

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 723 298**

51 Int. Cl.:

H05K 7/20 (2006.01)
G06F 1/20 (2006.01)
G02B 5/00 (2006.01)
H01Q 1/44 (2006.01)
H01Q 15/00 (2006.01)
F41H 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.10.2013 PCT/US2013/062940**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.04.2014 WO14055573**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.10.2013 E 13844519 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 2904887**

54 Título: **Transferencia radiativa y control de energía con metamaterial fractal y materiales plasmónicos**

30 Prioridad:
01.10.2012 US 201261744651 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.08.2019

73 Titular/es:
**FRactal Antenna Systems, Inc. (100.0%)
135 South Road
Bedford, MA 01730, US**

72 Inventor/es:
COHEN, NATHAN

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 723 298 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

Transferencia radiativa y control de energía con metamaterial fractal y materiales plasmónicos

5 El documento US 8.253.639 B2 divulga un arreglo de resonadores en una configuración aperiódica que puede usarse para el encubrimiento electromagnético de objetos. El montaje general de los resonadores, como estructuras, no se repiten todos periódicamente y al menos algunos de los resonadores están separados de manera que sus centros de fase están separados por más de una longitud de onda. Los arreglos pueden incluir resonadores de
10 varios tamaños y/o geometrías diferentes dispuestos de manera que cada tamaño o geometría corresponde a una respuesta "Q" moderada o alta que resuena dentro de un rango de frecuencia específico y ese arreglo dentro de este grupo específico de elementos similares es periódico en la estructura general. La separación relativa y arreglo de agrupaciones pueden definirse por autosimilitud y simetría de origen.

15 El documento US 2011/0063189 A1 divulga métodos y un aparato que produce características de radiación mejoradas, por ejemplo, comportamiento de banda ancha, en o para antenas y componentes relacionados al proporcionar mangas concéntricas, con aire o material dieléctrico como un espaciador, donde las mangas incluyen una o más capas conductoras, incluyendo al menos una porción de las mismas resonadores fractales poco separados en términos de longitud de onda. Un aspecto adicional del documento US 2011/0063189A1 se dirige a superficies que incluyen aberturas de uso dual o uso múltiple.

20 **ANTECEDENTES**

Una gestión térmica efectiva es una preocupación en muchas industrias y para varios tipos de artículos de consumo. Por ejemplo, la acumulación de calor en una unidad de procesamiento central (CPU) del ordenador puede degradar el rendimiento del ordenador del mismo modo que la acumulación de calor (o "inmersión en calor") en los frenos o
25 motor de un automóvil puede degradar el rendimiento del automóvil. Muchas máquinas y dispositivos tienen límites de rendimiento que a menudo se definen por cuán bien es gestionado el calor desarrollado durante la operación. Dicha acumulación de calor a menudo es un producto derivado de la transmisión y uso de energía.

30 Algunas técnicas de gestión térmica comunes dependen de la transferencia de calor convectiva. La transferencia de calor convectiva, a menudo denominada simplemente convección, es la transferencia de calor de un lugar a otro mediante el movimiento de fluidos. La convección es a menudo la forma dominante de transferencia de calor en líquidos y gases. La convección puede ser "forzada" mediante movimiento de un fluido por medios que no sean fuerzas de flotabilidad (por ejemplo, una bomba de agua en un motor de automóvil). Para la maquinaria y componentes electrónicos, se emplea típicamente un enfriamiento convectivo.

35 Un tubo de calor o alfiler de calor es un dispositivo de transferencia térmica que combina los principios de la conductividad térmica y la transición de fase para gestionar de manera eficiente la transferencia de calor entre dos interfaces sólidas. En la interfaz térmica de un tubo de calor un líquido en contacto con una superficie sólida térmicamente conductora se convierte en un vapor al absorber el calor de esa superficie. El vapor entonces viaja por
40 el tubo de calor a la interfaz fría y se condensa de vuelta a un líquido - liberando el calor latente. El líquido entonces regresa a la interfaz caliente a través de acción capilar o gravedad, y el ciclo se repite. Los productos electrónicos de consumo tales como ordenadores personales a menudo utilizaron tubos de calor para enfriar las unidades de procesamiento.

45 Debido a que dependen de los fluidos como medios de transportar el calor, dichas técnicas convectivas y de enfriamiento de tubo de calor pueden presentar problemas en relación con la gestión (por ejemplo, contención y bombeo) de los fluidos y pueden no ser apropiadas para algunas aplicaciones.

50 El enfriamiento termoeléctrico emplea el efecto Peltier para crear un flujo de calor entre la unión de dos tipos de materiales diferentes. El efecto Peltier es la presencia de calentar o enfriar en una unión electrificada de dos conductores diferentes y se denomina así en honor al físico francés Jean Charles Athanase Peltier, quien lo descubrió en 1834. Cuando se hace fluir una corriente a través de una unión entre dos conductores A y B, el calor puede generarse (o quitarse) en la unión. Una bomba enfriadora, calentadora o de calor termoeléctrico Peltier es una bomba de calor activa en estado sólido que transfiere calor desde un lado del dispositivo al otro, con consumo
55 de energía eléctrica, dependiendo de la dirección de la corriente. Dicho instrumento también se denomina un dispositivo Peltier, bomba de calor Peltier, refrigerador de estado sólido o enfriador termoeléctrico (TEC). Pueden usarse para calentar o para enfriar (refrigeración) aunque en la práctica la aplicación principal es enfriamiento. También pueden usarse como controlador de temperatura que calienta o enfría.

60 El enfriamiento termoeléctrico depende de la electricidad suministrada para el efecto de enfriamiento y consecuentemente puede no ser deseable para algunas aplicaciones.

COMPENDIO

65 La presente invención proporciona un sistema resonador acoplado de manera plasmónica con las características de la reivindicación independiente 1 adjunta. Realizaciones adicionales se establecen en las reivindicaciones dependientes 2-10 adjuntas. La presente divulgación se dirige a sistemas y técnicas que proporcionan una

transferencia deseada de radiación al usar arreglos de empaquetamiento compacto de resonadores que tienen formas fractales, es decir, "celdas fractales". Los sistemas y técnicas de acuerdo con la presente divulgación proporcionan una o más superficies que actúan o funcionan como superficies de radiación de calor o energía para las cuales al menos una porción de la superficie de radiación incluye o está compuesta por "celdas fractales" (formas fractales pequeñas) (como antenas o resonadores) ubicadas lo suficientemente cerca unas de otras (por ejemplo, menos de $1/20$ de longitud de onda) para que una onda superficial (plasmónica) provoque casi una replicación de la corriente presente en una celda fractal en una celda fractal adyacente. Una forma fractal de dicha celda fractal puede ser cualquier forma fractal adecuada y puede tener dos o más iteraciones. Las celdas fractales pueden yacer en una lámina o capa plana o curvada y pueden estar compuestas de capas para una transmisión de ancho de banda o ancho de multibanda amplio. El área de una superficie (por ejemplo, lámina) y su número de formas fractales determina la ganancia con respecto a una única celda fractal. Debido a que cada celda se alimenta de manera plasmónica en lugar de directa, las celdas "muertas" o cubiertas o fuera de resonancia no alteran la capacidad de trabajar de las otras celdas. Los bordes limitantes de la superficie pueden ser terminados de manera resistiva para que no degraden el rendimiento celular en los bordes. Estas superficies pueden denominarse superficies plasmónicas fractales (FPS) y pueden proporcionar beneficios para la gestión térmica y/o transmisión de energía.

Dicha superficie plasmónica fractal (FPS) puede usarse para transferir radiación, por ejemplo, a través de una transferencia de onda evanescente. Al hacerlo dichas superficies pueden usarse para retirar la energía radiativa y/o calor de una ubicación a la otra, o desviarla a otra ubicación. Dichas superficies pueden usarse para difundir esencialmente energía transferida a una parte de la FPS y disipar y o distribuirla a otras partes específicas o globalmente. El calor, por ejemplo, puede disiparse de esta manera, o un "punto caliente" de energía suministrado o impactado con energía localizada puede hacer que la energía se esparza o desvíe a otras ubicaciones deseadas, por ejemplo, diferentes áreas de una máquina o estructura relacionada. En algunas realizaciones, una FPS en una superficie cerrada o curvada puede actuar como un dispositivo de encubrimiento para desviar la energía (en una longitud de onda o frecuencia de interés) desde un lado del dispositivo al otro. En algunas realizaciones, un efecto de refrigeración o enfriamiento puede inducirse al transferir calor lejos de una FPS.

Realizaciones ejemplares de la presente divulgación pueden proporcionar técnicas, incluyendo sistemas y/o métodos, para objetos de encubrimiento en ciertas longitudes de onda/frecuencias o para ciertos rangos de longitud de onda/frecuencia (bandas). Dichas técnicas pueden proporcionar una lente electromagnética efectiva y/o efecto de lente para ciertas longitudes de onda/frecuencias o para ciertos rangos de longitud de onda/frecuencia (bandas).

En algunas realizaciones, los efectos producidos por dichas técnicas pueden incluir encubrimiento o la denominada invisibilidad de los objetos en las longitudes de onda o bandas mencionadas. Las frecuencias representativas de operación pueden incluir, a modo no taxativo, aquellas sobre un rango de 500 MHz a 1,3 GHz, aunque por supuesto pueden realizarse otras. La operación en otras frecuencias, incluyendo por ejemplo luz visible, infrarroja, ultravioleta y así como radiación EM de microondas, por ejemplo, bandas K, Ka, X, etc. pueden realizarse, por ejemplo, mediante una escala apropiada de dimensiones y selección de forma de los elementos resonadores.

Las realizaciones ejemplares de la presente divulgación pueden incluir un arreglo novedoso de resonadores en una configuración similar a una cuadrícula. Los arreglos pueden incluir resonadores de varios tamaños y/o geometrías diferentes dispuestos de manera que cada tamaño o geometría ("agrupación") corresponde a una respuesta de factor de calidad moderada o alta "Q" (que es un ancho de banda moderado o bajo) que resuena dentro de un rango de frecuencia específico.

Para las realizaciones ejemplares, los resonadores fractales pueden usarse para los resonadores en dichas estructuras debido a su control de bandas de paso y tamaños más pequeños en comparación con resonadores no fractales. Su beneficio surge de un punto de vista del tamaño debido a que puede usarse para contraer el o los resonadores, mientras que el control de las bandas de paso puede reducir o eliminar problemas de las bandas de paso armónicas que podrían resonar a frecuencias no deseadas.

Realizaciones adicionales de la presente divulgación están dirigidas a dispersores o estructuras dispersantes. Realizaciones adicionales de la presente divulgación están dirigidas a estructuras/técnicas para la activación y/o desactivación de estructuras de encubrimiento. Realizaciones adicionales de la presente divulgación están dirigidas a absorbentes de banda ancha.

Se debe comprender que otras realizaciones de sistemas y métodos de FPS de acuerdo con la presente divulgación se volverán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada, en donde se muestran y se describen realizaciones ejemplares a modo de ilustración. Los sistemas y métodos de la presente divulgación pueden tener otras realizaciones diferentes y los detalles de los mismos son pasibles de modificación en varios otros aspectos. Por consiguiente, los dibujos y la descripción detallada deben considerarse como ilustrativos por naturaleza y no restrictivos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Aspectos de la divulgación pueden comprenderse mejor a partir de la siguiente descripción cuando se leen junto con los dibujos adjuntos, que deben considerarse como ilustrativos por naturaleza y no limitantes. Los dibujos no son necesariamente a escala, sino que se hace hincapié en los principios de la divulgación. En los dibujos:

- 5 La FIG. 1 representa una vista en planta diagramática de una superficie plasmónica fractal (FPS), de acuerdo con realizaciones ejemplares de la presente divulgación;
- la FIG. 2 representa una vista en planta diagramática de un sistema de encubrimiento de resonador utilizando una cantidad de envolturas cilíndricas, de acuerdo con realizaciones ejemplares de la presente divulgación; y
- 10 la FIG. 3 representa una vista en planta diagramática de un sistema de encubrimiento de resonador utilizando una cantidad de envolturas que tienen una sección transversal elíptica, de acuerdo con realizaciones alternativas de la presente divulgación;
- la FIG. 4 representa un ejemplo de una FPS en tres configuraciones diferentes, que se muestran en las vistas (A)-(C);
- 15 la FIG. 5 ilustra la robustez o anti-fragilidad presentada por una FPS en condiciones donde algunas celdas fractales están dañadas o son inoperativas de otro modo; y
- la FIG. 6 representa un ejemplo de una FPS usada para disipar la radiación incidental.

20 Aunque ciertas realizaciones son representadas en los dibujos, un experto en la técnica apreciará que las realizaciones representadas son ilustrativas y que distintas variaciones de las que se muestran, así como otras realizaciones descritas en la presente, pueden preverse y ponerse en práctica dentro del alcance de la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

25 Los sistemas y las técnicas de acuerdo con la presente divulgación proporcionan una transferencia deseada de radiación al usar arreglos de empaquetamiento compacto de resonadores que tienen formas fractales, es decir, "celdas fractales". Los sistemas y técnicas de acuerdo con la presente divulgación proporcionan una o más superficies que actúan o funcionan como superficies de radiación de calor o energía para las cuales al menos una porción de la superficie de radiación incluye o está compuesta por "celdas fractales" (formas fractales pequeñas)

30 (como antenas o resonadores) ubicadas lo suficientemente cerca unas de otras (por ejemplo, menos de 1/20 de longitud de onda) para que una onda superficial (plasmónica) provoque casi una replicación de la corriente presente en una celda fractal en una celda fractal adyacente. Una forma fractal de dicha celda fractal puede ser cualquier forma fractal adecuada y puede tener dos o más iteraciones. Las celdas fractales pueden yacer en una lámina o capa plana o curvada y pueden estar compuestas de capas para una transmisión de ancho de banda o ancho de

35 multibanda amplio. El área de una superficie (por ejemplo, lámina) y su número de formas fractales determina la ganancia con respecto a una única celda fractal. Debido a que cada celda se alimenta de manera plasmónica en lugar de directa, las celdas "muertas" o cubiertas o fuera de resonancia no alteran la capacidad de trabajar de las otras celdas. Los bordes limitantes de la superficie pueden ser terminados de manera resistiva para que no degraden el rendimiento celular en los bordes. Estas superficies pueden denominarse superficies plasmónicas fractales (FPS).

40

Dicha superficie plasmónica fractal (FPS) puede usarse para transferir radiación, por ejemplo, a través de una transferencia de onda evanescente. Al hacerlo dichas superficies pueden usarse para retirar la energía radiativa y/o calor de una ubicación a la otra, o desviarla a otra ubicación. Dichas superficies pueden usarse para difundir

45 esencialmente energía transferida a una parte de la FPS y disipar y o distribuirla a otras partes específicas o globalmente. El calor, por ejemplo, puede disiparse de esta manera, o un "punto caliente" de energía suministrado o impactado con energía localizada puede hacer que la energía se esparza o desvíe a otras ubicaciones deseadas, por ejemplo, diferentes áreas de una máquina o estructura relacionada. En algunas realizaciones, una FPS en una superficie cerrada o curvada puede actuar como un dispositivo de encubrimiento para desviar la energía (en una

50 longitud de onda o frecuencia de interés) desde un lado del dispositivo al otro. En otras realizaciones, un efecto de refrigeración o enfriamiento puede inducirse al transferir calor lejos de una FPS.

De acuerdo con la invención, el control de energía también puede lograrse a través de absorción de banda ancha al colocar una lámina resistiva en el borde de las celdas fractales, creando una capa adyacente a las celdas. La radiación electromagnética incidente será absorbida y no se reflejará o dispersará. Una FPS puede usarse para acoplar inalámbicamente un dispositivo para la transmisión de energía al colocar la energía como una radiación electromagnética en la FPS y luego colocar físicamente el dispositivo (que será) impulsado cerca de la FPS. Una FPS puede funcionar también incluso si algunas de las celdas están dañadas o faltan debido a que existe una variedad de rutas para transmitir la transmisión plasmónica. Una FPS también puede usarse para difundir la energía

60 lejos de una ubicación a otra o disiparla para que disminuya los "puntos calientes". El calentamiento y enfriamiento como un tubo similar al de calor de velocidad de luz de banda ancha también puede hacerse con la FPS.

Realizaciones ejemplares de la presente divulgación pueden proporcionar técnicas, incluyendo sistemas y/o métodos, para objetos de encubrimiento en ciertas longitudes de onda/frecuencias o para ciertos rangos de longitud de onda/frecuencia (bandas). Dichas técnicas pueden proporcionar una lente electromagnética efectiva y/o efecto de lente para ciertas longitudes de onda/frecuencias o para ciertos rangos de longitud de onda/frecuencia (bandas). En

algunas realizaciones, los efectos producidos por dichas técnicas pueden incluir encubrimiento o la denominada invisibilidad de los objetos en las longitudes de onda o bandas mencionadas. Las frecuencias representativas de operación pueden incluir, a modo no taxativo, aquellas sobre un rango de 500 MHz a 1,3 GHz, aunque por supuesto pueden realizarse otras. La operación en otras frecuencias, incluyendo por ejemplo las de luz visible, infrarroja, ultravioleta y así como radiación EM de microondas, por ejemplo, bandas K, Ka, X, etc. pueden realizarse, por ejemplo, mediante una escala apropiada de dimensiones y selección de forma de los elementos resonadores.

Las realizaciones ejemplares de la presente divulgación pueden incluir un arreglo novedoso de resonadores en una configuración similar a una cuadrícula. Los arreglos pueden incluir resonadores de varios tamaño y/o geometrías diferentes dispuestos de manera que cada tamaño o geometría ("agrupación") corresponde a una respuesta de factor de calidad moderada o alta "Q" (que es un ancho de banda moderado o bajo) que resuena dentro de un rango de frecuencia específico.

Para las realizaciones ejemplares, los resonadores fractales pueden usarse para los resonadores en dichas estructuras debido a su control de bandas de paso y tamaños más pequeños en comparación con resonadores no fractales. Su beneficio surge de un punto de vista del tamaño debido a que puede usarse para contraer el o los resonadores, mientras que el control de las bandas de paso puede reducir o eliminar problemas de las bandas de paso armónicas que podrían resonar a frecuencias no deseadas.

Realizaciones adicionales de la presente divulgación están dirigidas a dispersores o estructuras dispersantes. Realizaciones adicionales de la presente divulgación están dirigidas a estructuras/técnicas para la activación y/o desactivación de estructuras de encubrimiento.

La tecnología fractal relacionada se describe de en: (i) Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos No. 61/163.824, presentada el 26 de marzo de 2009 y titulada "Cloaking Techniques"; (ii) Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos No. 61/163.837, presentada el 26 de marzo de 2009 y titulada "Scatterer"; (iii) Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos No. 61/163.913, presentada el 27 de marzo de 2009 y titulada "Cloaking Techniques"; y, (iv) Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos No. 61/237.360, presentada el 27 de agosto de 2009 y titulada "Switching System for Cloak On Command".

Para realizaciones ejemplares, resonadores fractales pueden usarse para los resonadores debido a su control de bandas de paso y tamaños más pequeños. Un beneficio principal de dichos resonadores surge de un punto de vista del tamaño debido a que puede usarse para contraer el resonador, mientras que el control de las bandas de paso puede reducir/mitigar o eliminar problemas de las bandas de paso armónicas que podrían resonar a frecuencias no deseadas.

Realizaciones ejemplares de un sistema resonador para su uso en frecuencias infrarrojas (o cercanas) pueden construirse a partir de cinturones o circuitos que tienen celdas fractales en uno o ambos lados. Estos cinturones o circuitos pueden funcionar para deslizar la energía infrarroja (calor) alrededor de un objeto ubicado en los cinturones, de forma que el objeto es invisible de manera efectiva y "transparente" a las frecuencias infrarrojas. Los cinturones, o envolturas, que tienen arreglos de empaquetamiento compacto similares para su operación en una primera banda de paso pueden posicionarse dentro de una longitud de onda con respecto a la otra, por ejemplo, $1/10\lambda$, $1/8\lambda$, $1/4\lambda$, $1/2\lambda$, etc.

En realizaciones de encubrimiento, como se describe en mayor detalle a continuación, un observador puede observar una imagen o señal original, sin que esté bloqueada por el objeto encubierto. Sin usar energía, el encubrimiento fractal que tiene FPS puede replicar la señal original (es decir, la señal antes del bloqueo) con gran fidelidad. El sistema resonador acoplado de manera plasmónica de la presente invención funciona en la región infrarroja (por ejemplo, ~ 700 nm a ~ 1 mm, correspondiente a ~ 430 THz a ~ 300 GHz), proporcionando ancho de banda 3:1; el funcionamiento en o cerca de dichas frecuencias pueden proporcionar otros anchos de banda también, tales como 1:1 hasta 2:1 y hasta aproximadamente 3:1.

La FIG. 1 representa un sistema radiativo 100 que tiene una superficie plasmónica fractal (FPS), de acuerdo con la presente divulgación. La FPS 102 incluye un arreglo de empaquetamiento compacto de resonadores que tienen formas fractales (por ejemplo, "celdas fractales") como se indica en 110 y 120. La FPS 102 puede ser parte de una superficie o área más grande 104. Las celdas fractales individuales están separadas de las celdas fractales adyacentes pero están lo suficientemente cerca unas de otras (por ejemplo, menos de $1/20$ de longitud de onda) de manera que una onda superficial (plasmónica) provoca casi una replicación de corriente presente en una celda fractal en una celda fractal adyacente. Aunque las formas fractales preferidas se muestran en la FIG. 1 como hexagonales o similares a un copo de nieve, puede usarse cualquier forma fractal adecuada (por ejemplo, determinista) y dicha forma fractal puede tener dos o más iteraciones. Las celdas fractales pueden yacer en una lámina o capa plana o curvada y pueden estar compuestas de capas para una transmisión de ancho de banda o ancho de multibanda amplio. Cada capa que tiene una FPS puede utilizar celdas fractales de diferente tamaño y forma que las de otra capa.

Ejemplos de formas fractales adecuadas (para su uso para envolturas y/o un objeto dispersante) pueden incluir, a modo no taxativo, formas fractales descritas en una o más de las siguientes patentes, pertenecientes al cesionario de la presente divulgación: Patente de los Estados Unidos No. 6.452.553; Patente de los Estados Unidos No. 6.104.349; Patente de los Estados Unidos No. 6.140.975; Patente de los Estados Unidos No. 7.145.513; Patente de los Estados Unidos No. 7.256.751; Patente de los Estados Unidos No. 6.127.977; Patente de los Estados Unidos No. 6.476.766; Patente de los Estados Unidos No. 7.019.695; Patente de los Estados Unidos No. 7.215.290; Patente de los Estados Unidos No. 6.445.352; Patente de los Estados Unidos No. 7.126.537; Patente de los Estados Unidos No. 7.190.318; Patente de los Estados Unidos No. 6.985.122; Patente de los Estados Unidos No. 7.345.642 y Patente de los Estados Unidos No. 7.456.799.

Otras formas fractales adecuadas para las estructuras resonantes pueden incluir cualquiera de las siguientes: una forma fractal de copo de nieve de Koch, una forma fractal de Minkowski, una forma fractal de Cantor, una forma fractal de cuadrado partido, de Mandelbrot, una forma fractal de árbol de Caley, una forma fractal de balanceo de mono, un triángulo de Sierpinski, y una forma fractal de Julia, una forma fractal de conjunto de contornos, una forma fractal de triángulo de Sierpinski, una forma fractal de esponja de Menger, una forma fractal de curva del dragón, una forma fractal de curva de relleno de espacio, una forma fractal de curva de Koch, una forma fractal de Lypanov y una forma fractal de grupo de Kleinian. Aunque las formas fractales ejemplares se muestran en la FIG. 1, la presente divulgación no está limitada a las mismas y puede usarse cualquier otra forma fractal adecuada (incluyendo motivos generadores) de acuerdo con la presente divulgación.

Las celdas fractales 110 y 120 pueden formarse en la FPS 102 mediante cualquier técnica adecuada. Dichas técnicas pueden incluir técnicas aditivas y/o sustractivas. Pueden usarse técnicas de litografía adecuadas para algunas realizaciones. En realizaciones ejemplares, las formas fractales de las celdas fractales 110 y 120 pueden ser trazos conductores que se depositan en la superficie subyacente, por ejemplo, un sustrato adecuado. Puede utilizarse cualquier técnica de deposición adecuada. En otras realizaciones, las celdas fractales 110 y 120 pueden grabarse en una superficie. Puede utilizarse cualquier técnica de micromaquinado o nanomaquinado adecuada.

Realizaciones ejemplares del sistema 100 pueden utilizar un material para un sustrato que tiene características de pérdida baja en la región infrarroja para facilitar la transferencia de calor por celdas fractales dispuestas sobre, dispuestas en o soportadas por el sustrato, por ejemplo, en una superficie de soporte proporcionada por el sustrato. Ejemplos de materiales adecuados para dichos sustratos pueden incluir, a modo no taxativo, los siguientes: vidrios de calcogenuro en general; vidrios As-S, As-Se, Ge-As-Se de alta pureza; y vidrio $Ge_{30}As_{10}Se_{30}Te_{30}$ y similares.

La FIG. 2 representa una vista en planta diagramática de un sistema de encubrimiento 200 y evaluación de RF configurada de acuerdo con realizaciones ejemplares de la presente divulgación. Como se muestra en la FIG. 2, un número de envolturas concéntricas (o bandas) 202 se colocan en una plataforma (paralela al plano del dibujo). Las envolturas incluyen un sustrato flexible (por ejemplo, poliimida con o sin refuerzo compuesto) con trazos conductores (por ejemplo, cobre, plata, etc.) en formas o delineados fractales, cada forma separada representando una celda fractal (por ejemplo, similar a las celdas 110 y 120 de la FIG. 1). Las envolturas 202 rodean un objeto para ser encubierto (como se muestra en 204 en la FIG. 1). Una antena de transmisión 1 y una antena receptora 2 se muestran en diferentes lados del sistema 200 a efectos de ilustración. Las envolturas 202 pueden mantenerse en su lugar por soportes radiales adecuados 206.

Las envolturas indicadas en la FIG. 2 son de dos tipos, un conjunto (A1-A4) configurado para su operación óptima en un primer rango de longitud de onda/frecuencia y otro conjunto (B1- B3) configurado para su operación óptima en un segundo rango de longitud de onda/frecuencia. (La numeración de las envolturas es por supuesto arbitraria y puede reordenarse, por ejemplo, invertirse).

Para una realización ejemplar del sistema 200, el conjunto externo de las envolturas (A1-A4, siendo A1 la más interna y A4 la más externa) tenía una altura de aproximadamente 3 a 4 pulgadas (por ejemplo, 3,5 pulgadas), y el conjunto interno de las envolturas tenía una altura de aproximadamente 1 pulgada menos (por ejemplo, aproximadamente 2,5 a 3 pulgadas). La separación entre las envolturas con una forma fractal más grande (A1-A4) fue aproximadamente 2,4 cm mientras que la separación entre las envolturas de formas generadoras fractales más pequeñas (B1-B3) fue aproximadamente 2,15 cm (a lo largo de una dirección radial). En una realización preferida, la envoltura A4 se colocó entre la envoltura B2 y B3 como se muestra. Los resonadores formados en cada envoltura por las formas fractales pueden configurarse para estar acoplados estrechamente (por ejemplo, mediante acoplado capacitivo y/o de onda evanescente) y funcionan para propagar energía por una onda plasmónica.

Se apreciará que mientras que dos tipos de envolturas y un número dado de envolturas por conjunto se indican en la FIG. 2, el número de tipos de envolturas y número de envolturas para cada conjunto puede seleccionarse como se desea, y puede optimizarse para diferentes aplicaciones, por ejemplo, bandas de longitud de onda/frecuencia, incluyendo las bandas ópticas, es decir, infrarrojo, visible y ultravioleta, así como rayos X.

La FIG. 3 representa una vista en planta diagramática de un sistema de encubrimiento (o sistema de resonador eléctrico) de acuerdo con una realización alternativa en la cual las envolturas individuales tienen una sección transversal elíptica. Como se muestra en la FIG. 3, un sistema 300 para encubrimiento puede incluir un número de

envolturas concéntricas (o bandas) 302. Estas envolturas pueden mantenerse en su lugar con respecto a las otras por medios de fijación adecuados, por ejemplo, pueden colocarse en una plataforma (paralela al plano del dibujo) y/o mantenerse con un marco. Las envolturas 302 pueden incluir un sustrato flexible (por ejemplo, poliimida con o sin refuerzo compuesto) con un arreglo de empaquetamiento compacto de material eléctricamente conductor formado en la primera superficie. Como se estableció previamente para la FIG. 2, el arreglo de empaquetamiento compacto puede incluir un número de formas de resonador eléctrico autosimilares. Las formas de resonador pueden realizarse a partir de trazos conductores (por ejemplo, cobre, plata, oro, tinte en base a plata, etc.) que tienen una forma deseada, por ejemplo, forma fractal, forma de anillo partido y similares. Las envolturas 302 pueden rodear un objeto para ser encubierto, como se indica en la FIG. 3.

Como se indica en la FIG. 3 (por líneas discontinuas 1 y 2 y flechas), las diversas envolturas en sí no tienen que formar superficies cerradas. Por el contrario, una o más envolturas pueden formar superficies abiertas. Esto puede permitir un encubrimiento preferencial del objeto en una dirección o por un ángulo dado (ángulo sólido). Más aún, aunque las líneas discontinuas 1 y 2 se muestran que cruzan las envolturas B1-B3 y A1-A3 del sistema 300, una o más envolturas de cada grupo de envolturas (B1-B3 y A1-A3) pueden cerrarse mientras que otras se abren. Adicionalmente, se debe apreciar que las secciones transversales que se muestran para cada envoltura pueden representar formas geométricas cerradas, por ejemplo, envolturas esféricas y elipsoidales.

Como se indicó previamente, cada envoltura de un sistema de encubrimiento (por ejemplo, sistema 300) incluye múltiples resonadores en una o múltiples configuraciones de empaquetamiento compacto. Los resonadores pueden ser patrones repetidos de trazos conductores. Estos trazos conductores pueden ser formas geométricas cerradas, por ejemplo, anillos, circuitos, formas fractales cerradas, etc. Los resonadores pueden ser autosimilares a al menos la segunda iteración. Los resonadores pueden incluir formas de anillo partido, para algunas realizaciones. Sin embargo no se requiere que las estructuras resonantes sean formas cerradas y pueden usarse formas abiertas.

En realizaciones ejemplares de envoltura 300, los circuitos cerrados pueden configurarse como formas fractales o formas en base a fractales, por ejemplo, como se representa por las celdas fractales 110 y 120 en la FIG. 1. Las dimensiones y tipo de una forma fractal para una celda fractal puede ser la misma para cada tipo de envoltura pero puede variar entre tipos de envoltura. Esta variación (por ejemplo, escala de la misma forma fractal) puede proporcionar ancho de banda aumentado para las características de encubrimiento del sistema. Esto puede conducir a periodicidad de las formas fractales de tipos de envoltura comunes pero aperiodicidad entre las formas fractales de diferentes tipos de envoltura.

Se apreciará que las estructuras resonantes de las envolturas pueden formarse o hacerse mediante cualquier técnica adecuada y con cualquier material adecuado. Por ejemplo, semiconductores con niveles de dopaje deseados y dopantes pueden usarse como materiales conductores. Pueden usarse metales o compuestos que contienen metal adecuados. Técnicas adecuadas pueden usarse para colocar conductores sobre/en una envoltura, incluyendo, a modo no taxativo, técnicas de impresión, técnicas de fotolitografía, técnicas de grabado y similares.

También se apreciará que las envolturas pueden realizarse a partir de cualquier material adecuado. Pueden usarse materiales de una placa de circuito impreso. Se prefieren los materiales de placas de circuitos flexibles. Sin embargo, puede usarse otro material para las envolturas y las envolturas en sí pueden hacerse de elementos no continuos, por ejemplo, un marco o marco de trabajo. Por ejemplo, pueden usarse varios plásticos. En realizaciones ejemplares, la superficie o sustrato subyacente en el cual se forma una FPS puede tener baja pérdida con respecto al tipo de radiación para la cual la FPS fue diseñada para facilitar el calor y/o la transferencia o disipación de energía pretendidos.

Realizaciones ejemplares de la presente divulgación pueden proporcionar técnicas, incluyendo sistemas y/o métodos, para proporcionar una sección transversal de radar de diferentes tamaños que los que se dictarían de otro modo por la geometría física de un objeto. Dichas técnicas (objetos/métodos) pueden ser útiles para implementaciones tales como señuelos radar donde un objeto dado (señuelo) se hace aparecer en la sección transversal de radar como otro objeto (por ejemplo, misil). Las frecuencias representativas de operación pueden incluir las que se encuentran en un rango de 500 MHz a 1,3 GHz aunque, por supuesto pueden utilizarse otras. Otras frecuencias, que incluyen las de luz visible, pueden realizarse, por ejemplo, mediante escala apropiada de dimensiones y selección de forma de elementos fractales.

La FIG. 4 representa un ejemplo de una FPS 400 en tres configuraciones diferentes, que se muestran en las vistas (A)-(C). En la vista (A), la FPS 400A se muestra físicamente acoplada entre dos objetos: un objeto caliente y un objeto más frío. El calor, en la forma de energía infrarroja radiativa, fluye desde el objeto caliente al objeto más frío a través del acoplamiento plasmónico entre celdas fractales 402 de la FPS 400A.

En la vista (B), se muestra una configuración de FPS 400B que tiene extremos resistivos 404 en adición a las celdas fractales 402. Los extremos resistivos 404 pueden estar hechos de cualquier material resistivo adecuado y cualquier técnica adecuada. Dichos extremos resistivos pueden ser útiles para una disipación de energía en algunas aplicaciones. La vista (C) de la FIG. 4 muestra otra realización de FPS 400C que tiene una capa o borde resistivo

406 en lugar de los extremos resistivos 404 que se mostraron previamente (aunque ambos elementos resistivos pueden usarse para un único FPS).

5 La FIG. 5 ilustra la robustez o anti-fragilidad presentada por una FPS 500 en condiciones donde algunas celdas fractales están dañadas o son inoperativas de otro modo. Tal como se muestra, la FPS 500 tiene un arreglo de empaquetamiento compacto de celdas fractales, indicadas por círculos 502. El arreglo de empaquetamiento compacto proporciona muchas rutas por las cuales puede transferirse la energía de un área de la FPS a otra, incluso en presencia de celdas fractales dañadas o de otro modo inoperativas (representadas por los cuadrados negros que se muestran).

10 La FIG. 6 representa un ejemplo de una FPS 600 usada para disipar la radiación incidente, que puede ser radiación dirigida de alta intensidad o corriente. Tal como se muestra, la radiación que es incidente en un área localizada de la FPS 600 se disipa (indicado por anillos concéntricos) por la superficie de la FPS 600 a través de un acoplamiento plasmónico y transferencia radiativa entre las celdas fractales 602 de la FPS 600.

15 Aunque las realizaciones se muestran y describen en la presente como que tienen envolturas en la forma de anillos concéntricos (cilindros circulares), las envolturas pueden tener otras formas en otras realizaciones. Por ejemplo, una o más envolturas pueden tener una forma en general esférica (con menores desviaciones para soporte estructural). En una realización ejemplar, las envolturas podrían formar un arreglo anidado de dichas formas esféricas, alrededor de un objeto a proteger (a las frecuencias/longitudes de onda objetivo/seleccionados). Pueden usarse secciones transversales de envoltura de formas angulares, por ejemplo, triangular o hexagonal, aunque no es preferido.

20 Un experto en la técnica apreciará que las realizaciones y/o porciones de realizaciones de la presente divulgación pueden implementarse en/con medios de almacenamiento de lectura informática (por ejemplo, hardware, software, firmware o cualquier combinación de los mismos) y pueden distribuirse y/o ponerse en práctica para una o más redes. Los pasos u operaciones (o porciones de las mismas) tal como se describen en la presente, incluyendo funciones de procesamiento para derivar, aprender o calcular fórmulas y/o modelos matemáticos utilizados y/o producidos por las realizaciones de la presente divulgación, pueden procesarse por uno o más procesadores adecuados, por ejemplo, unidades de procesamiento centrales (CPU) que implementan código/instrucciones adecuados en cualquier idioma adecuado (dependiente de una máquina o independiente de una máquina).

25 Por ejemplo, aunque se han descrito ciertas longitudes de onda/frecuencias de operación, estas son meramente representativas y pueden utilizarse o alcanzarse otras longitudes de onda/frecuencias dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

30 Más aun, aunque se han descrito ciertas formas generadoras fractales preferidas, pueden usarse otras dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por consiguiente, las realizaciones descritas en la presente deben considerarse en todos los aspectos como ilustrativas de la presente invención según se establece en las reivindicaciones adjuntas y no restrictivas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema resonador acoplado de manera plasmónica, comprendiendo el sistema:

- 5 una pluralidad de celdas fractales de empaquetamiento compacto (110, 120; 402) dispuestas en una superficie de soporte, en donde cada celda fractal incluye una forma fractal (A1- A4) que define un resonador eléctrico, en donde las celdas fractales individuales (110, 120; 402) están separadas de las celdas fractales adyacentes (110, 120; 402), y en donde la pluralidad de celdas fractales (110, 120; 402) están posicionadas para soportar la transferencia plasmónica de energía entre las celdas fractales (110, 120; 402); y
- 10 en donde la pluralidad de celdas fractales (110, 120; 402) están configuradas como una superficie plasmónica fractal FPS (102; 400, 400A, 400B, 400C; 500; 600), en donde la FPS (102; 400, 400A, 400B, 400C; 500; 600) es operativa para transferir calor de una ubicación en la FPS (102; 400, 400A, 400B, 400C; 500; 600) a otra ubicación deseada en la FPS (102; 400, 400A, 400B, 400C; 500; 600); y
- 15 en donde las celdas fractales (110, 120; 402) están separadas por aproximadamente $1/20 \lambda$, en donde λ está en el espectro infrarrojo y en el rango de 700 nm a 1 mm;
- caracterizado por que** el sistema comprende además una lámina resistiva ubicada en el borde de la superficie plasmónica fractal (400C).
- 20 2. El sistema de la reivindicación 1, en donde la superficie de soporte es parte de un sustrato y en donde el sustrato comprende un material de baja pérdida en la región infrarroja.
3. El sistema de la reivindicación 2, en donde el sustrato comprende vidrio de calcogenuro.
4. El sistema de la reivindicación 1, en donde la forma fractal (A1-A4) comprende un trazo conductor.
- 25 5. El sistema de la reivindicación 1, en donde la forma fractal (A1-A4) comprende una ranura y en donde cada resonador forma una antena con ranura.
6. El sistema de la reivindicación 1, en donde la forma fractal (A1- A4) se selecciona del grupo que consiste en una forma fractal de copo de nieve de Koch, una forma fractal de Minkowski, una forma fractal de Cantor, una forma fractal de cuadrado partido, de Mandelbrot, una forma fractal de árbol de Caley, una forma fractal de balanceo de mono, un triángulo de Sierpinski, y una forma fractal de Julia.
- 30 7. El sistema de la reivindicación 1, en donde la forma fractal (A1 -A4) se selecciona del grupo que consiste en una forma fractal de conjunto de contornos, una forma fractal de triángulo de Sierpinski, una forma fractal de esponja de Menger, una forma fractal de curva del dragón, una forma fractal de curva de relleno de espacio, una forma fractal de curva de Koch, una forma fractal de Lypanov y una forma fractal de grupo de Kleinian.
- 35 8. El sistema de la reivindicación 1, en donde la pluralidad de celdas fractales (110, 120; 402) están configuradas como una superficie plasmónica fractal FPS (102; 400, 400A, 400B, 400C; 500; 600), en donde la FPS (102; 400, 400A, 400B, 400C; 500; 600) es operativa para transferir energía desde una ubicación en la FPS (102; 400, 400A, 400B, 400C; 500; 600) a otra ubicación deseada en la FPS (102; 400, 400A, 400B, 400C; 500; 600).
- 40 9. El sistema de la reivindicación 1, en donde la pluralidad de celdas fractales (110, 120; 402) están configuradas como una superficie plasmónica fractal FPS (102; 400, 400A, 400B, 400C; 500; 600), en donde la FPS (102; 400, 400A, 400B, 400C; 500; 600) es operativa para disipar calor desde una ubicación en la FPS (102; 400, 400A, 400B, 400C; 500; 600) por el área superficial de la FPS (102; 400, 400A, 400B, 400C; 500; 600).
- 45 10. El sistema de la reivindicación 1, en donde la pluralidad de celdas fractales (110, 120; 402) están configuradas como una superficie plasmónica fractal FPS (102; 400, 400A, 400B, 400C; 500; 600), en donde la FPS (102; 400, 400A, 400B, 400C; 500; 600) es operativa para disipar energía desde una ubicación en la FPS (102; 400, 400A, 400B, 400C; 500; 600) por el área superficial de la FPS (102; 400, 400A, 400B, 400C; 500; 600).
- 50

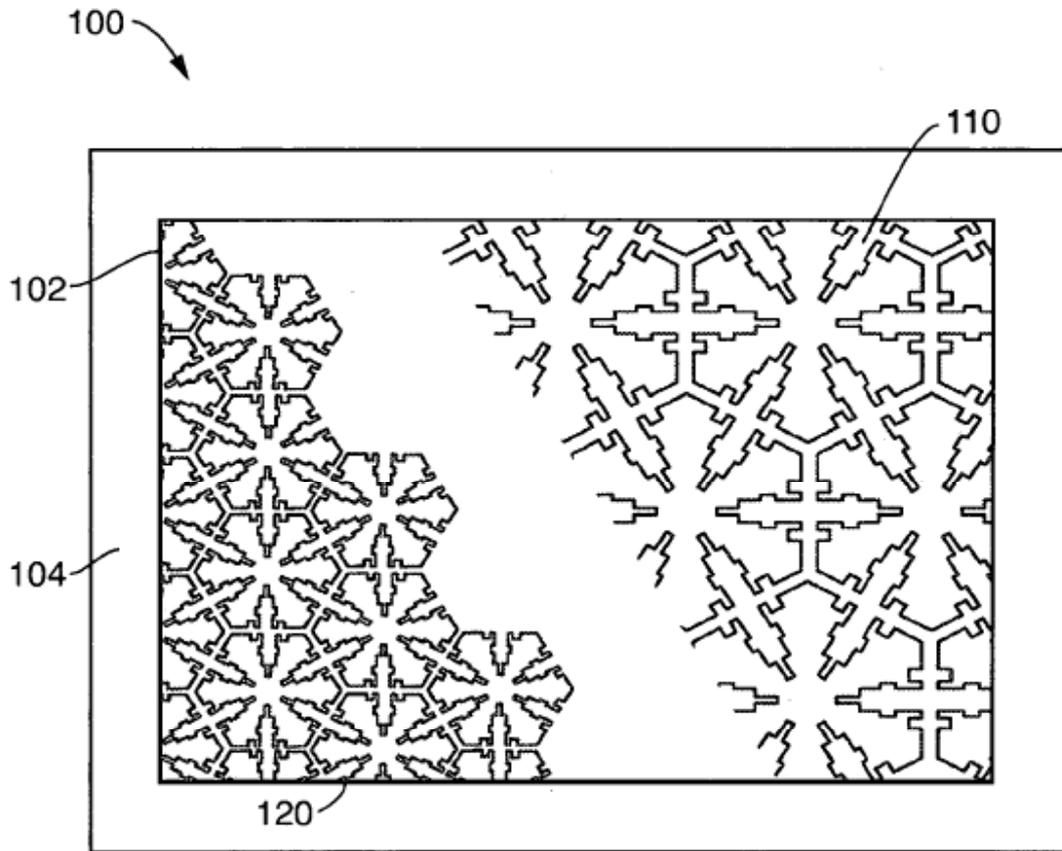


FIG. 1

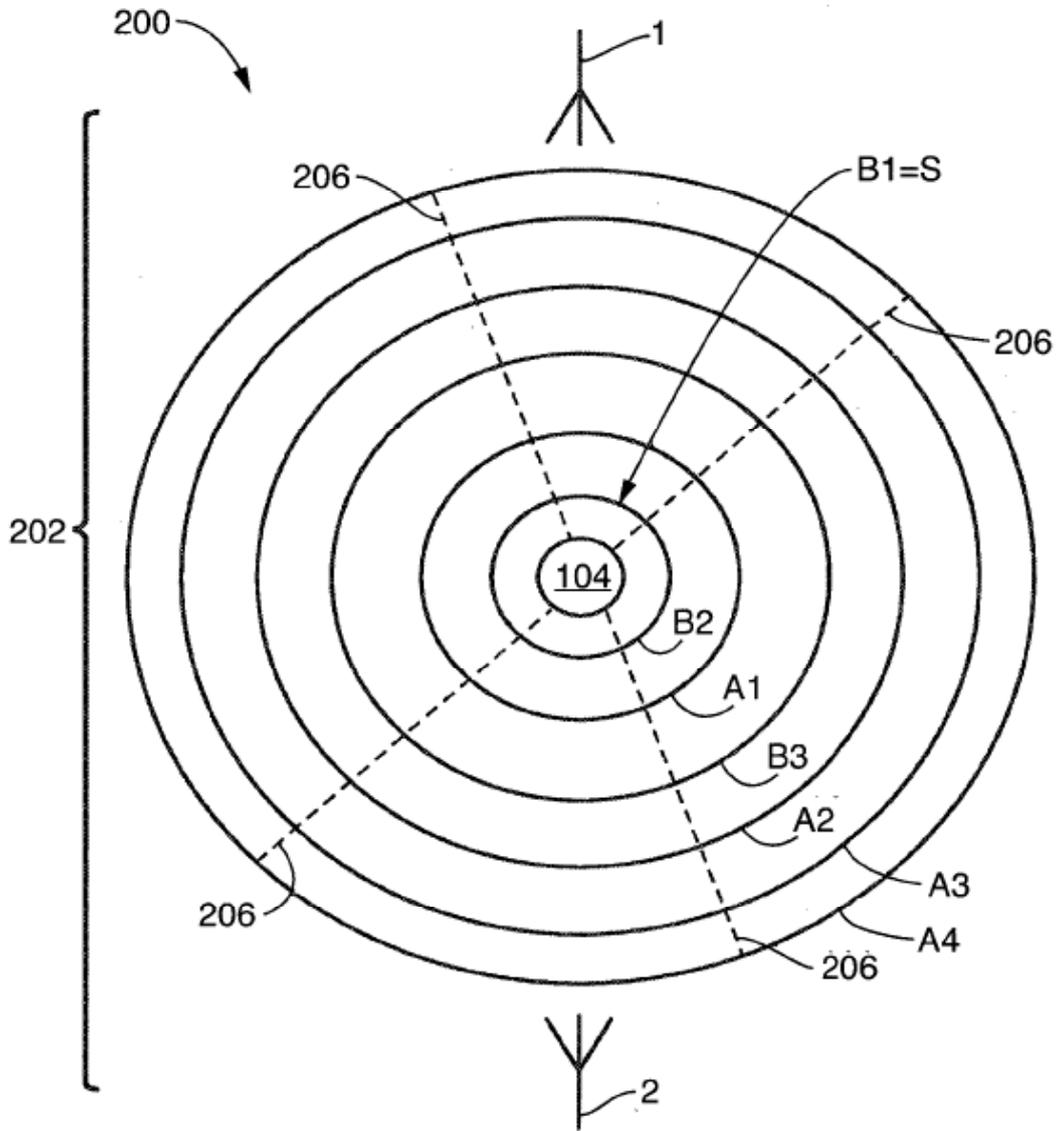


FIG. 2

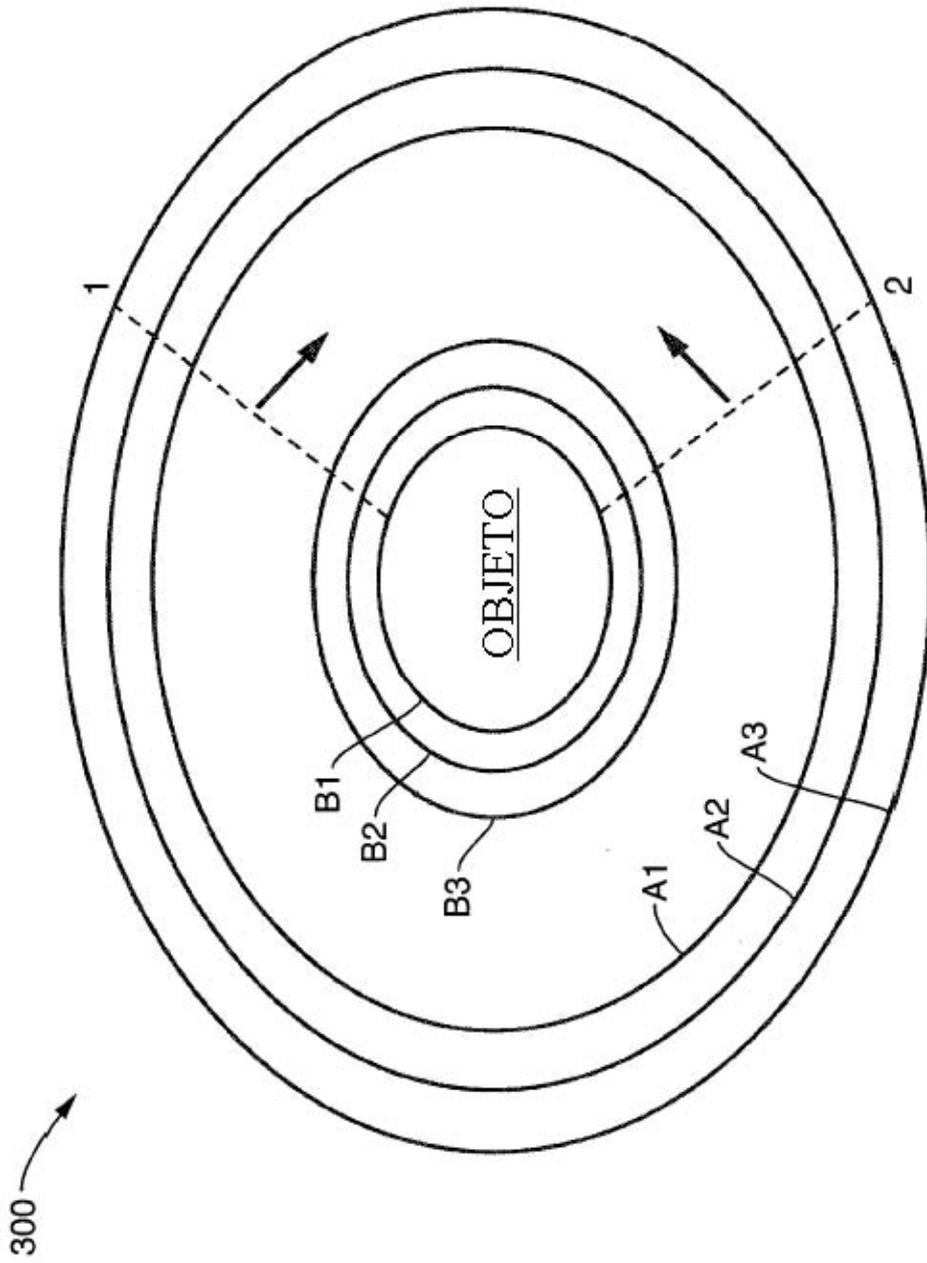


FIG. 3

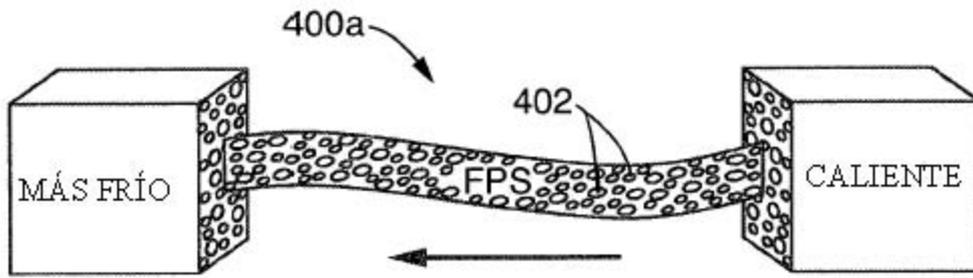


FIG. 4A

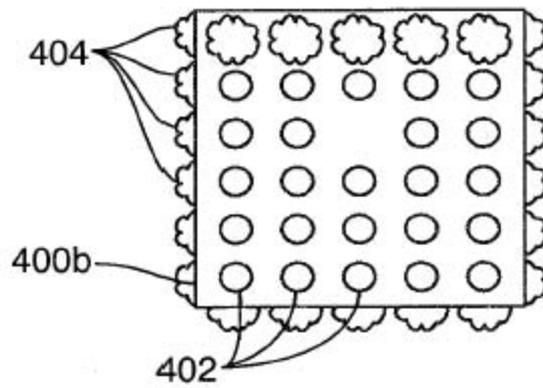


FIG. 4B

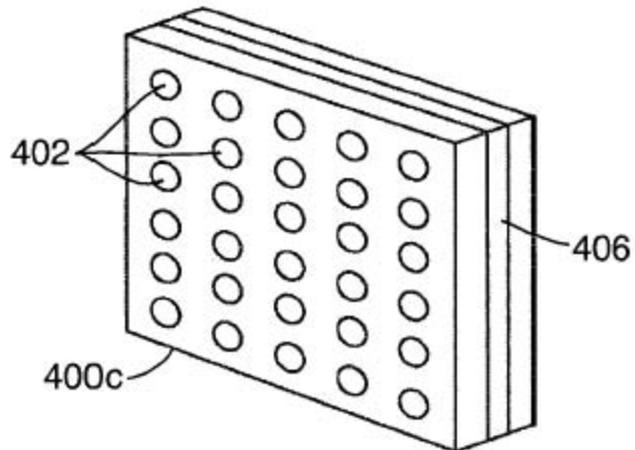


FIG. 4C

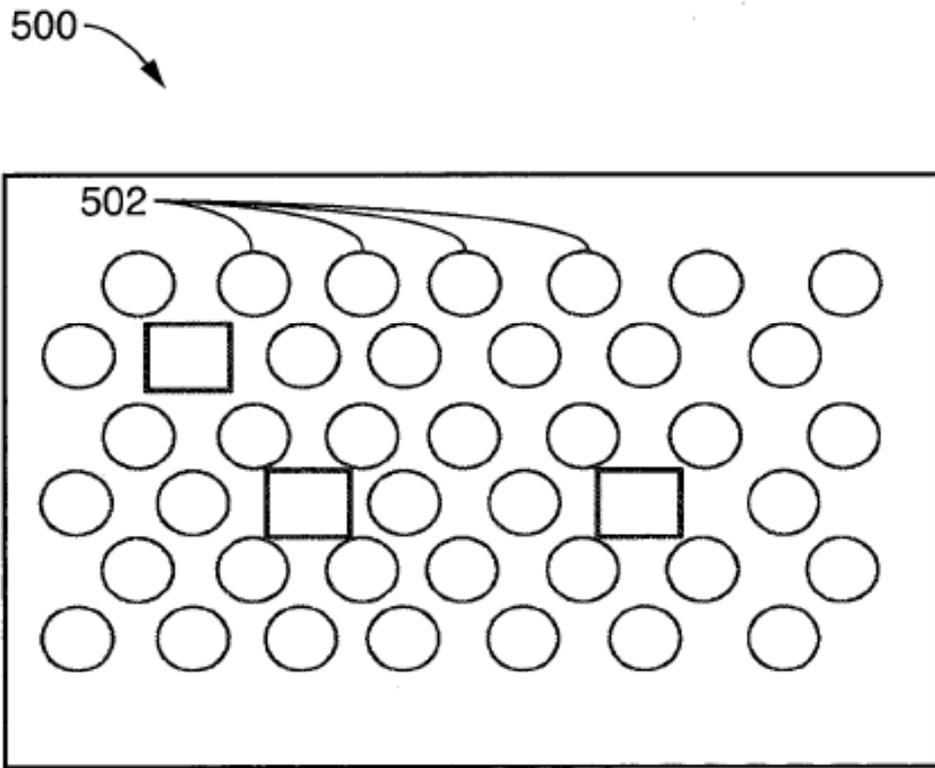


FIG. 5

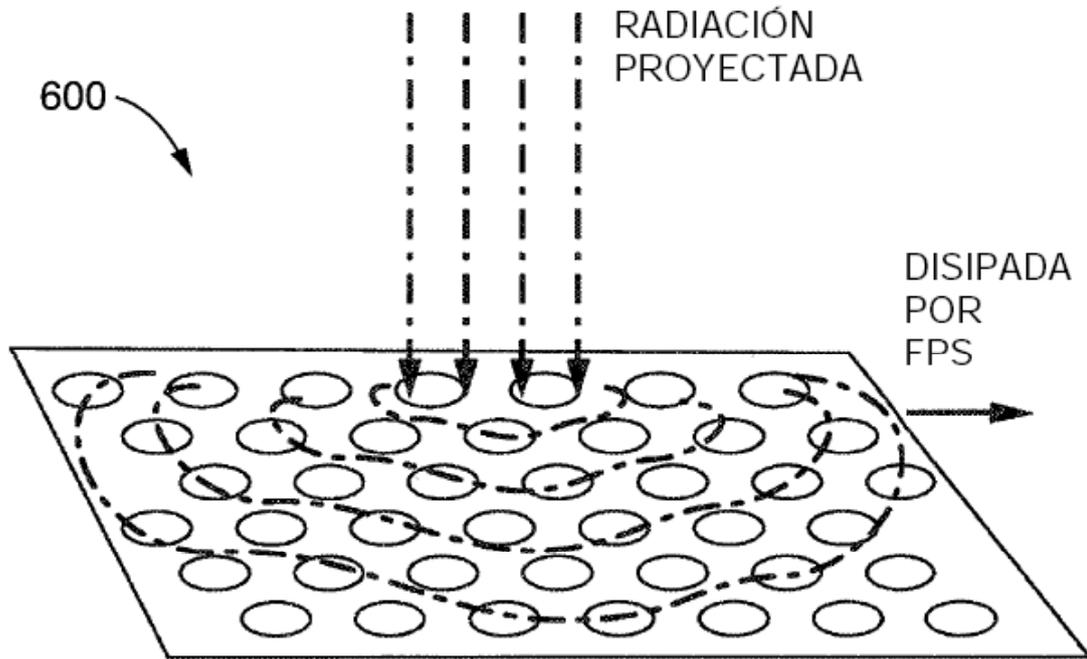


FIG. 6