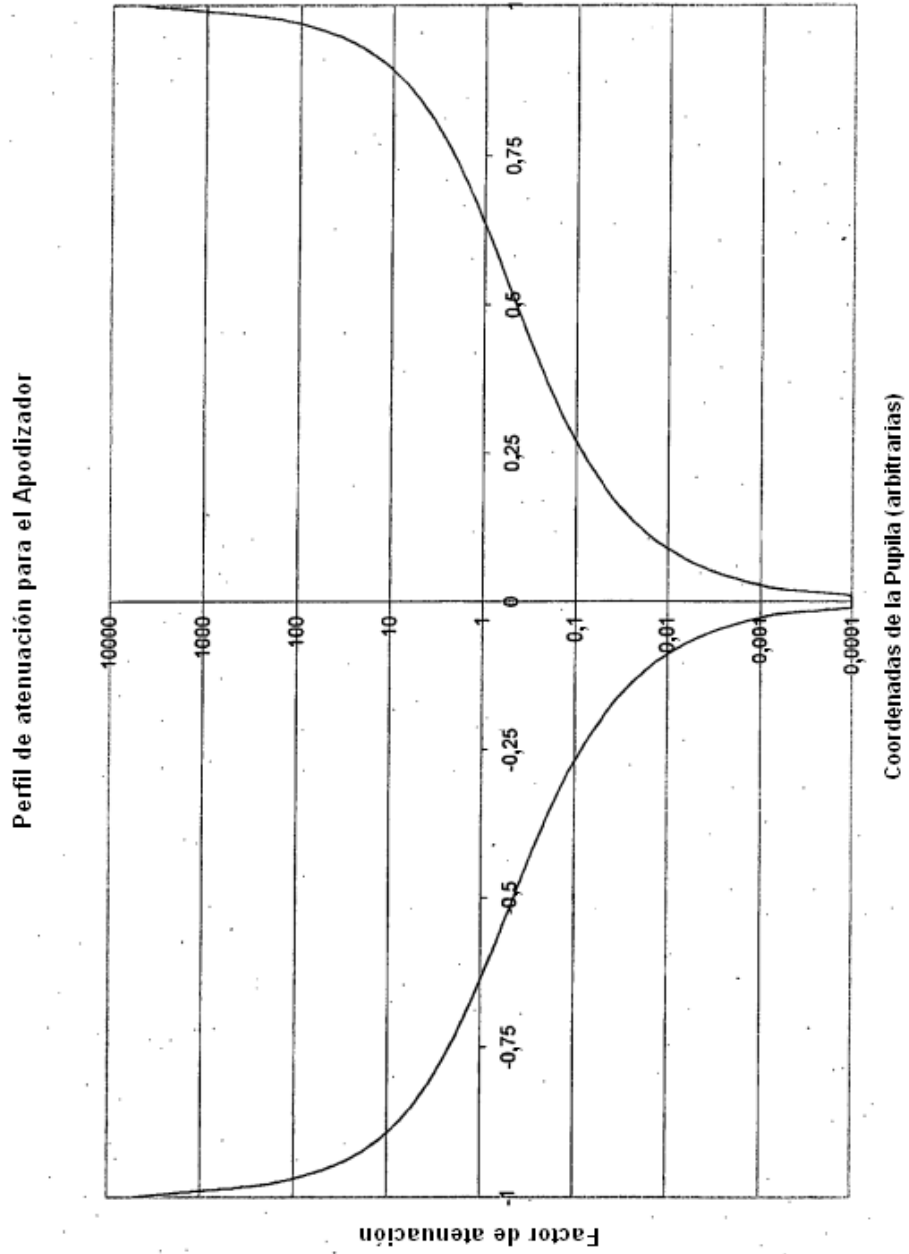


FIG.9