

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 687 321**

51 Int. Cl.:

H01Q 3/16 (2006.01)

H01Q 13/28 (2006.01)

H01Q 21/00 (2006.01)

H01Q 21/22 (2006.01)

H01Q 11/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2015** **E 15201921 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.07.2018** **EP 3038206**

54 Título: **Técnicas de ahusamiento de plano E aumentado en matrices de antenas con stubs transversales continuos de inclinación variable**

30 Prioridad:

23.12.2014 US 201414581026

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

24.10.2018

73 Titular/es:

THINKOM SOLUTIONS, INC. (100.0%)
4881 W. 145th Street
Hawthorne, CA 90250, US

72 Inventor/es:

MILROY, WILLIAM;
SOR, JAMES y
YUM, EUGENE

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 687 321 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

Técnicas de ahusamiento de plano E aumentado en matrices de antenas con stubs transversales continuos de inclinación variable

5 **Campo técnico**

La presente divulgación se refiere, en general, a antenas y, de manera más particular, a un aparato y a un método para aumentar el rango de acoplamiento del elemento radiante disponible que se puede realizar para una matriz de antenas de onda de fuga alimentada por onda móvil.

10 **Antecedentes de la técnica**

Muchas aplicaciones de antena requieren un perfil mecánico conformal (delgado) que proporciona haces de dirección (alta ganancia, ancho de haz estrecho) que se puede dirigir selectivamente sobre un volumen de escaneo hemisférico. Tales antenas escaneadas bidimensionalmente de bajo perfil se denominan genéricamente como matrices en fase por que el ángulo entre la fase frontal y la normal mecánica de la matriz puede variar selectivamente en dos dimensiones. Las matrices en fase convencionales incluyen un entramado completamente poblado de desplazadores de fase discretos o elementos de transmisión-recepción, requiriendo cada uno su propio control de fase y/o líneas de control de potencia.

Los costes recurrentes (componente, conjunto y prueba), la potencia principal y los requisitos de enfriamiento asociados con tales matrices en fase controladas eléctricamente pueden ser prohibitivos en muchas aplicaciones. Además, tales matrices convencionales pueden sufrir eficiencia óhmica degradada (ganancia máxima), eficiencia de escaneo pobre (reducción de ganancia con escaneo), ancho de banda instantáneo limitado (tasas de datos) y, discontinuidades de corriente de datos (supresión de señal entre las posiciones de escaneo controladas). Estos problemas de coste y rendimiento pueden pronunciarse particularmente para matrices físicamente grandes y/o de alta frecuencia donde recuento del módulo de desplazamiento de fase/transmisión-recepción global puede exceder muchos miles de elementos.

Las antenas con stubs transversales continuos de inclinación variable (VICTS) son una clase diferente de antenas que proporcionan capacidades de dirección de haz de matrices en fase escaneadas electrónicamente mucho más caras, pero sin la necesidad de desplazadores de fase caros. Las antenas VICTS son fundamentalmente antenas móviles que giran mecánicamente bandejas (placas) para lograr el escaneo en el plano de elevación.

Dado que las bandejas circulares giran alrededor de un centro físico de la antena, las extrusiones de apertura que definen los elementos radiantes con stubs transversales continuos (CTS) en la antena tradicionalmente están diseñadas con elementos radiantes idénticos para permitir una sección transversal simétrica alrededor del centro de rotación de la antena. El uso de elementos radiantes idénticos ayuda a reducir los costes de producción/integración y también simplifica el análisis de modelado de RF.

Con las dimensiones del elemento radiante restringidas para ser uniformemente idénticas, el acoplamiento variable (con el fin de realizar un patrón de antena característico deseado) normalmente se logra a través de la variación del espaciado de la placa paralela (la región de hueco de aire variable entre la bandeja superior y la bandeja inferior, entre las cuclas se desplaza la energía de RF de propagación acotada a medida que se acopla y, posteriormente se irradia por los stubs radiantes). La variación intencionada del espaciado de placa paralela inmediatamente por debajo de cada (geometría fija) stub radiante permite la personalización del acoplamiento y la radiación resultante de energía RF desde la región de placa paralela común por debajo. Un espaciado paralelo más pequeño ("huecos" más pequeños) conducen a un acoplamiento superior donde los espaciados más grandes conducen a valores de acoplamiento inferiores. Generalmente se desea maximizar este rango dinámico (relación del acoplamiento superior a acoplamiento inferior) para proporcionar la mayor flexibilidad a la hora de realizar las características del patrón de antena deseadas, incluyendo el ancho del haz y los niveles del lóbulo lateral.

Las restricciones mecánicas (y eléctricas) en el rango práctico (máximo y mínimo) del espaciado de placa paralela, cuando se aparejan al elemento de restricción del elemento radiante idéntico, limitan el rango de acoplamiento alcanzable que se puede realizar en realizaciones de matriz típicas. Esto limita en última instancia los perfiles de lóbulo lateral que se pueden realizar, por lo tanto, limitando la supresión deseable de los niveles de interferencia de satélites adyacentes (ASI) y limitan la densidad espectral de potencia máxima permitida (PSD) de un tamaño de antena dado cuando se emplea en aplicaciones de comunicación típicas por satélite.

El diseño de ahusamiento del Plano E VICTS (rendimiento de lóbulo lateral) es altamente dependiente del rango disponible de acoplamiento que uno puede lograr mediante la variación del espaciado dentro de la región de placa paralela. El diseñador de la antena VICTS está limitado a un rango de valores de acoplamiento por consideraciones tanto mecánicas como eléctricas (restricciones).

Desde un punto de vista eléctrico, establecer la altura de la placa paralela demasiado alta puede introducir efectos

de modificación de RF no deseados, reducir la eficiencia y limitar los ahusamientos de la apertura alcanzable (lóbulo lateral) como se ilustra en la Fig. 1. Más particularmente, la Fig. 1 ilustra un elemento radiante CTS 2 que tiene un primer puerto (entrante) P1, un segundo puerto (saliente) P2, un tercer puerto (acoplado) P3 y placas paralelas asociadas 1 y 3 con espaciado de placa paralelo "s". Como se puede ver en el gráfico de la Fig. 1, para un espaciado de placa paralelo "s", el aumento de la frecuencia (y las correspondientes longitudes de onda más pequeñas) conducen a una variabilidad no deseada (reducción significativa) en el valor de acoplamiento ($|S_{13}|$) conforme el tamaño eléctrico de "s" se acerca a un valor de media longitud de onda ($\lambda/2$), en este ejemplo particular, a una frecuencia de aproximadamente 14,1 GHz. Este umbral de límite superior está asociado con la presencia de modos múltiples no deseados que se propagan entre las placas. En el gráfico de la Fig. 1 se muestran $|S_{11}|$ (es decir, la energía reflejada en el puerto 1), $|S_{21}|$ (es decir, la energía transmitida desde el puerto 1 hasta el puerto 2) y $|S_{31}|$ (la energía desde el puerto 1 acoplado y posteriormente irradiada a través del puerto 3).

Desde un punto de vista mecánico, establecer la altura de la placa paralela (espaciado) demasiado poco profunda puede conducir a sensibilidad de acoplamiento no deseada a pequeñas variaciones mecánicas. Cualquier tolerancia mecánica o cambio impulsado por la vibración en el espaciado de placa paralela, expresado como un porcentaje de espaciado nominal, puede llegar a ser muy grande (dando como resultado una variación no deseada correspondientemente grande en el acoplamiento) conforme el espaciado de placa paralela nominal varía.

Los factores eléctricos y mecánicos anteriormente mencionados restringen normalmente el acoplamiento alcanzable (máximo frente a mínimo) mediante una variación intencionada en el espaciado de placa paralela a aproximadamente un rango de 6 dB a 7 dB, restringiendo así el ahusamiento de excitación de apertura alcanzable (características de patrón de radiación de antena) se puede diseñar en el plano ortogonal a los stubs radiantes (el plano E). El ahusamiento del plano H se controla mediante la distribución de alimentación y no está sometido a ninguno de estos inhibidores.

El documento US 2004/233117 A1 divulga una matriz de antena que comprende una estructura de placa conductora con un conjunto de stubs transversales continuos (CTS) y una estructura de placa conductora inferior dispuesta en una relación espaciada superior, en donde un aparato de rotación proporciona una rotación entre las estructuras de placa superior e inferior.

El documento US 5 266 961 A divulga una guía de onda de placa paralela con un elemento stub transversal continuo (CTS) adyacente a una placa.

El documento US 2006/267850 A1 divulga una matriz de antena que incluye una estructura de placa conductora superior que comprende una matriz de entramado de agujeros para formar una apertura radiante, y una estructura de placa conductora inferior dispuesta en una relación espaciada relativa a la estructura de placa superior.

El documento US 6 894 654 B2 divulga una antena con guía de onda móvil con unas placas espaciadas superior e inferior, teniendo la placa superior aperturas radiantes que se extienden a través de la misma.

El documento US 2012/177376 A1 divulga una apertura electroóptica/de radiofrecuencia híbrida conformal que incluye una matriz en fase óptica (OPA) en una porción central de la apertura y, una antena variable de RF (VICTS) con stubs transversales continuos que rodea la OPA usando una pluralidad de submatrices (CTS) de stubs transversales continuos.

Sumario de la invención

Un aparato y un método de acuerdo con la presente divulgación mejora el rango de acoplamiento del elemento radiante alcanzable en un diseño de Plano E VICTS (u otra antena alimentada por guía de onda) con un aumento mínimo en el coste de fabricación o complejidad de integración. El enfoque de acuerdo con la presente divulgación mejora el rango de acoplamiento usando un pequeño número de elementos radiantes diferentes en lugar de requerir que todos los elementos radiantes sean estrictamente idénticos. Esto puede lograrse modificando los primeros elementos radiantes (ubicados más cerca de la ubicación de los elementos de alimentación/lanzamiento 8-12 normalmente) para estrechar el hueco de acoplamiento entre los elementos radiantes adyacentes con relación a los elementos radiantes restantes (es decir, el hueco de aire entre los elementos radiantes), ampliando así la ventana de acoplamiento alcanzable (límite inferior en el valor de acoplamiento alcanzable). A la inversa, se podría realizar una mejora similar en un lado de acoplamiento alto (límite superior en el valor de acoplamiento alcanzable) aumentando (abriendo) la dimensión entre los elementos radiantes adyacentes.

De acuerdo con un aspecto de la invención, una antena de onda móvil incluye fundamentalmente: una primera estructura de placa conductora que tiene una primera superficie; una segunda estructura placa conductora dispuesta en una relación separada con respecto a la primera placa conductora, teniendo la segunda estructura placa conductora una segunda superficie paralela a la primera superficie, en donde una línea de transmisión primaria de la antena se forma entre la primera y la segunda estructura de placa conductora; un primer conjunto de elementos radiantes con stubs transversales continuos (CTS) dispuesto sobre la primera superficie, teniendo el primer conjunto de elementos radiantes CTS una primera abertura que acopla la línea de transmisión principal a un espacio libre

sobre tanto la primera como la segunda estructura de placa conductora; un segundo conjunto de elementos radiantes CTS dispuestos sobre la primera superficie, teniendo el segundo conjunto de elementos radiantes CTS una segunda abertura que se acopla a la línea de transmisión principal al espacio libre, en donde el ancho de la primera abertura es diferente de un ancho de la segunda abertura.

5 En una forma de realización, la antena incluye un tercer conjunto de elementos radiantes CTS dispuesto sobre la primera superficie, teniendo el tercer conjunto de elementos radiantes CTS una tercera abertura que se acopla a la línea de transmisión principal al espacio libre, en donde un ancho de la tercera abertura es diferente de un ancho de la primera y la segunda abertura.

10 En una forma de realización, un espaciado de línea central a línea central entre el primer conjunto de elementos radiantes CTS es igual a un espaciado de línea central a línea central entre el segundo conjunto de elementos radiantes CTS.

15 En una forma de realización, el primer conjunto de elementos radiantes CTS está formado por la primera pluralidad de extrusiones dispuestas en serie en una matriz unidimensional, y el segundo conjunto de elementos radiantes CTS está formado por una segunda pluralidad de extrusiones dispuestas en serie en una matriz unidimensional, en donde al menos una dimensión de la primera pluralidad de extrusiones es diferente de una dimensión correspondiente de la segunda pluralidad de extrusiones.

20 En una forma de realización, que el segundo conjunto de elementos radiantes CTS está dispuesto en un perímetro interior o exterior de la primera placa conductora.

25 En una forma de realización, la antena incluye un aparato de rotación relativa operativo para impartir un movimiento giratorio relativo entre la primera estructura de placa conductora y la segunda estructura de placa conductora.

30 En una forma de realización, la antena incluye una red de alimentación para transmitir o recibir una señal a o desde la primera placa conductora, en donde el aparato de rotación relativa es operativo para girar la primera placa para colocar uno del primer conjunto de elementos radiantes CTS o del segundo conjunto de elementos radiantes CTS cerca de la red de alimentación.

En una forma de realización, la antena comprende una matriz de antena (VICTS) con stubs transversales continuos de inclinación variable.

35 En una forma de realización, un rango de acoplamiento en un plano E de la matriz VICTS es superior a 7 dB.

40 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método para aumentar el ahussamiento del Plano E en una antena fundamentalmente móvil que tiene una estructura de placa paralela que define una línea de transmisión principal de la antena y un espacio libre por encima de la estructura de placa paralela. El método incluye: recibir una señal mediante la definición de estructura de placa paralela; acoplar al menos una primera porción de la señal recibida al espacio libre mediante un primer conjunto de elementos de radiación con stubs transversales continuos (CTS), teniendo el primer conjunto de elementos radiantes CTS una primera abertura que acopla la línea de transmisión primaria al espacio libre; acoplar al menos una segunda porción de la señal recibida al espacio libre mediante un segundo conjunto de elementos de radiación con stubs transversales continuos (CTS), teniendo el

45 segundo conjunto de elementos radiantes CTS una segunda abertura que se acopla a la línea de transmisión primario al espacio libre, en donde al menos una dimensión de la primera abertura es diferente de una dimensión correspondiente de la segunda abertura.

50 En una forma de realización, el método incluye acoplar al menos una tercera porción de la señal recibida al espacio libre mediante un tercer conjunto de elementos de radiación con stubs transversales continuos, teniendo el tercer conjunto de elementos radiantes CTS una tercera abertura que se acopla a la línea de transmisión primario al espacio libre, en donde al menos una dimensión de la tercera abertura es diferente de una dimensión correspondiente de la primera y segunda abertura.

55 En una forma de realización, el método incluye usar una antena VICTS como la antena de onda fundamentalmente móvil.

60 Para la realización de los fines anteriores y relacionados, la invención, entonces, comprende las características que se describen en detalle a continuación y particularmente señaladas en las reivindicaciones. La siguiente descripción y los dibujos adjuntos establecen en detalle ciertas realizaciones ilustrativas de la invención. Estas realizaciones son indicativas, sin embargo, de solo algunos diversos modos en los que los principios de la invención pueden emplearse. Otros objetivos, ventajas y nuevas características de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando se considera junto con los dibujos.

65

Breve descripción de los dibujos

En los dibujos adjuntos, las referencias similares indican partes o características similares.

- 5 La Fig. 1 ilustra una sección transversal de celda de unidad de un único elemento de elemento radiante CTS, y un gráfico que ilustra el inicio de los efectos de modificación debido al espaciado de la placa paralela.
- La Fig. 2A es una vista superior de una porción de una matriz VICTS a modo de ejemplo.
- 10 La Fig. 2B es una vista en sección transversal simplificada tomada a lo largo de la línea 2B-2B de la FIG. 2A.
- La Fig. 2C es una ampliación de una porción de la realización ilustrada en la Fig. 2B.
- La Fig. 2D es una vista superior de una realización alternativa de una matriz VICTS que emplea una placa superior basada en extrusión.
- 15 La Fig. 2E es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea 2E-2E de la Fig. 2D.
- La Fig. 2F es una ampliación de una porción de la realización ilustrada en la Fig. 2E.
- 20 La Fig. 3A es una vista superior similar al a Fig. 2A, pero con la placa superior rotada con relación a la placa inferior.
- La Fig. 3B es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea 3-3B de la Fig. 3A.
- 25 La Fig. 3C ilustra el frente de fase electromagnética radiada resultante de la orientación de la antena de la Fig. 3A.
- La Fig. 4 ilustra un estrangulador sin contacto usado con los stubs CTS para la realización de las Figs. 2A-3C.
- 30 Las Figs. 5A-5E representan estructuras alternativas para alcanzar la constante dieléctrica entre las placas 1 y 2.
- La Fig. 6 ilustra una sección transversal de placa paralela que muestra la formación de elementos radiantes CTS disponiendo en serie extrusiones en una matriz unidireccional de acuerdo con la presente divulgación.
- 35 La Fig. 7 ilustra la Sección Transversal de Onda Móvil de Plano E VICTS (Nominal).
- La Fig. 8 ilustra la Sección Transversal de Onda Móvil de Plano E VICTS (Conjunto de Extrusión 2) de acuerdo con la presente divulgación.
- 40 La Fig. 9 ilustra la Sección Transversal de Onda Móvil de Plano E VICTS (Conjunto de Extrusión 3) de acuerdo con la presente divulgación.
- La Fig. 10a es una tabla que caracteriza la mejora en el primer nivel de lóbulo lateral (nivel SLL), así como en los niveles SLL lejano nominal frente a la abertura de una antena de acuerdo con la presente divulgación.
- 45 La Fig. 10b ilustra cortes de un patrón expandido (izquierda) y ampliado (derecha) tomados junto con el Plano E VICTS mientras varía la abertura para una antena de acuerdo con la presente divulgación.
- 50 La Fig. 11 es un gráfico que muestra el impacto $|S_{11}|$ (Coincidencia de Entrada) sobre un rango amplio de aberturas para la configuración de dos extrusiones para una antena de acuerdo con la presente divulgación.
- La Fig. 12 ilustra el impacto sobre la potencia descargada en la carga $|S_{21}|$, que es insignificante sobre un rango amplio de aberturas para una antena de dos extrusiones de acuerdo con la presente divulgación.
- 55 La Fig. 13 ilustra mejoras en el lóbulo lateral del Plano E en una antena VICTS que usa un ahusamiento Plano E mejorado (Diseño de dos extrusiones) de acuerdo con la presente divulgación.

Descripción detallada de la invención

- 60 Una matriz de antena VICTS normalmente incluye dos placas, teniendo una (superior) un entramado unidimensional de elementos radiantes y teniendo la segunda (inferior) una o más fuentes de línea que emanan en una región de placa paralela formada y limitada entre las placas superior e inferior. La rotación mecánica de la placa superior relativa a la placa inferior sirve para variar la inclinación de los modos de placa paralela incidentes, lanzadas en la(s)
- 65 fuente(s) de línea, con relación a los elementos radiantes CTS en la placa superior y, al hacerlo, excita de manera constructiva un frente de fase plano radiado cuyo ángulo relativo a la normal mecánica de la matriz (θ) es una

función continua simple del ángulo relativo (ψ) de la rotación mecánica (diferencial) entre las dos placas. La rotación continua de las dos placas al unísono mueve el frente de fase en la dirección acimutal ortogonal (ϕ).

5 Por consiguiente, la apertura de stub de radiación de la antena VICTS convencional comprende una colección de elementos radiantes CTS idénticos, paralelos, uniformemente espaciados (línea central a línea central) sobre toda su área superficial con un hueco de aire fijo uniforme entre las extrusiones adyacentes. La apertura de stub de radiación sirve para acoplar la energía desde una región de placa paralela, que se forma entre la superficie conductora más superior de la red de matriz y la superficie conductora más inferior de la estructura de apertura de stub de radiación.

10 Una matriz VICTS de acuerdo con la presente divulgación emplea una geometría de stub de radiación adicional (diferente) que puede variar desde la geometría de stub primaria, por ejemplo, mientras que el espaciado de línea central a línea central entre los elementos radiantes CTS permanece constante. Más particularmente, una apertura entre elementos radiantes CTS adyacentes varía en parte o en toda la apertura radiante. En este sentido, los elementos radiantes CTS pueden formarse organizando extrusiones en serie en una matriz unidimensional, por lo
15 que una apertura o "hueco de aire" entre un primer par o grupo de extrusiones es diferente a la apertura entre un siguiente par o grupo de extrusiones. En la práctica, las regiones de huecos de aire comunes se agrupan en un número finito de conjuntos o regiones (generalmente 2 o más).

20 En referencia ahora a la Fig. 2A, una matriz (VICTS) con stubs transversales continuos de inclinación variable a modo de ejemplo se ilustra en una trama coordinada X, Y, Z rectangular de referencia. La Fig. 2A es una vista superior de una placa superior conductora 1 y una placa inferior conductora 3, mostradas dispuestas en un plano paralelo al plano X-Y. La placa superior 1 contiene un conjunto de elementos de radiación 2 con stubs transversales continuos (CTS) idéntico, igualmente espaciado. Los elementos radiantes CTS son muy conocidos en la materia, por ejemplo, en las patentes de Estados Unidos N.º 5.349.363 y 5.266.961. Cabe destacar que un total de seis (6)
25 elementos radiantes CTS se muestran como un ejemplo, aunque las placas superiores 1 que contienen más elementos radiantes CTS o, alternativamente menos elementos radiantes CTS pueden desplegarse.

La Fig. 2B es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea 2B-2B de la FIG. 2A, que muestra en sección transversal la placa superior 1 y la placa conductora inferior 3. La Fig. 2C es una vista ampliada de una
30 porción de la Fig. 2B. La placa conductora inferior 3 se realiza de tal modo que su sección transversal varía en altura en la dirección z positiva como una función de la coordenada x como se muestra. Ambas placas están ubicadas en el espacio X, Y y Z de tal modo que están centradas alrededor del eje Z. Un soporte dieléctrico opcional 14 se dispone a lo largo del eje z y actúa como un soporte entre las placas superior e inferior.

35 La superficie superior de la placa 3 contiene un número de corrugaciones de forma rectangular 4 con altura variable 5, ancho 6 y espaciado de línea central a línea central 7. Como se muestra en la Fig. 2C, las corrugaciones 4 pueden, en algunas realizaciones, disponerse con sección transversal constante sobre toda la longitud de la placa inferior 3 en la dirección y, aunque normalmente son normalmente variables (no uniformes).

40 La superficie inferior de la placa 1 y la superficie corrugada superior de la placa 3 forman una estructura de línea de transmisión de placa casi paralela que posee la separación de placa que varía con la coordenada-x. La estructura de línea de transmisión, por lo tanto, se carga periódicamente con múltiples stubs de radiación CTS 2 de fase de impedancia que están contenidos en la placa 1. Adicionalmente, la placa 1, junto con la superficie superior de la placa 3 forman una serie de matriz radiante CTS alimentada en serie, donde el espaciamiento de la placa paralelo
45 varía en una dimensión y las corrugaciones se emplean para crear una estructura dieléctrica artificial o de onda lenta.

La placa superior 1, mostrada en la Fig. 2B como estando fabricada de una placa conductora sólida, puede tomar diferentes formas. Por ejemplo, como se muestra en las Figs. 2D-2F, la placa superior puede fabricarse como un
50 conjunto de extrusiones espaciadas estrechamente 1-1 a 1-N, con extrusión típica 1-K mostrada en la vista de la sección transversal ampliada de la Fig. 2F, mantenidas juntas mediante una trama conductora o no conductora 1-P.

La matriz CTS puede excitarse desde abajo en un extremo 8 mediante una fuente lineal genérica 9 (también denominada como una red de alimentación). Las ondas móviles que consisten en modos de placa paralela están
55 creadas por la fuente ente la superficie inferior de la placa y la superficie superior de la placa inferior. Estos modos se propagan en la dirección x positiva. Los frentes de ondas planos asociados a estos modos están contenidos en planos paralelos al plano Y-Z. Las flechas punteadas, 15, indican la dirección de los rayos asociados con estos modos, conforme se lanzan en la región de placa paralela mediante la fuente lineal 9, en una dirección perpendicular al plano Y-Z.

60 Conforme las ondas móviles se propagan en la dirección x positiva lejos de la fuente lineal 9, los flujos de corriente superficiales longitudinales correspondientes sobre la superficie inferior de la placa superior 1 u la superficie inferior de la placa 3 inferior y las corrugaciones en la dirección x positiva. Las corrientes que fluyen en la placa superior 1 se interrumpen periódicamente por la presencia de los elementos radiantes CTS 2. En consecuencia, las ondas móviles
65 separadas se acoplan a cada elemento radiante CTS que viaja en la dirección z positiva a la superficie superior de la placa superior 1 y se irradia hacia el espacio libre en el extremo de la fase de impedancia más alta.

La energía colectiva irradiada desde todos los elementos de elemento radiante CTS 2 provoca que se forme un patrón de antena lejos de la superficie superior de la placa superior 1. El patrón de antena mostrará regiones de interferencia constructiva y destructiva o lóbulos laterales y un haz principal de las ondas colectivas y depende de la frecuencia de excitación de las ondas y la geometría de la matriz CTS. La señal irradiada poseerá polarización lineal con un nivel muy alto de pureza. El espaciado de línea central a línea central del elemento radiante CTS, d , y las dimensiones de corrugación 5, 6 y 7 (Fig. 2C), pueden seleccionarse de tal manera que el haz principal se desplaza ligeramente con respecto a la vista del diámetro mecánico de la antena definido por el eje z .

Cualquier energía no irradiada en el espacio libre se disipará en una carga de absorción de energía de RF colocada después del final del elemento radiante CTS en la dirección x positiva. Los estranguladores de RF sin fricción sin contacto, 11, colocados antes de la fuente lineal genérica (dirección x negativa) y después de la carga de absorción de energía RF (dirección x positiva) impiden la radiación de espuria no deseada de energía de RF.

Si la placa superior 1 está girada o inclinada en un plano paralelo al plano X-Y, como se muestra en la Fig. 3A por algún ángulo ψ , el efecto de tal rotación es que la orientación de los elementos radiantes 2 con respecto a las ondas incidentes fijas que emanan de la fuente se modifica. Como las ondas se mueven lejos de la fuente hacia los elementos radiantes CTS 2, los rayos incidentes en los elementos radiantes CTS hacia la parte superior 12, (coordenada y positiva) de la región de placa paralela llegan más tarde en tiempo que los rayos incidentes hacia la parte inferior 13 de la región de placa paralela (coordenada y negativa). En consecuencia, las ondas acopladas desde la región de placa a los elementos radiantes CTS 2 poseerán un factor de fase progresivo lineal a lo largo de sus longitudes paralelo a Y' y un factor de fase progresivo lineal más pequeño perpendicular a sus longitudes a lo largo del eje X' . Estos dos factores de fase lineales provocan que el frente de fase plana irradiado (Fig. 3C) desde la antena realice un ángulo con la vista del diámetro mecánico (a lo largo del eje z) de la antena que depende de ψ . Esto conduce a un patrón de antena cuyo haz principal se desplaza o se escanea en el espacio.

La cantidad de cambio en los factores de fase progresivos lineales y correspondientemente la cantidad de escaneos aumenta con el aumento de ψ . Adicionalmente, ambas placas 1 y 3 puede girarse de manera simultánea para escanear el haz de antena en azimut. En general, el haz de la antena puede escanearse en ángulo de elevación, θ , desde cero hasta noventa grados y en ángulo acimutal, ψ , desde cero hasta trescientos sesenta grados a través de la rotación diferencial y común de las placas 1 y 3, respectivamente. Asimismo, el haz de antena puede escanearse continuamente en azimut en un ciclo de repetición de trescientos sesenta grados a través de la rotación continua de las placas 1 y 3 simultáneamente.

En general, las rotaciones requeridas para una matriz VICTS pueden lograrse a través de varios medios ilustrados esquemáticamente en la Fig. 3A en como aparato de rotación de placa relativa 200 y aparato de rotación de placa común 210, incluyendo, pero no limitándose a accionarse por correa, accionarse por engranaje perimetral o accionarse por engranaje directo.

De este modo, una antena CTS proporciona una antena de matriz en fase escaneada bidimensionalmente relativamente delgada. Esto se logra a través de un único sistema de alimentación de fase variable cuyos frentes de fase incidente están fijos, mientras que el escaneo se logra inclinando mecánicamente (rotando) un conjunto de elementos radiantes CTS 2.

Conforme la placa 1 se gira con respecto a la placa 3, las posiciones relativas de todos los elementos radiantes CTS 2 cambiarán de tal modo que la separación de placa paralela para un elemento radiante CTS 2 dado será diferente a la rotación de cero grados. Además, la separación de placas paralelas variará en función de tanto X como Y . Como el factor de acoplamiento eficaz, K_2 , se diseña para ser mayormente constante con respecto al ángulo de rotación y varía solo con la separación de la placa, el perfil de acoplamiento global y la distribución de amplitud correspondiente de la antena serán mayormente constantes con respecto al ángulo de rotación. De esta manera, la distribución de la amplitud se sintetiza únicamente a través de la variación de la separación de placas paralelas en lugar de variaciones en las dimensiones de los stubs de radiación.

Como se ilustra en las Figs. 3 y 4, un mecanismo de estrangulación 11 puede desplegarse para impedir que la energía espuria de RF escape fuera de los límites físicos de la antena. Una realización a modo de ejemplo de estrangulador se muestra en la Fig. 4. En esta realización, un par acoplado de elementos radiantes CTS 11A, 11B se despliegan. $|S_{11}|$ y $|S_{22}|$ representan las ondas reflejadas y son idealmente altas (cerca de la unidad) para un estrangulador ideal, que indica que toda la energía de RF que invade la región de estrangulación "protegida/aislada" (desde cualquier dirección) se refleja completamente. $|S_{12}|$ y $|S_{21}|$ representan la transmisión ("fuga" no deseada) a través de la región de estrangulación y son idealmente cero. En la práctica, el estrangulador presenta una impedancia extremadamente alta a las ondas incidentes en la región de estrangulación de tal manera que S_{11} y S_{22} tienen magnitudes muy cercanas a una y S_{12} y S_{21} tienen magnitudes muy cercanas a cero. El estrangulador proporciona una buena estrangulación de RF independientemente del ángulo de rotación y el rendimiento del estrangulador puede diseñarse para ser virtualmente invariable con el ángulo de rotación sobre un rango de frecuencia dado.

Se pueden usar técnicas alternativas para cargar la región entre las placas 1 y 3. Las Figs. 5A-E muestran vistas

recortadas en las que un dieléctrico sólido 30 está dispuesto en la región de placa paralela (Fig. 5A), dieléctricos sólidos idénticos separados 32, 34 se dispone en el elemento radiante y en las regiones de placa (Fig. 5B), dieléctricos sólidos idénticos separados 36, 38 se dispone en el elemento radiante y en la región de placa con un hueco 40 (Fig. 5C), dieléctricos sólidos no idénticos separados 42, 44 se dispone en el elemento radiante CTS y la
 5 región de placa (Fig. 5D) y, dieléctricos sólidos no idénticos separados 46, 48 se dispone en el elemento radiante CTS y en la región de placa con un hueco 50 (Fig. 5E). Otras geometrías son posibles y pueden ser útiles para ciertas aplicaciones. Los detalles adicionales relacionados con una matriz VICTS pueden encontrarse en el documento U.S. 6.919.854 otorgado a Milroy.

10 Con referencia a las Fig. 6 y 7, los elementos radiantes CTS/VICTS convencionales 2 se forman usando extrusiones idénticas 100, que conducen a elementos de radiación idénticos aparte de las profundidades de placa paralelas. Una señal de RF de placa paralela entrante (lanzada desde la estructura de alimentación genérica 9) se propaga de izquierda a derecha en la estructura ilustrada. Cada elemento radiante CTS 2 incluye una primera fase 3a definida por la abertura entre las extrusiones adyacentes 100 y una segunda fase 3b definida por el espacio sobre las
 15 extrusiones 100, acoplando la primera etapa 3a la línea de transmisión principal a la segunda fase 3b. Como se puede ver en las Figs. 6 y 7, el uso de extrusiones idénticas 100 da como resultado una abertura 101 entre los elementos radiantes CTS adyacentes (el ancho de la primera fase 3a) que permanece sustancialmente el mismo para cada par/grupo de elementos radiantes.

20 De acuerdo con la presente divulgación, al menos algunos de los elementos radiantes CTS 2 están formados a partir de extrusiones no uniformes que tienen un espaciado de línea central a línea central constante C, proporcionando así una abertura diferente entre los elementos radiantes CTS adyacentes. Con referencia a la Fig. 8, se ilustra una sección transversal de placa paralela a modo de ejemplo que muestra la formación de elementos radiantes CTS 2 desde dos extrusiones diferentes. Los elementos radiantes 2 están formados por extrusiones de disposición en serie
 25 en una matriz unidimensional, donde las extrusiones que forman los elementos radiantes CTS 2 están dimensionados de tal manera que las aberturas 101a para los elementos radiantes CTS formados a partir de una primera extrusión es diferente de la abertura 101 de los elementos radiantes CTS formados a partir de una segunda extrusión. Una distancia de línea central a línea central entre las extrusiones dentro de un grupo (y, por lo tanto, los elementos radiantes CTS), sin embargo, permanece constante. Esto da como resultado una abertura (hueco de aire)
 30 101a entre un primer conjunto de elementos radiantes 104 formados usando la primera extrusión que es diferente de una abertura (hueco de aire) 101 entre un segundo conjunto de elementos radiantes 102 formados a partir de la segunda extrusión. El espaciado de centro a centro C de las extrusiones permanece igual.

35 La Fig. 9 ilustra otra realización que es similar a la realización mostrada en la Fig. 8. Sin embargo, en lugar de formar los elementos radiantes CTS 2 a partir de dos extrusiones diferentes, los elementos radiantes en la realización de la Fig. 9 están formados usando tres extrusiones diferentes. Esto da como resultado un primer conjunto de elementos radiantes 106 que tiene una primera abertura 101b, un segundo conjunto de elementos radiantes 104 que tiene una segunda abertura 101a, y un tercer conjunto de elementos radiantes 102 que tiene una tercera abertura 101, donde la primera, la segunda y la tercera abertura son dimensionalmente diferentes entre sí (por ejemplo, algunas son más anchas que otras).
 40

Introduciendo diferentes aberturas en los elementos radiantes CTS, mejora el rendimiento de la antena. Esto se ilustra en las Figs. 10a-13b, que muestra n las ganancias de rendimiento debido a la variación del tamaño de
 45 abertura.

45 La Fig. 10a es una tabla que muestra un patrón predicho mejorado debido a la formación de elementos radiantes CTS 2 usando diferentes extrusiones de acuerdo con la presente divulgación. Más particularmente, la tabla de la Fig. 10a ilustra los diferentes niveles de mejoría del primer nivel de lóbulo lateral adyacente (SLL) así como el SLL de alejamiento nominal a la dimensión de la abertura (101a) para la primera sección de extrusiones de la configuración de extrusión para una antena VICTS particular. Como se muestra en la Fig. 10a, como la abertura está restringida, el lóbulo lateral se reduce. En la realización a modo de ejemplo, el SLL óptimo y el SLL de alejamiento se logran usando una abertura (ancho) de 20 milésimas.
 50

55 La Fig. 10b es un patrón de antena producido a partir de la estructura radiante de la Fig. 8 (configuración de dos extrusiones) e incluye dos gráficos para la mejora del patrón predicho HFSS (simulador de estructura de alta frecuencia) para una antena que incorpora características de acuerdo con la presente divulgación. Más particularmente, La Fig. 10b ilustra cortes de patrón de antena, uno expandido (izquierda) y otro ampliado (derecha), tomados a lo largo del plano E VICTS. El parámetro variado es la abertura 101a entre los elementos radiantes CTS adyacentes 2 (que se realiza más pequeño mediante la ampliación de las extrusiones). Conforme el espaciado disminuye, los lóbulos laterales se hacen más bajos, lo que puede reducir la interferencia con los satélites adyacentes.
 60

65 La Fig. 11 es un gráfico que ilustra el parámetro de dispersión HFSS predicho $|S_{11}|$ (coeficiente de reflexión). En particular, el gráfico muestra el impacto $|S_{11}|$ sobre un rango amplio de aberturas 101a para la configuración de dos extrusiones. Mientras que el tamaño de la abertura está cambiando, $|S_{11}|$ sigue teniendo un buen comportamiento (favorablemente bajo en magnitud) y el impacto en la compatibilidad de la antena es insignificante. Cabe señalar que

|S11| una irregularidad a ~14,8 GHz debido a operar la antena a $\Psi=0$, donde todas las reflexiones internas se suman y no debido a las mejoras del ahusamiento del Plano E.

5 La Fig. 12 es un gráfico que muestra la potencia HFSS de carga |S21| para la configuración de dos extrusiones. Como se puede ver en la Fig. 12, sobre el rango de operación de la antena (es decir, 14,5 GHz e inferior), el impacto en la potencia transmitida desde el puerto 1 al puerto 2 (S21 - la potencia descargada en la carga) es insignificante sobre un rango de aberturas 101a.

10 La Fig. 13 es una medición real obtenida desde un prototipo de antena e ilustra la mejora de la calidad del patrón para una antena que emplea aspectos de acuerdo con la presente divulgación. Concretamente, un nivel de lóbulo lateral de Plano E mejorado (inferior) ("kx-corte") para una realización a modo de ejemplo que emplea un diseño de dos extrusiones de acuerdo con la presente divulgación, se muestra. El primer SLL de Plano E se muestra ser favorablemente eliminado a un nivel de -18 dB desde el pico de haz principal, en comparación con un valor típico de -12 dB a -15 dB para una realización convencional (extrusión uniforme). De este modo, variando la abertura de la primera fase de al menos algunos elementos radiantes CTS 2 de acuerdo con la presente divulgación, se reducen los lóbulos laterales (-3 dB a -6 dB en el presente ejemplo) y, por lo tanto, se mejora el rendimiento.

20 El rango de acoplamiento dinámico en los diseños CTS/VICTS normalmente está limitado por problemas de modulación de RF y restricciones de robustez mecánica. Tales limitaciones pueden superarse usando las enseñanzas proporcionadas en el presente documento y pueden mejorar el rango de acoplamiento dinámico alcanzable disponible en el plano E de una antena VICTS o CTS. Esto permite al diseñador de la antena alcanzar las antenas con ahusamientos de patrones de plano E más precisos y mejor control de lóbulos laterales.

25 Adicionalmente, se puede lograr un acoplamiento mejorado y un ahusamiento de patrón mejorado sin ningún impacto apreciable a otras características de rendimiento de antena, incluyendo VSWR y potencia en la carga. Tanto el VSWR y la potencia en la carga permanecen comparables a la nominal de una antena VICTS convencional.

30 Finalmente, los resultados medidos muestran que el rastro del artefacto del lóbulo lateral asociado con $n=0$ que otorga espacio visible fuera del lóbulo ubicado se ha descargado notablemente en comparación con los diseños que usan elementos radiantes idénticos uniformemente. El rastro del lóbulo lateral puede vencer (añadir coherentemente/constructivamente) con el "soplido a través" (fuga de radiación directa ni deseada de la alimentación a través del elemento CTS cerca del punto de alimentación) asociado al primer elemento CTS y tiene en el pasado calidad de patrón de antena significativamente limitada y rendimiento Tx PSD asociados. Los datos medidos confirman que los principios de acuerdo con la presente divulgación mejoran la supresión del rastro del lóbulo lateral, particularmente al nivel del primer lóbulo lateral, y la reducción prevista en el acoplamiento de los elementos más cercanos a la alimentación reduce favorablemente la contribución del "soplido a través".

40 Los principios de acuerdo con la presente divulgación pueden aumentarse a diseños VICTS existentes en muchas formas sin añadir mucha complejidad. Se han descrito ejemplos para variaciones de dos extrusiones y de tres extrusiones, y el concepto puede extenderse a variaciones casi sin límite que dependen del control del ahusamiento deseado y la compensación de la complejidad.

REIVINDICACIONES

1. Una antena con stubs transversales continuos de inclinación variable, VICTS, que comprende:

5 una primera estructura de placa conductora (1) que tiene una primera superficie;
 una segunda estructura de placa conductora (3) dispuesta en una relación separada con relación a la primera
 estructura de placa conductora, teniendo la segunda estructura de placa conductora una segunda superficie casi
 paralela a la primera superficie, en donde una línea de transmisión principal de la antena está formada entre la
 primera y la segunda estructuras de placa conductora;
 10 un aparato de rotación relativa operativo para impartir un movimiento giratorio relativo entre la primera estructura
 de placa conductora y la segunda estructura de placa conductora;
 una estructura de alimentación de radiofrecuencia, RF, dispuesta con relación a la primera y a la segunda placas
 conductoras; un primer grupo (104, 106) de elementos radiantes (2) con stubs transversales continuos, CTS,
 dispuestos sobre la primera superficie, comprendiendo cada elemento radiante CTS del primer grupo una
 15 primera abertura (101a, 101b) en la primera placa conductora configurada para acoplar la línea de transmisión
 principal a un espacio libre, teniendo la primera abertura para cada elemento radiante CTS del primer grupo un
 mismo primer ancho;
 un segundo grupo (102, 104) de elementos radiantes CTS (2) dispuestos sobre la primera superficie,
 comprendiendo cada elemento radiante CTS del segundo grupo una segunda abertura (101, 101a) en la primera
 20 placa conductora configurada para acoplar la línea de transmisión principal al espacio libre, teniendo la segunda
 abertura para cada elemento radiante CTS del segundo grupo un mismo segundo ancho,
 en donde el primer ancho es diferente del segundo ancho y, uno del primer grupo de elementos radiantes CTS o
 del segundo grupo de elementos radiantes CTS está dispuesto más cerca de la estructura de alimentación de RF
 que el otro del primer grupo de elementos radiantes CTS o del segundo grupo de elementos radiantes CTS.

25 2. La antena de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, un tercer grupo (102) de elementos
 radiantes CTS (2) dispuestos sobre la primera superficie, comprendiendo cada elemento radiante CTS del tercer
 grupo una tercera abertura (101) en la primera placa conductora configurada para acoplar la línea de transmisión
 principal al espacio libre, teniendo la tercera abertura para cada uno de los elementos radiantes CTS del tercer grupo
 30 un mismo tercer ancho, en donde el tercer ancho es diferente del primer ancho y del segundo ancho.

3. La antena de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde un espaciado de línea central a
 línea central (C) entre el primer grupo de elementos radiantes CTS es igual a un espaciado de línea central a línea
 35 central (C) entre el segundo grupo de elementos radiantes CTS.

4. La antena de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde el primer grupo de elementos
 radiantes CTS está formado a partir de una primera pluralidad de extrusiones dispuestas en serie en una matriz
 unidimensional, y el segundo grupo de elementos radiantes CTS está formado a partir de una segunda pluralidad de
 40 extrusiones dispuestas en serie en una matriz unidimensional, en donde al menos una dimensión de la primera
 pluralidad de extrusiones es diferente de una dimensión correspondiente de la segunda pluralidad de extrusiones.

5. La antena de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde el segundo grupo de elementos
 radiantes CTS está dispuesto en un perímetro interior o exterior de la primera placa conductora.

45 6. La antena de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la estructura de alimentación de RF comprende una red
 de alimentación para transmitir o recibir una señal a o desde la primera placa conductora, en donde el aparato de
 rotación relativa es operativo para girar la primera placa para colocar uno del primer grupo de elementos radiantes
 CTS o del segundo grupo de elementos radiantes CTS cerca de la red de alimentación.

50 7. La antena de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el rango de acoplamiento en un plano E de la matriz
 VICTS es superior a 7 dB.

8. Un método para aumentar el ahusamiento del Plano E en una antena con stubs transversales continuos de
 inclinación variable, VICTS, que tiene una estructura de placa casi paralela (1, 3) que define una línea de transmisión
 55 principal de la antena y un espacio libre sobre la estructura de placa casi paralela, un aparato de rotación relativa
 operativo para impartir un movimiento giratorio relativo entre la primera estructura de placa conductora y la segunda
 estructura de placa conductora, y una estructura de alimentación de radiofrecuencia, RF dispuesta con relación a la
 primera y a la segunda placas conductoras, comprendiendo el método:

60 recibir una señal a través de la estructura de placa casi paralela que se proporciona mediante la estructura de
 alimentación de RF;
 acoplar al menos una primera porción de la señal recibida al espacio libre mediante un primer grupo (104, 106)
 de elementos radiantes con stubs transversales continuos, CTS, (2) comprendiendo cada elemento radiante CTS
 del primer grupo una primera abertura (101a, 101b) que acopla la línea de transmisión principal al espacio libre,
 65 teniendo la primera abertura para cada elemento radiante CTS del primer grupo un mismo primer ancho;
 acoplar al menos una segunda porción de la señal recibida al espacio libre mediante un segundo grupo (102,

- 5 104) de elementos radiantes con stubs transversales continuos, CTS, (2) comprendiendo cada elemento radiante CTS del segundo grupo una segunda abertura (101, 101a) que acopla la línea de transmisión principal al espacio libre, teniendo la segunda abertura para cada elemento radiante CTS del segundo grupo un mismo segundo ancho, en donde el primer ancho es diferente del segundo ancho y, en donde uno del primer grupo de elementos radiantes CTS o del segundo grupo de elementos radiantes CTS está dispuesto más cerca de la estructura de alimentación de RF que el otro del primer grupo de elementos radiantes CTS y del segundo grupo de elementos radiantes CTS.
- 10 9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende, además, acoplar al menos una tercera porción de la señal recibida al espacio libre mediante un tercer grupo (102) de elementos radiantes de conexión transversal continua, CTS, (2), comprendiendo cada elemento radiante CTS del tercer grupo una tercera abertura (101) que acopla la línea de transmisión principal al espacio libre, teniendo la tercera abertura para cada elemento radiante CTS del tercer grupo un tercer ancho, en donde el tercer ancho es diferente del primer ancho y el segundo ancho.

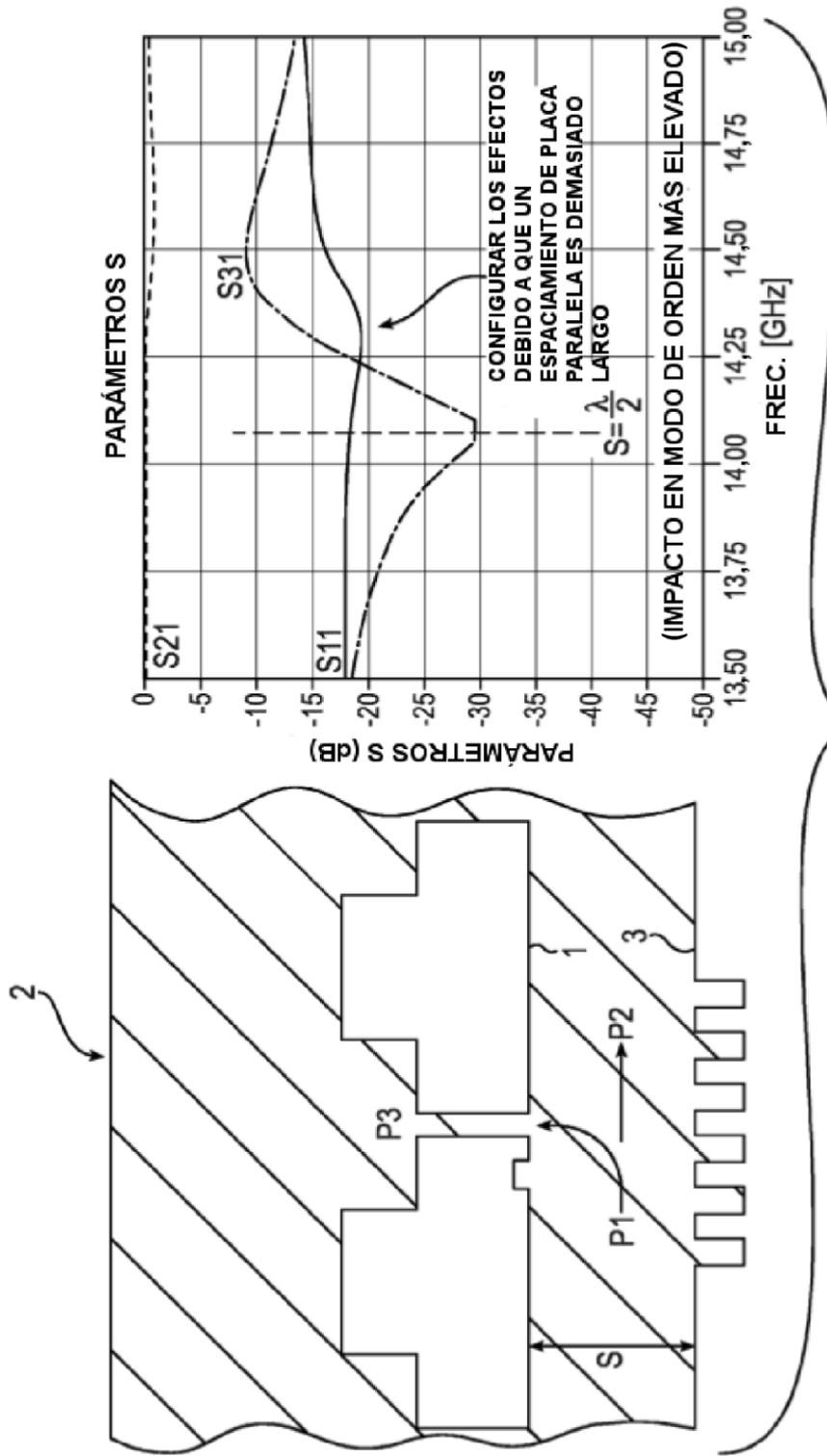


FIG. 1

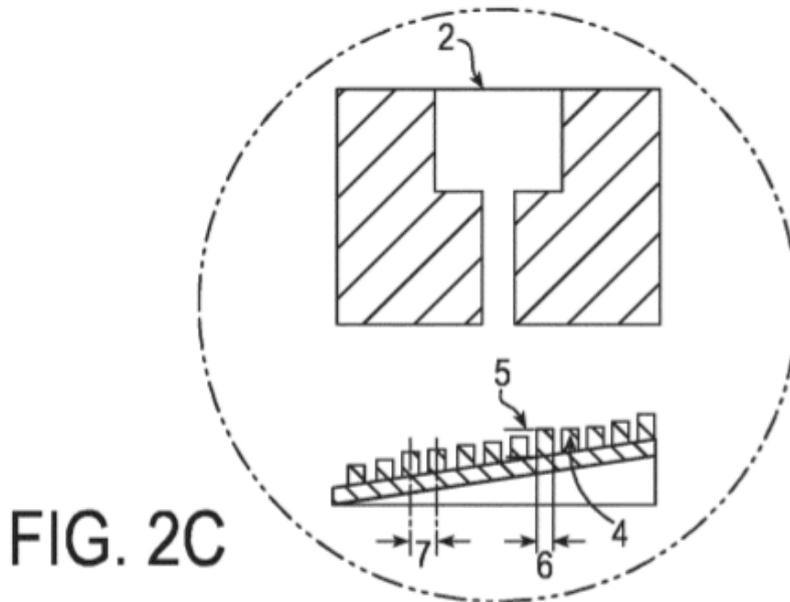
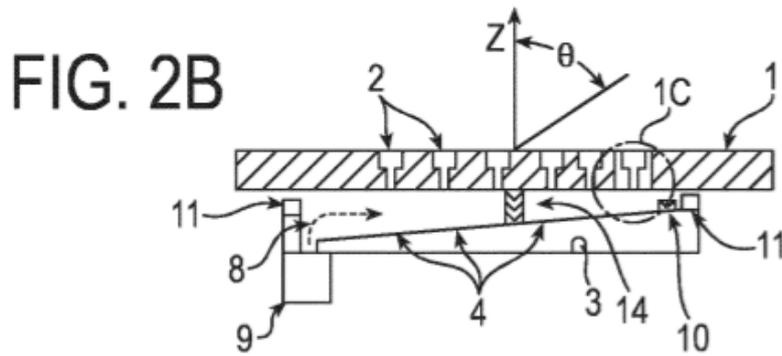
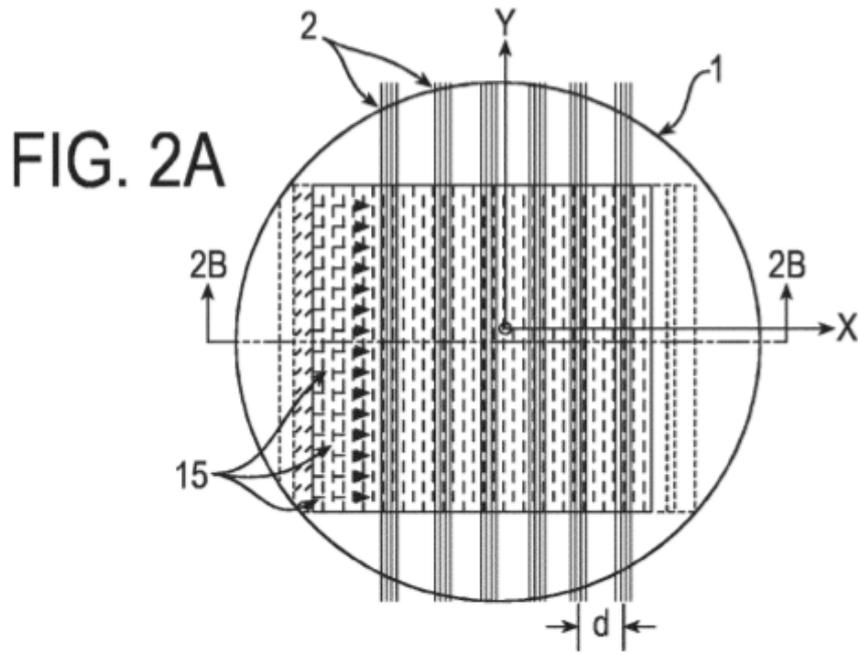


FIG. 2D

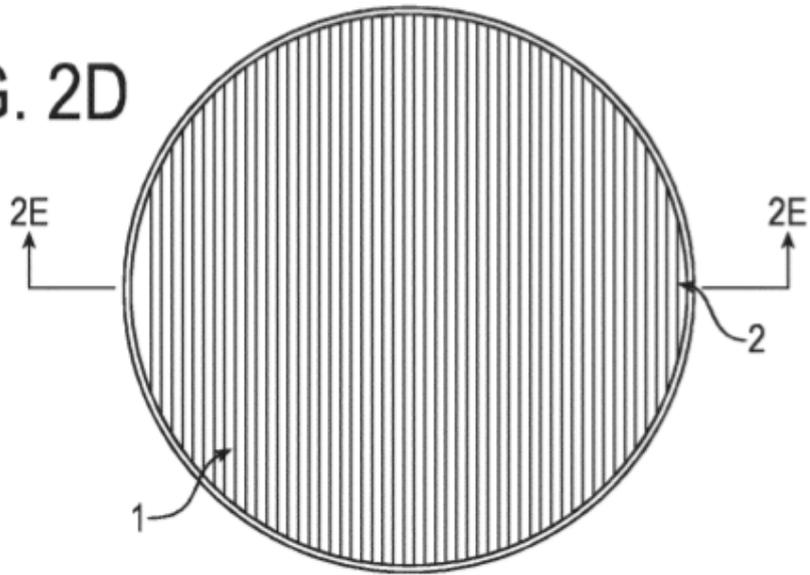
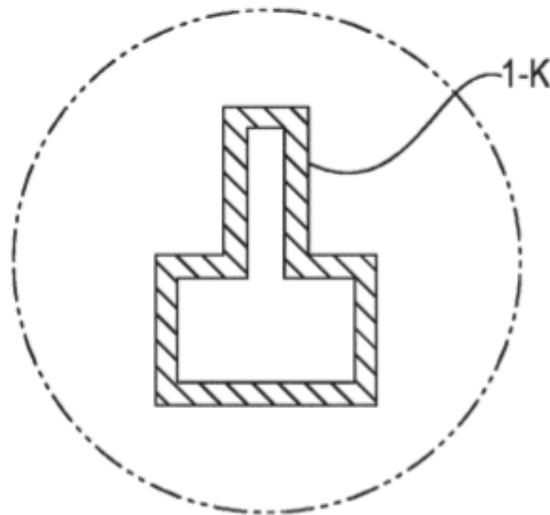


FIG. 2E



FIG. 2F



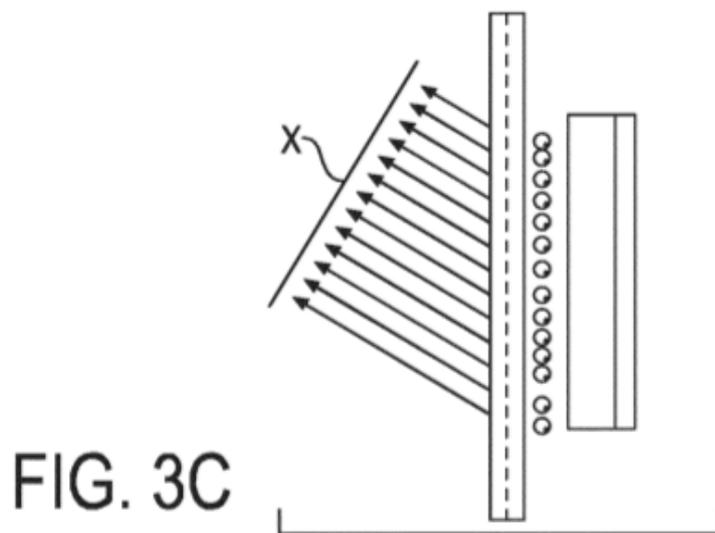
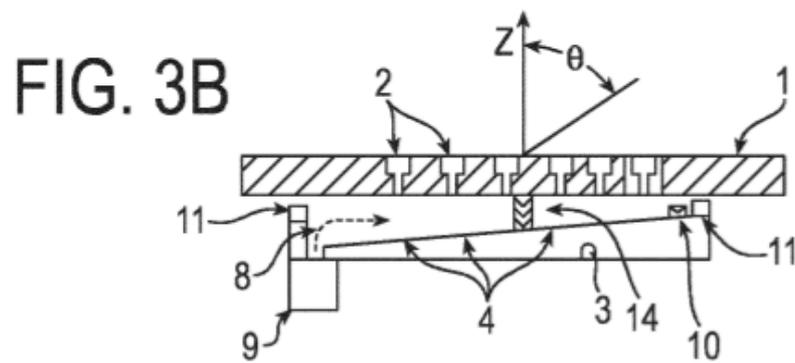
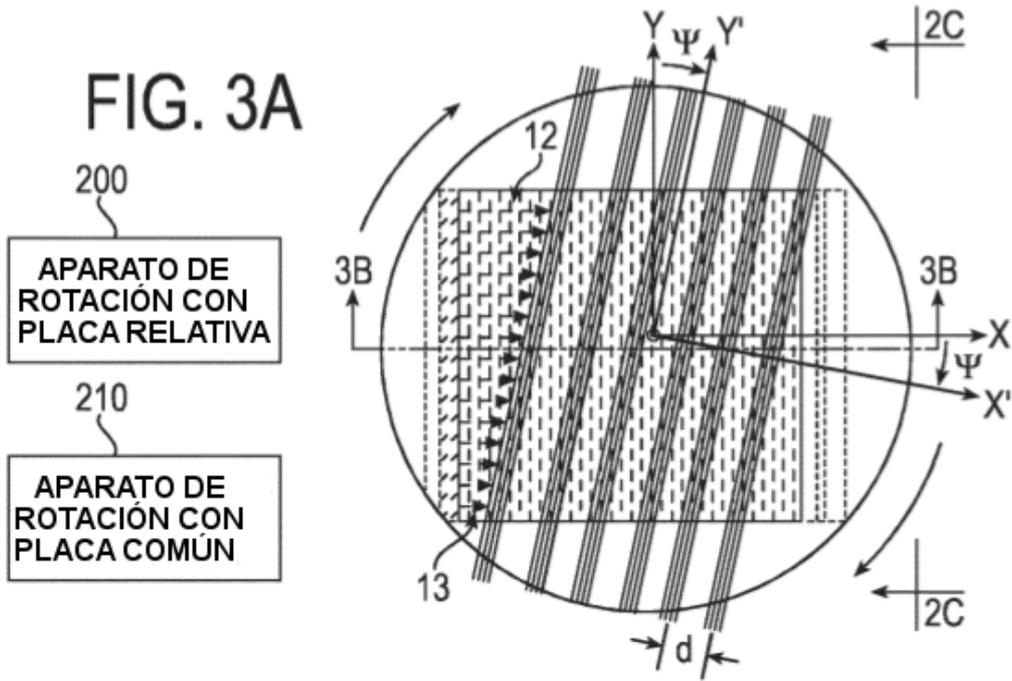
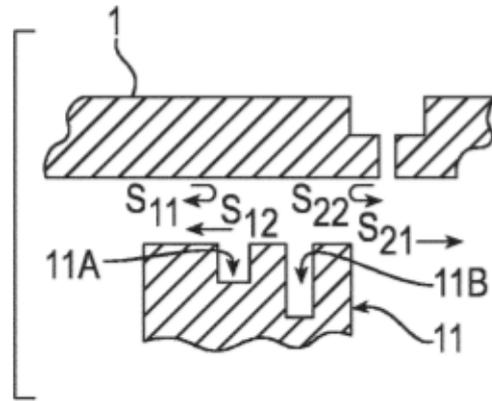
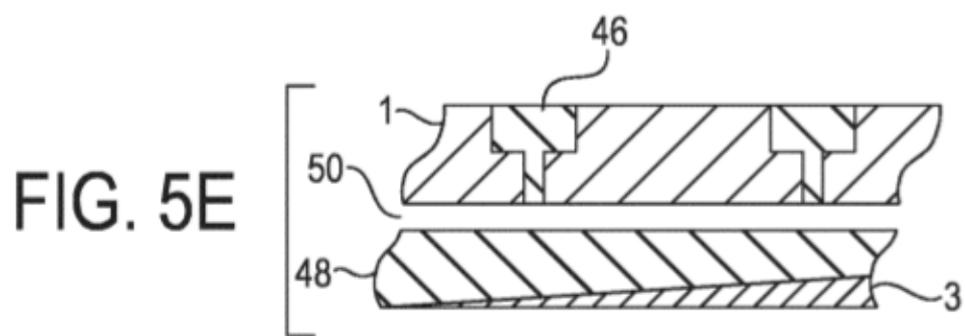
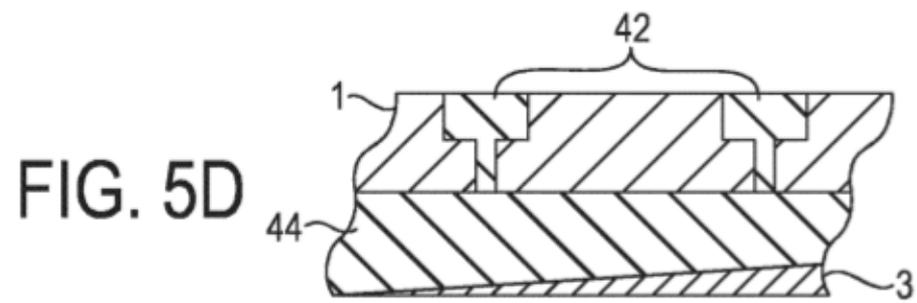
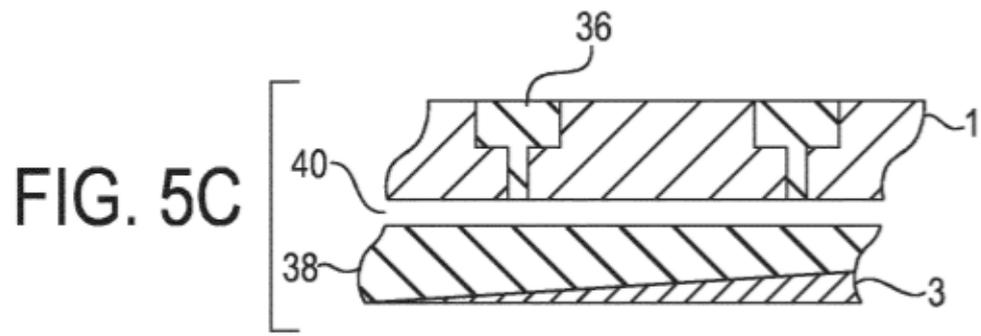
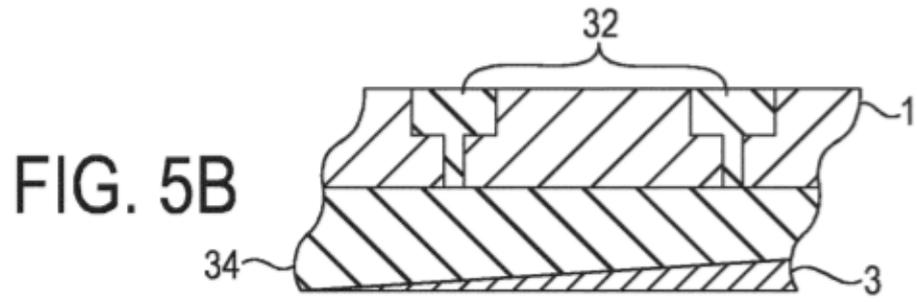
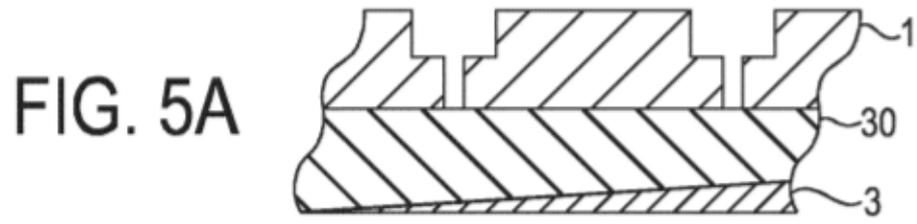


FIG. 4





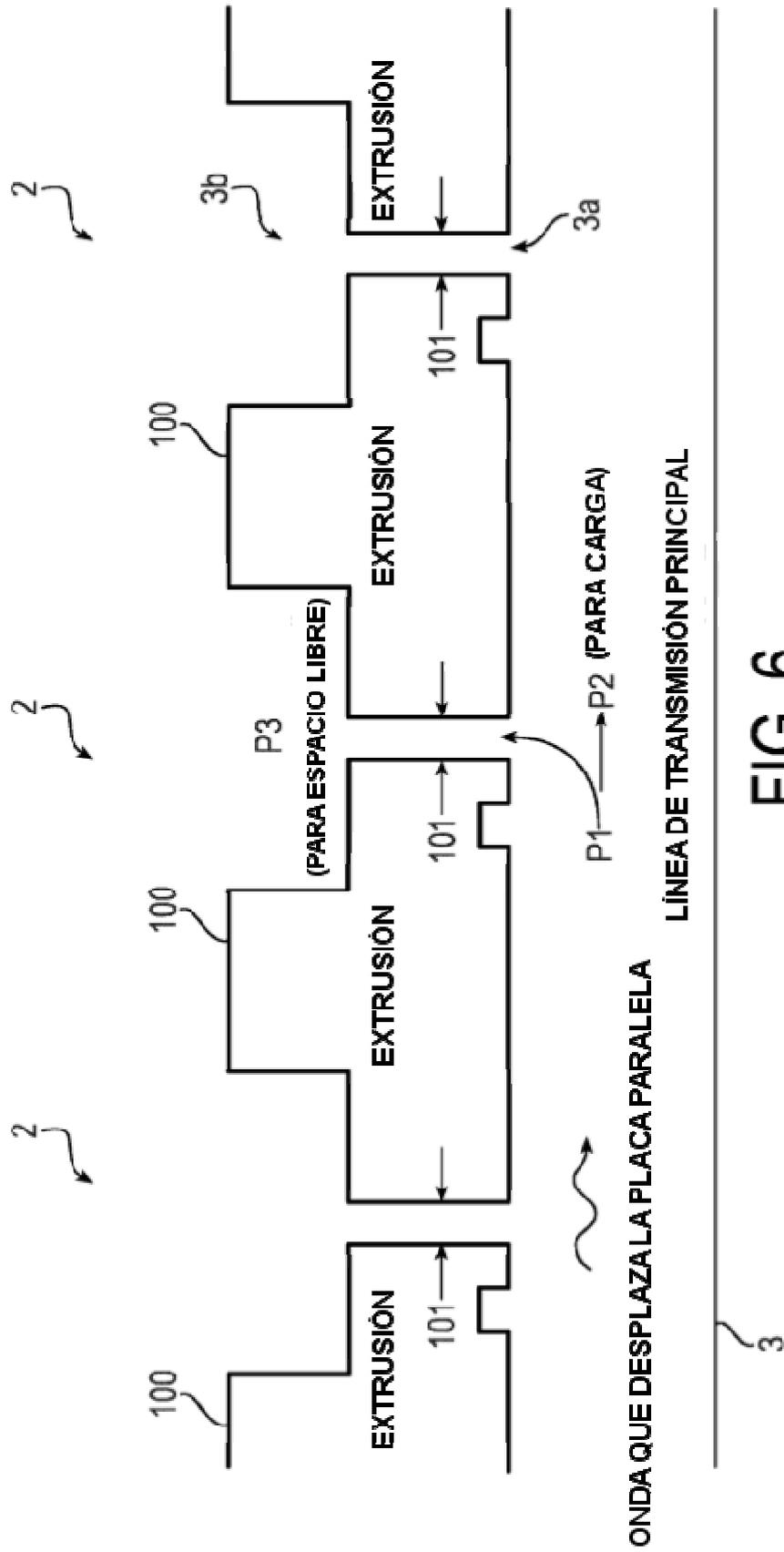
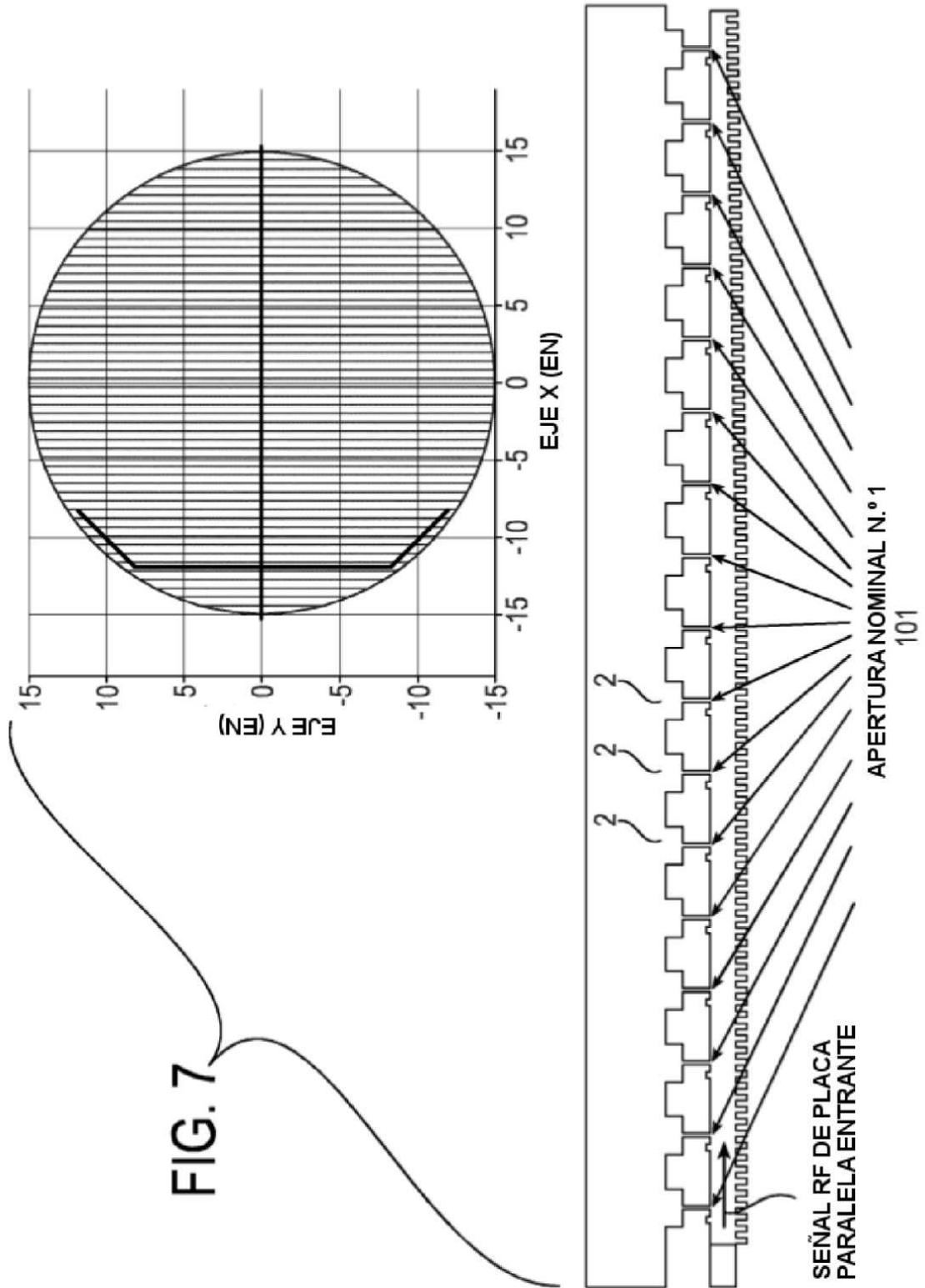


FIG. 6



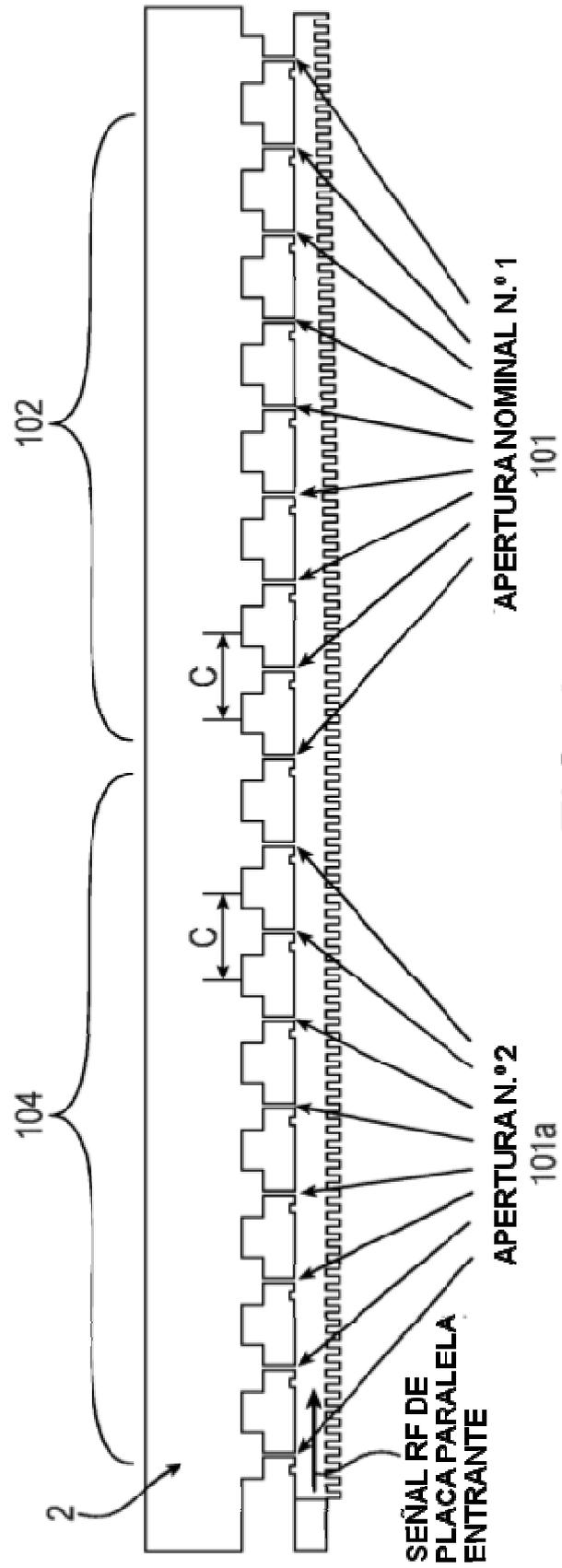


FIG. 8

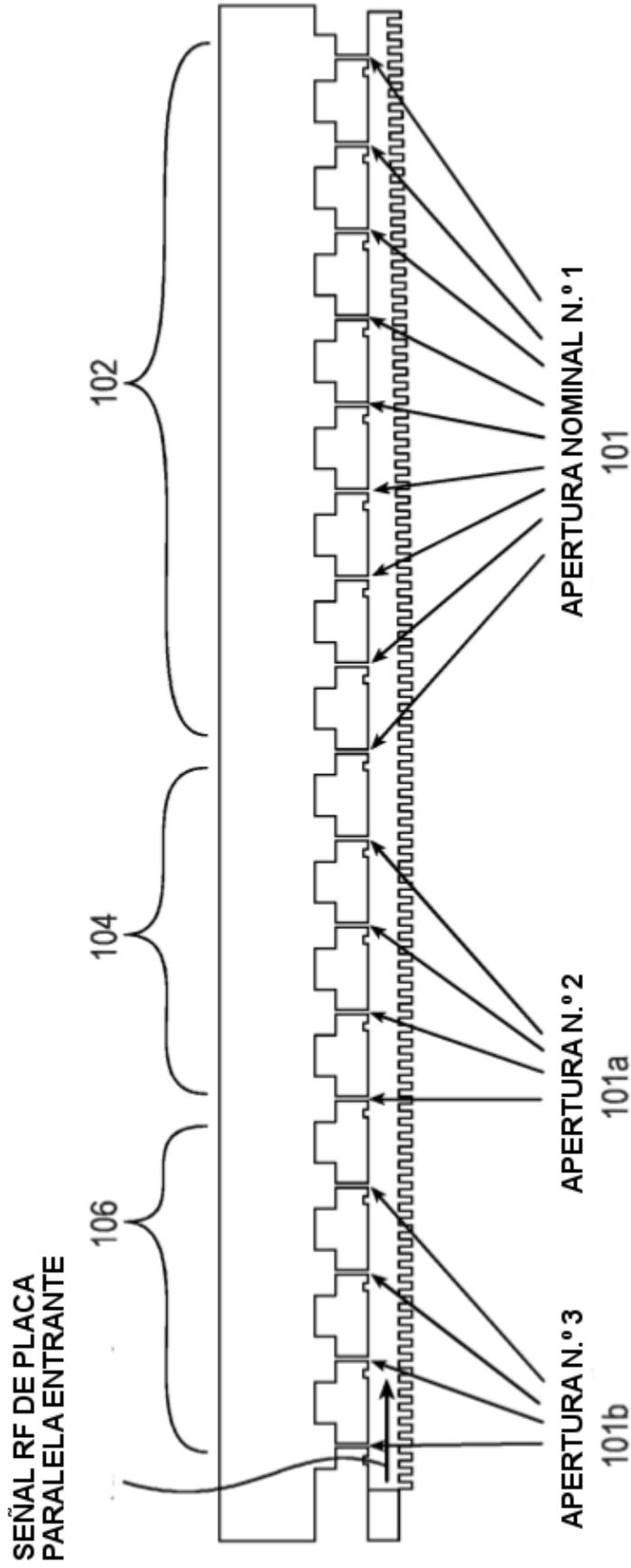
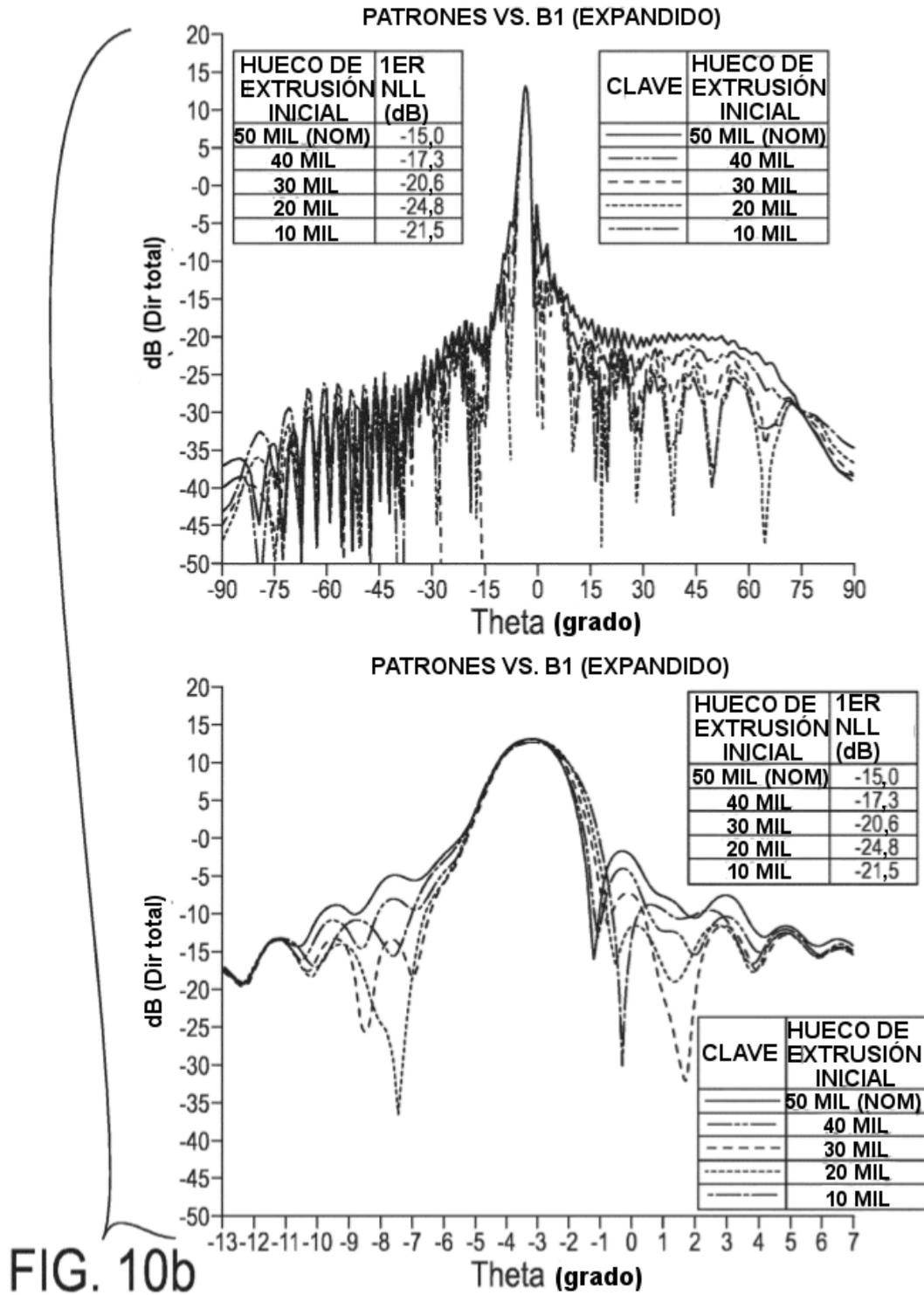


FIG. 9

ABERTURA b1	SLL (1° ADYACENTE)	SLL (MEJORA LEJANA)
50 MILÉSIMAS (NOMINAL)	-15dB	NOMINAL @ -33dB ABAJO
40 MILÉSIMAS	-17,3dB	-35dB ABAJO
30 MILÉSIMAS	-20,6dB	-36dB ABAJO
20 MILÉSIMAS	-24,8dB	-37dB ABAJO
10 MILÉSIMAS	-21,5dB	-37dB ABAJO

FIG. 10a



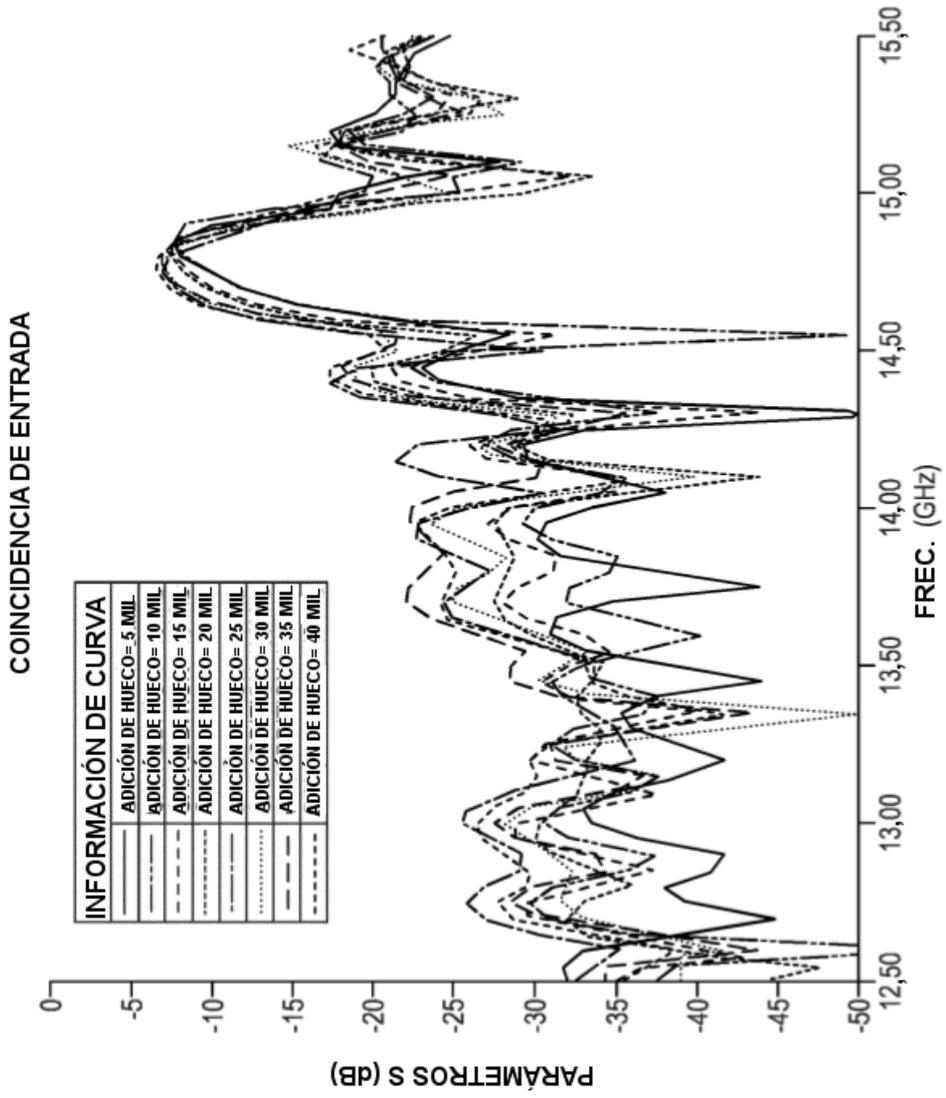


FIG. 11

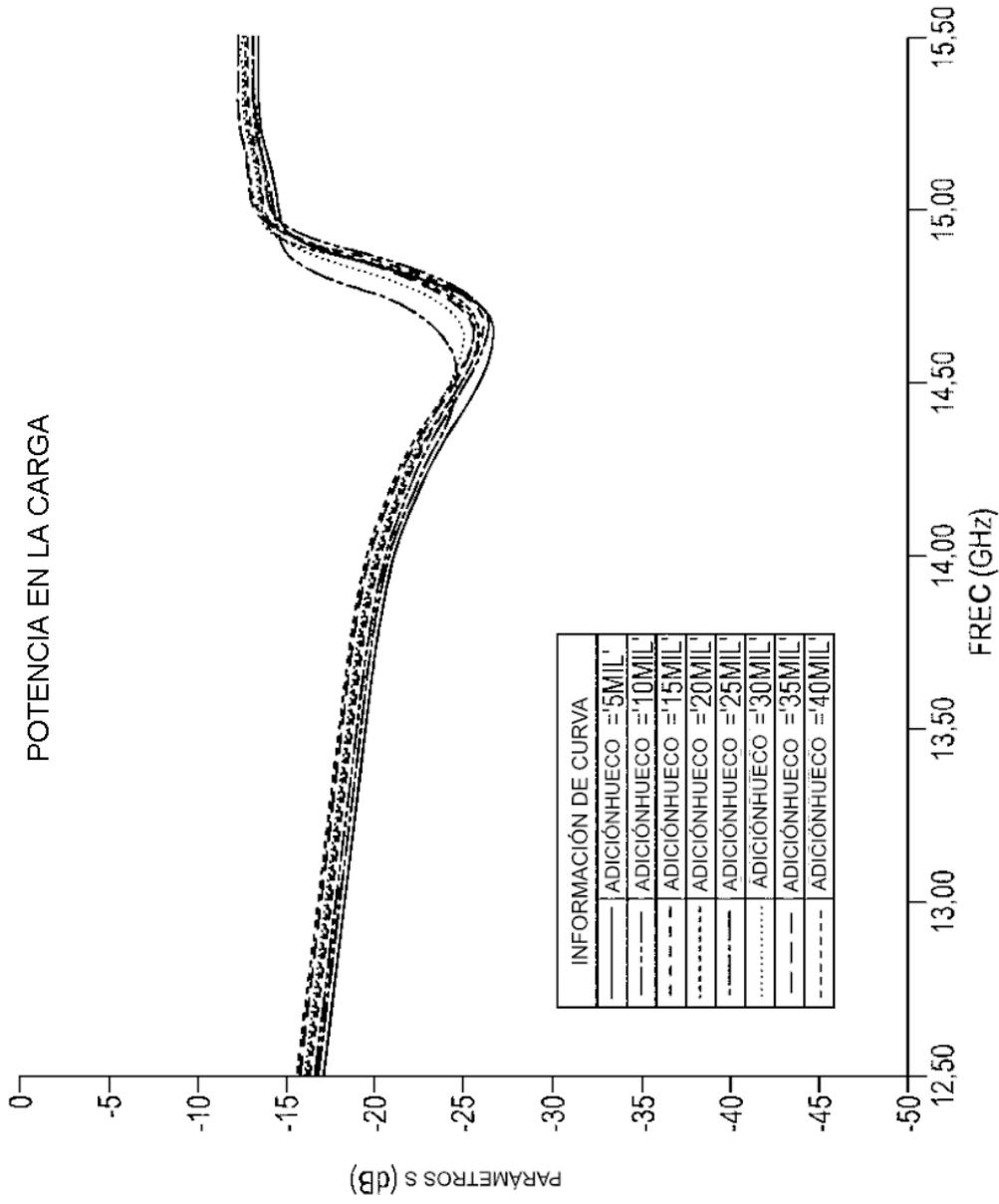


FIG. 12

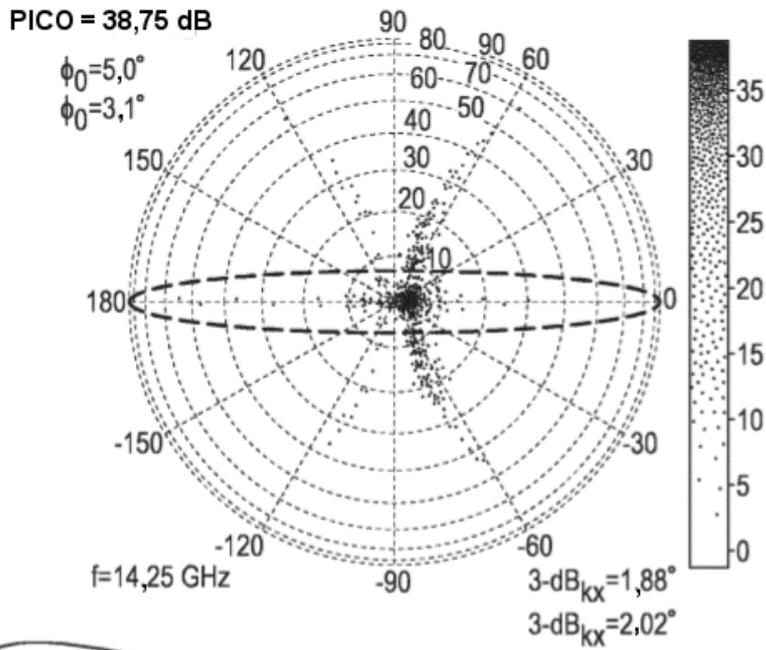
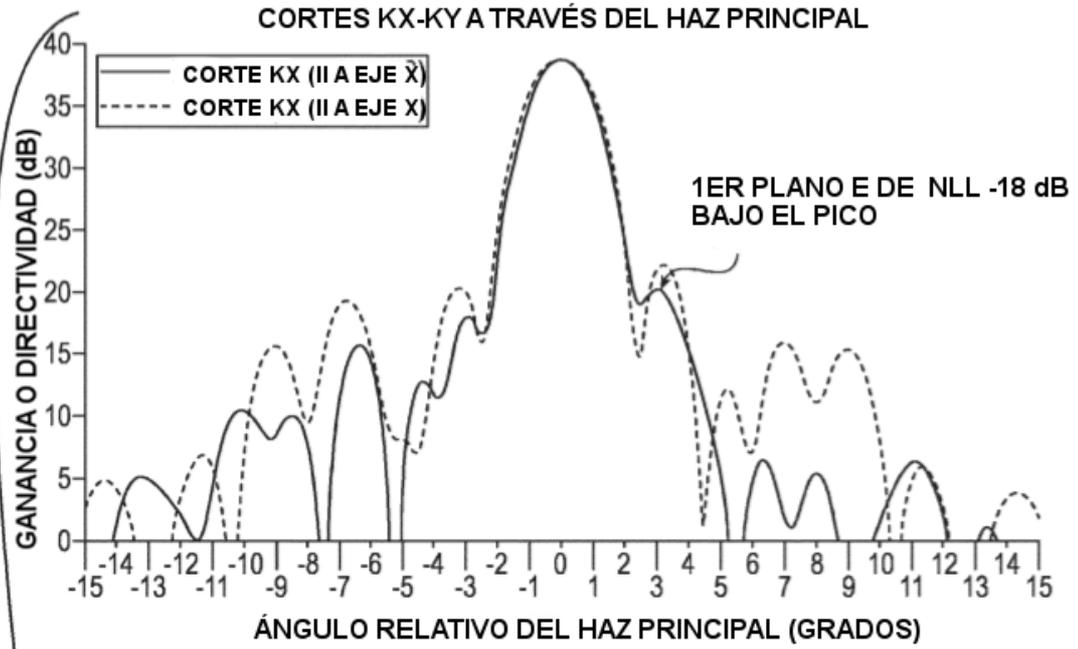


FIG. 13