

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 478 315**

51 Int. Cl.:

H01Q 19/00 (2006.01)

H01Q 21/06 (2006.01)

H01Q 21/26 (2006.01)

H01Q 21/29 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2010 E 10712758 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.04.2014 EP 2415119**

54 Título: **Antena de conjunto de banda ancha**

30 Prioridad:

31.03.2009 GB 0905573

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

21.07.2014

73 Titular/es:

**THE UNIVERSITY OF MANCHESTER (100.0%)
Oxford Road
Manchester M13 9PL, GB**

72 Inventor/es:

**BROWN, ANTHONY, KEITH y
ZHANG, YONGWEI**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 478 315 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Antena de conjunto de banda ancha

5 La presente invención se refiere a antenas de tipo de conjunto y, en particular, a tales antenas que están diseñadas para tener un ancho de banda de frecuencia ancha utilizable.

Hay una gran variedad de diseños de antena de microondas existentes, incluyendo aquellos que consisten en un conjunto de elementos conductores planos que están separados de un plano de tierra.

10 Conjuntos de fase polarizada doble de banda ancha se desean cada vez más para muchas aplicaciones. Tales conjuntos que incluyen elementos que presentan un conductor vertical para los campos de entrada, a menudo sufren de alta polarización cruzada. Muchas de las funciones del sistema tienen requisitos de polarización bien definidos. En general, se desea una baja polarización cruzada a través de todo el ancho de banda.

15 Un acoplamiento mutuo siempre se produce en sistemas de antenas y está relacionado con el tipo de elemento, la separación del elemento en términos de longitud de onda y la geometría del conjunto. Normalmente es un problema particular en los conjuntos de ancho de banda ancho, donde debe evitarse la producción de lóbulos reticulados. Para las antenas convencionales integradas de Vivaldi, la separación de los elementos en los conjuntos debe ser menor que la separación máxima permitida de los elementos para la exploración libre de los lóbulos reticulados. Esto es debido a anomalías de impedancia de entrada causadas por el fuerte acoplamiento inducido entre los elementos para grandes ángulos de exploración. Potencialmente se requieren más elementos para cubrir la misma área de recogida. Como resultado, el diseño trata de minimizar el acoplamiento, aunque esto es problemático.

25 Las antenas "Munk" como se describen en B. Munk, "A wide band, low profile array of end loaded dipoles with dielectric slab compensation", Simposio de Aplicaciones Antenas, páginas 149-165, 2006, utiliza un enfoque fundamentalmente diferente para diseñar el conjunto de banda ancha. Un ejemplo se muestra en la figura 1. El acoplamiento mutuo es utilizado intencionalmente entre los elementos del conjunto, y se controla mediante la introducción de capacitancia. Un elemento consiste en una parte de dipolos acoplados (14, 20) y (12, 16). La capacitancia entre los elementos (18, 22) y los respectivos extremos de los dipolos (16, 20) suaviza los campos radiados y logra un amplio ancho de banda. La estabilidad de la impedancia en la banda de frecuencia y los ángulos de exploración requerida se mejora mediante la colocación de capas dieléctricas en la parte superior del conjunto de dipolo.

35 Las capas dieléctricas superpuestas son importantes para el diseño del conjunto de dipolo de Munk. Se requieren tres o cuatro capas de placas dieléctricas para lograr un amplio ancho de banda. El coste llega a ser alto para un conjunto de gran escala.

40 Un tipo de antena que utiliza los principios expuestos por Munk es el conjunto de lámina actual (CSA). Una CSA formada mediante el uso de elementos de dipolo estrechamente separados se muestra en la figura. 1. La configuración aquí consiste en dos capas de material dieléctrico (2, 6) en la parte superior del conjunto de dipolo (una parte se muestra en la figura 1), además de dos láminas delgadas (ambas mostradas como la capa 8) en ambos lados para integrar los elementos de dipolo (12, 14, 16, 18, 20, 22) entre las mismas. La figura 2 muestra un conjunto de Munk que incorpora un aspecto de la presente invención, que es que las capas de las dieléctricas en la parte superior se sustituyen por un conjunto de parches de metal con formas predeterminadas y una distancia relativa desde los elementos del conjunto como se muestra en la figura 2. El rendimiento del análisis del conjunto de dipolo de la figura 1 se muestra en la figura 3a, y el del conjunto de la figura 2 se muestra en la figura 3b.

50 El documento EP688040 divulga una antena impresa bidireccional que incluye un sustrato dieléctrico que tiene una primera y segunda superficies que están sustancialmente en paralelo, al menos un par de conductores de elementos de radiación que tienen la misma forma y el mismo tamaño, cada par de los cuales está dispuesto en la primera y segunda superficies en las posiciones opuestas entre sí, respectivamente, un circuito de alimentación acoplado a al menos un borde de cada uno de los conductores de elemento de radiación, y un conductor de tierra dispuesto sobre la segunda superficie. El conductor de tierra cubre al menos una superficie exterior del borde del elemento conductor de radiación, cuyo borde está acoplado al circuito de alimentación, y un área exterior del borde opuesto respecto al elemento conductor de radiación dejando un espacio de una anchura predeterminada entre el elemento conductor de radiación y este conductor de tierra. La antena incluye además un primer conductor de banda dispuesto sobre la primera superficie y conectada al elemento conductor de radiación en la primera superficie; y un segundo conductor de banda dispuesto sobre la segunda superficie, para conectar el elemento conductor de radiación en la segunda superficie con el conductor de tierra. El circuito de alimentación mencionado anteriormente incluye una línea de alimentación desequilibrada que consiste en el conductor de tierra y el primer conductor de banda, y una línea de alimentación equilibrada que consiste en el primer y segundo conductores de banda.

65 La presente invención tiene como objetivo proporcionar una nueva estructura de antena de conjunto que tiene un rendimiento mejorado respecto a la técnica anterior.

5 Por consiguiente, en un primer aspecto, la presente invención proporciona un conjunto de antena que incluye una pluralidad de elementos, incluyendo los elementos al menos un elemento de un primer tipo y al menos cuatro elementos de un segundo tipo, en el que el elemento del primer tipo comprende parte de dos alimentaciones equilibradas con dos elementos del segundo tipo y el elemento del primer tipo está acoplado capacitivamente a dos elementos adicionales del segundo tipo.

10 A diferencia de la técnica anterior, la presente invención utiliza elementos de dos tipos distintos. En algunas realizaciones de la presente invención, elementos de ambos tipos tienen la misma estructura física (como se verá en las figuras), pero en la presente invención los elementos están dispuestos de tal manera que realizan las funciones de uno u otro de los tipos indicados anteriormente.

15 Preferiblemente, el conjunto incluye elementos adicionales. Por ejemplo, el conjunto puede incluir otros elementos del primer tipo y dispuestos de tal manera que cada elemento del segundo tipo está capacitivamente acoplado a un elemento del primer tipo y también forma parte de una alimentación equilibrada con un elemento del primer tipo.

Preferiblemente, cada elemento del segundo tipo está sólo capacitivamente acoplado a un elemento del primer tipo y también forma parte de sólo una alimentación equilibrada con un elemento del primer tipo.

20 Preferiblemente, las dos alimentaciones equilibradas están colocadas perpendicularmente entre sí, y cada alimentación producirá una señal polarizada linealmente de forma independiente. Esto se denomina una antena de doble polarización.

25 Por supuesto, en la práctica, tales conjuntos de antena no son infinitas en tamaño y en los bordes de cualquier conjunto habrá elementos adicionales, por ejemplo, de un tercer tipo. Una vez más, tales elementos pueden ser idénticos en estructura física a los elementos de los primeros dos tipos, pero gracias a estar en los bordes del conjunto no se pueden conectar de la misma manera.

30 En general, en un conjunto de antena de acuerdo con la presente invención, los cuatro elementos del segundo tipo estarán preferiblemente separados igualmente alrededor del elemento del primer tipo con el que están asociados.

35 En algunas realizaciones de la presente invención, el acoplamiento capacitivo se proporciona mediante la inclusión de condensadores discretos. Sin embargo, en realizaciones alternativas, el efecto capacitivo se consigue mediante áreas de interdigitación de los respectivos elementos que se están acoplados. Preferiblemente, el tamaño de las áreas que están siendo interdigitadas y la cantidad de interdigitación se elige para proporcionar el nivel deseado de acoplamiento capacitivo.

40 En un aspecto adicional, la presente invención proporciona un método de creación de un conjunto de antena que incluye la etapa de proporcionar elementos del primer y segundo tipos como se ha descrito anteriormente y su colocación como también se describe anteriormente.

45 Preferiblemente, los elementos no son en forma de dipolo. Más preferiblemente, los elementos son circulares o de forma poligonal. En algunos ejemplos, los elementos pueden tener un área de material no conductor en sus centros, por ejemplo, pueden ser en forma de anillos. En realizaciones preferidas, los elementos tienen forma de anillos poligonales u octogonales.

50 Generalmente, los elementos de acuerdo con la presente invención están dispuestos en un conjunto plano. Además, el conjunto puede incluir un plano de tierra adicional que está separado del conjunto de elementos mediante una capa de material dieléctrico. El plano de tierra sí puede tomar la forma de un conjunto de elementos de una estructura similar al conjunto de elementos planos. El material dieléctrico puede ser preferiblemente espuma de poliestireno expandido.

Realizaciones de la presente invención se describirán ahora con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

55 La figura 1 muestra un ejemplo de una antena dipolo de "Munck" de la técnica anterior.

La figura 2 muestra un ejemplo de una antena dipolo de "Munk" que incluye modificaciones de acuerdo con la presente invención.

60 Las figuras 3a y 3b muestran las respuestas de rendimiento de las antenas de las figuras 1 y 2.

Las figuras 4, 5 y 6 muestran realizaciones de la presente invención utilizando, respectivamente, elementos de forma de cuadrada, circular y octogonal.

65 Las figuras 7a, 7b y 7c muestran la respuesta de frecuencia de los diseños de las figuras 4, 5 y 6, respectivamente.

- La figura 8 muestra una realización adicional de la presente invención que utiliza elementos de "anillo", que son octogonales.
- 5 La figura 9 muestra la respuesta de frecuencia de la realización de la figura 8.
- La figura 10 ilustra el uso de condensadores de acoplamiento interdigitados en el diseño de la figura 8.
- La figura 11a muestra la respuesta de frecuencia del diseño de la figura 8 usando un pF.
- 10 La figura 11b muestra la respuesta de frecuencia del diseño de la figura 8 usando los condensadores de acoplamiento digitados.
- La figura 12 muestra, además, las respuestas de frecuencia del diseño de la figura 8 utilizando condensadores de acoplamiento interdigitados.
- 15 La figura 13 ilustra un pequeño conjunto de 3 x 4 usando el diseño de la figura 8.
- La figura 14 muestra la pérdida de inserción del diseño de la figura 13.
- 20 La figura 15 muestra el rendimiento de polarización cruzada para un elemento de un conjunto infinito basado en la figura 8.
- Las figuras 16a, 16b muestran los patrones de radiación para el elemento central del conjunto 3 x 4 de la figura 13 basados en la medición.
- 25 La figura 16c muestra el patrón de radiación para un elemento de un conjunto infinito basado en la figura 8.
- La figura 17 ilustra un conjunto más amplio realizado con elementos de acuerdo con los diseños de la técnica anterior de la figura 1 o la figura 2.
- 30 La figura 18 ilustra un conjunto amplio formado con elementos generales de acuerdo con la presente invención.
- La figura 19 muestra una realización de un conjunto más amplio que utiliza el diseño de la figura 8.
- 35 La figura 4 muestra una realización de la presente invención que utiliza elementos en forma de cuadrada. En la figura 4 se puede ver un elemento central 30 rodeado por elementos 32, 34, 36 y 38 (preferiblemente separados de manera equidistante). El elemento central 30 está acoplado a los elementos 32 y 34 (sólo la mitad de cada uno de los cuales se muestra) mediante los respectivos condensadores C. Además, el elemento 30 forma la mitad de dos pares de elementos alimentados equilibrados, un par está con el elemento 36 y el otro par con el elemento 38. Una vez más, sólo la mitad de los elementos 36 y 38 se muestran en la figura 4. Los dos pares de elementos proporcionan los puertos 1 y 2 para su uso en el conjunto.
- 40 En la práctica, la disposición mostrada en la figura 4 (y en las figuras 5, 6 y 8) formará parte de un conjunto más amplio, donde se repite el patrón. Esto se describe más completamente más adelante con referencia a las figuras 17, 18 y 19.
- 45 Una característica preferida adicional de algunas realizaciones de la presente invención es la incorporación de una capa conductora adicional paralela y separada de la capa del conjunto del elemento de antena principal. La capa de conjunto de antena principal se muestra como 42 en la figura 4, y una capa adicional de elementos conductores similares (pero en este caso a escala reducida) se etiqueta 40. Esta está separada de la capa 42 mediante el uso de un dieléctrico 44.
- 50 La figura 5 muestra una realización adicional de la presente invención, que es similar a la de la figura 4, pero utiliza elementos de forma circular en su lugar. Los mismos números de referencia se han reutilizado.
- 55 Las figuras 7a y 7b muestran las respuestas de frecuencia para los diseños de las figuras 4 y 5, respectivamente. El rendimiento de exploración en el plano H se ha encontrado que es mejor para el diseño circular de la figura 5 y para el diseño cuadrado de la figura 4.
- 60 La figura 6 muestra una realización adicional de la presente invención, que es similar a la de las figuras 4 y 5, pero en este caso utiliza elementos de forma octogonal. Una vez más, se utilizan los mismos números de referencia. La figura 7c muestra la SWR para el conjunto de antena de parche octagonal fino de doble polarización de la figura 6.
- 65 Se cree que en el diseño de antena de la figura 6 (y en las figuras 4 y 5) el flujo de corriente es principalmente a lo largo del borde de cada elemento. Por lo tanto, una realización adicional de la presente invención mostrada en la figura 8, que utiliza los elementos en forma octogonal de la figura 6 pero en el diseño de la figura 8, estos elementos

son huecos o en forma de anillo. Esto se cree que reduce el acoplamiento entre los puertos ortogonales en una celda unitaria. Este diseño particular se hace referencia en la memoria como una "antena de anillos octagonales" (ORA). Esto se cree que reduce el acoplamiento entre los puertos ortogonales en una celda unitaria. Este diseño particular se hace referencia en la memoria como una "antena de anillos octagonales (ORA)", pero en general, la descripción de las otras características de este diseño adjunto son igualmente aplicables a los otros diseños que se describen anteriormente.

En la figura 8, un elemento central 50 está rodeado por cuatro elementos 52, 54, 56, 58 (preferiblemente separados de manera equidistante). Como antes, el elemento central 50 está acoplado a los elementos 52 y 54 a través de respectivos condensadores C. También el elemento central 50 forma parte (en este caso una mitad) de dos pares de elementos con los respectivos elementos 56 y 58. Una vez más, estos elementos pueden estar encapsulados entre dos capas de dieléctrico en una capa delgada 60. Preferiblemente, el diseño de la antena también incluye una capa conductora adicional 62 separada de la capa de la antena principal 60.

El rendimiento de exploración para una ORA optimizada con el tamaño de la celda unitaria de 150 mm se muestra en la figura. 9. La relación entre el tamaño del anillo de reflexión y el anillo del elemento es de 0,94 y el valor de la capacitancia de acoplamiento es de 1 pF.

Los condensadores en bruto se pueden soldar entre los elementos de anillo octogonal (u otras formas). Alternativamente, y preferiblemente, la capacitancia se proporciona mediante la interdigitación de las porciones de extremo separadas entre sí para controlar el acoplamiento capacitivo entre los elementos de la ORA adyacentes. Los dedos entrelazados pueden sustituir los condensadores en bruto entre los elementos para proporcionar una un mayor acoplamiento capacitivo. Para el conjunto ORA dual polarizado con 165 mm de tamaño de paso, se utilizan condensadores de 1 pF, por ejemplo, cada condensador puede estar construido con 12 dedos con la longitud del dedo de 2,4 mm. La separación entre los dedos es, por ejemplo, de 0,15 mm. Esto se muestra en la figura 10. La comparación del rendimiento de exploración entre el conjunto usando el condensador en bruto de 1pF o el condensador interdigitados con 12 dedos se muestra en la figura 11. La configuración de la celda unitaria se basa en $h = 70$ mm, $L_g = 110$ mm, $sf = 0,9$. La misma celda unitaria con la configuración de condensadores interdigitados se muestra a partir de la simulación. El rendimiento de VSWR activo con la exploración se muestra en la figura 12.

Una ORA finita 3 x 4 se construye y se muestra en la figura 13. La comparación de la pérdida de inserción del elemento central entre la simulación y la medición se muestra en la figura 14. La medición se ha realizado mediante la alimentación del elemento central con un balún de transformación de impedancia CPW-CPS y elementos de apoyo terminados con cargas coincidentes de 120 ohmios. La separación del elemento es de 165 mm y el valor de la capacitancia para que los condensadores en crudo entre los elementos es de 1 pF. Sin embargo, existe una discrepancia entre el elemento central en un conjunto finito y el elemento central en una simulación conjunto infinito. Esto indica que el rendimiento del conjunto de 3 x 4 elementos se puede mejorar aumentando el tamaño del conjunto, por ejemplo, como se muestra en la figura 19.

La polarización cruzada en la exploración del plano diagonal en tres frecuencias típicas para el conjunto infinito ORA se muestra en la figura 15. Muestra un rendimiento de polarización cruzada baja y suave sobre todo el intervalo de la exploración. Se hace notar que el conjunto presenta la mejor polarización cruzada en el centro de la banda de frecuencia. Esta propiedad tiene una similitud con un conjunto dipolar.

El patrón del elemento activo se puede utilizar para predecir el rendimiento de antenas de conjunto de fase grande y evitar el fallo del diseño del conjunto antes de que se fabrique el sistema de conjunto grande. El patrón del elemento activo para un conjunto ORA infinito se muestra en la figura 16c. Se observa que el patrón del elemento es razonablemente simétrico en todos los planos y cerca de un patrón de coseno ideal en el volumen de exploración.

En general, las realizaciones de la presente invención tienen la intención de proporcionar una o más de las siguientes ventajas.

Para ilustrar conjuntos más grandes, las figuras 17 y 18 muestran ejemplos de tales conjuntos de repetición más grandes. La figura 17 muestra un conjunto más grande, utilizando el tipo de elemento de la técnica anterior mostrado en las figuras 1 ó 2. Como puede verse fácilmente, cada elemento individual de este conjunto es idéntico a todos los otros elementos del conjunto (excepto, por supuesto, para los de los bordes del conjunto). En general, cada elemento forma parte de un par de elementos radiantes entre sí, tal elemento también está acoplado capacitivamente a uno de tales elementos.

La figura 18 muestra un conjunto más amplio utilizando elementos de acuerdo con la presente invención, por ejemplo, como se muestra en cualquiera de las figuras 4, 5, 6 y 8. Como puede verse fácilmente, con la exclusión de los elementos en los bordes del conjunto, los elementos no en los bordes que son físicamente idénticos pueden en realidad ser categorizados como de dos tipos distintos. No pueden ser considerados como elementos centrales (etiquetados "A") que, como se describe anteriormente, forman parte de dos dipolos con otros dos elementos y, además, están acoplados capacitivamente a dos elementos adicionales. El otro tipo de elemento del conjunto forma parte de un único par de elementos y está acoplado capacitivamente a un solo otro elemento.

Las realizaciones de la presente invención pueden ser útiles en alguna o en todas de las siguientes aplicaciones.

VENTAJAS

- 5 ♦ El ancho de banda operativo puede ser de 4:1 o más, y el ángulo máximo de exploración puede ser de 45° o más.
- ♦ Antena electrónicamente dirigible.
- ♦ Un rendimiento de polarización cruzada estable en todo el volumen de exploración.
- ♦ Configuraciones compactas con polarizaciones duales.
- 10 ♦ No es necesario usar múltiples capas dieléctricas que reducen los costes y la complejidad.
- ♦ La estructura plana horizontal es fácil de implementar en la fabricación en masa.
- ♦ La pérdida de ganancia con ángulos de exploración es menor de los muchos tipos de elementos anteriores.

APLICACIONES

- 15 ♦ Radioastronomía
- ♦ Radar (sondeo del suelo)
- ♦ Comunicaciones de banda ultra amplia
- ♦ Formación de imágenes de banda ancha aerotransportada
- 20 ♦ Aplicaciones donde se desea un conjunto de banda ancha compacto
- ♦ La aplicación donde doble polarización y amplio campo de visión son deseables.

La presente invención se ha descrito con referencia a realizaciones preferidas. Las modificaciones de estas realizaciones, otras realizaciones y modificaciones de la misma serán evidentes para el experto en la materia y, como tales, están dentro del alcance de la invención.

25

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un conjunto de antena que incluye una pluralidad de elementos, incluyendo los elementos al menos un elemento (50) de un primer tipo y al menos cuatro elementos (52, 54, 56, 58) de un segundo tipo, en donde el elemento (50) del primer tipo comprende parte de dos alimentaciones equilibradas con dos elementos (56, 58) del segundo tipo, y el elemento (50) del primer tipo está acoplado capacitivamente a otros dos elementos (52,54) del segundo tipo.
- 10 2. Un conjunto de antena de acuerdo con la reivindicación 1, que incluye además elementos del primer tipo y dispuestos de tal manera que cada elemento del segundo tipo esta acoplado capacitivamente a un elemento del primer tipo y también forma parte de una alimentación equilibrada con un elemento del primer tipo.
- 15 3. Un conjunto de antena de acuerdo con la reivindicación 2, en el que cada elemento del segundo tipo está sólo capacitivamente acoplado a un elemento del primer tipo y también forma parte de sólo una alimentación equilibrada con un elemento del primer tipo.
- 20 4. Un conjunto de antena de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los elementos tienen forma de no dipolo.
5. Un conjunto de antena de acuerdo con la reivindicación 4, en el que los elementos tienen forma circular o poligonal.
- 25 6. Un conjunto de antena de acuerdo con la reivindicación 5, en el que los elementos tienen un área de material no conductor en sus centros.
7. Un conjunto de antena de acuerdo con la reivindicación 6, en el que los elementos tienen forma de anillo.
- 30 8. Un conjunto de antena de acuerdo con la reivindicación 7, en el que cada elemento tiene forma de un anillo octogonal.
9. Un conjunto de antena de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los elementos están dispuestos en un conjunto plano.
- 35 10. Un conjunto de antena de acuerdo con la reivindicación 9, que incluye además un plano de tierra separado del conjunto de elementos planos mediante una capa de material dieléctrico.
11. Un conjunto de antena de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la capa de material dieléctrico es de espuma de poliestireno expandido.
- 40 12. Un conjunto de antena de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que para cada elemento del primer tipo, los cuatro elementos del segundo tipo asociados con el mismo están separados igualmente alrededor del mismo.
- 45 13. Un conjunto de antena de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el acoplamiento capacitivo entre los elementos se consigue mediante áreas de esos elementos que están interdigitadas.

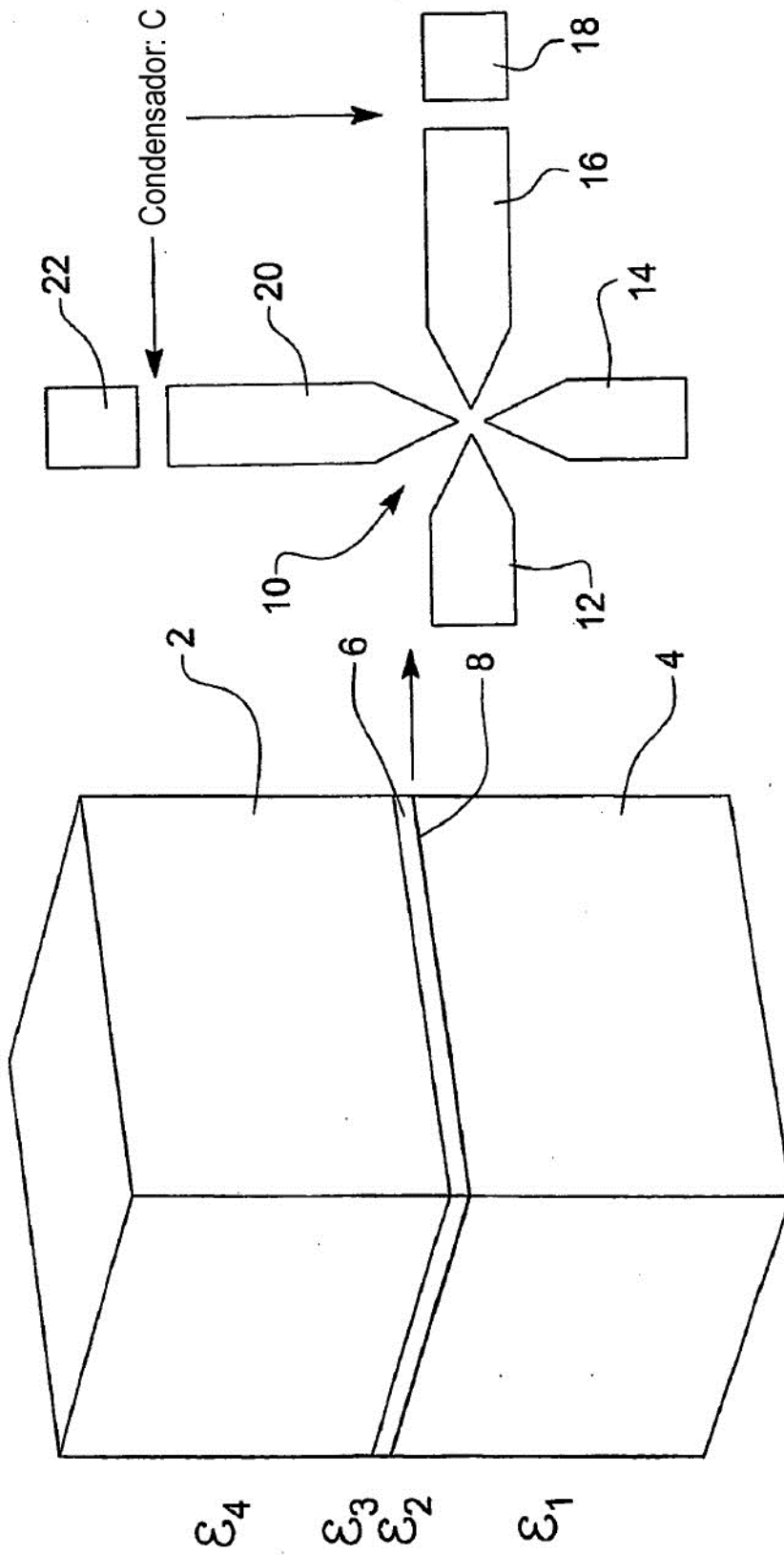


FIG 1

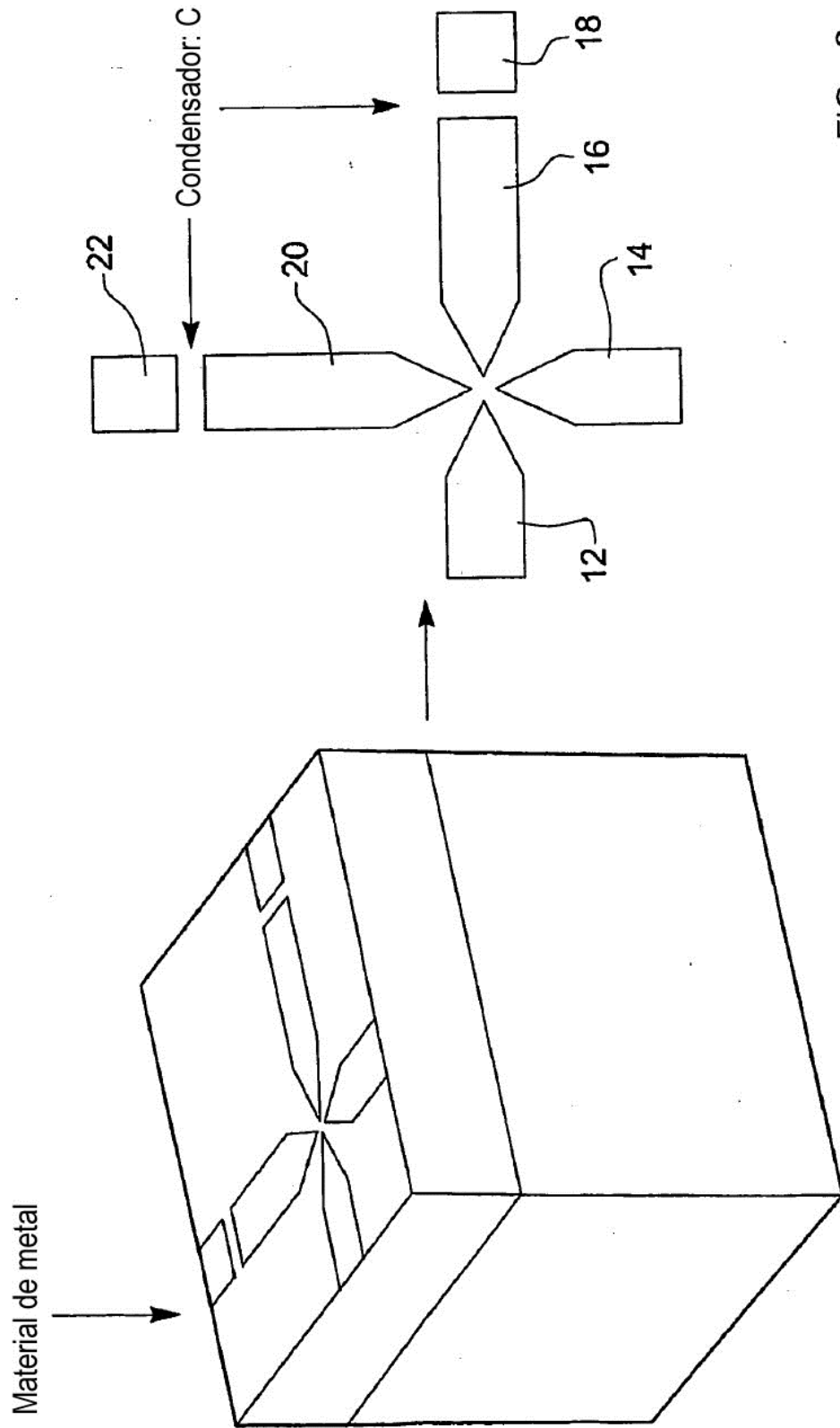


FIG. 2

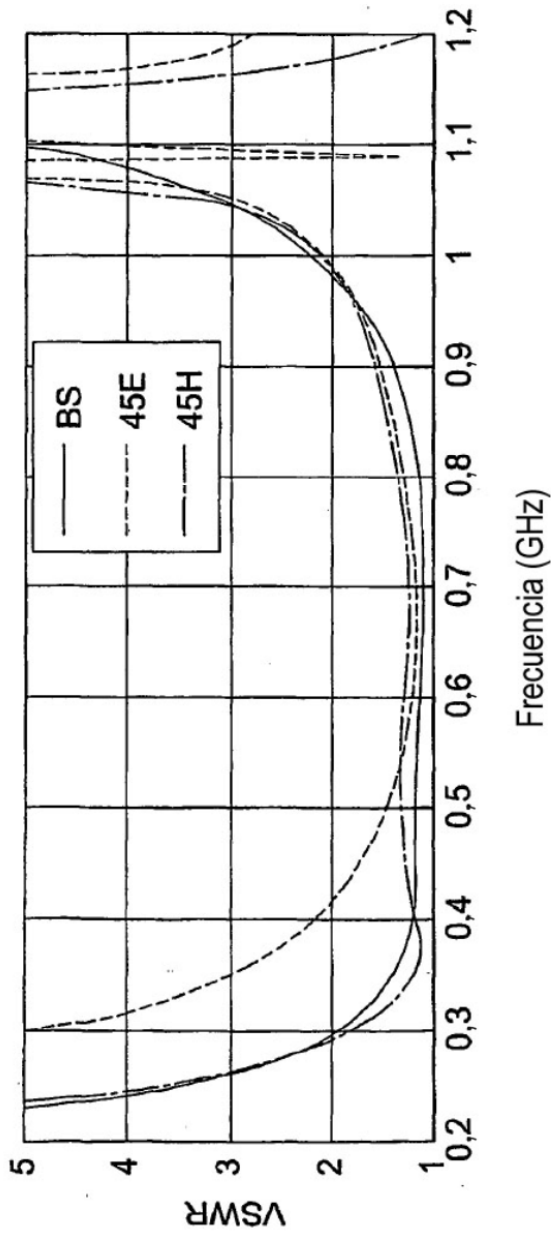


FIG 3a

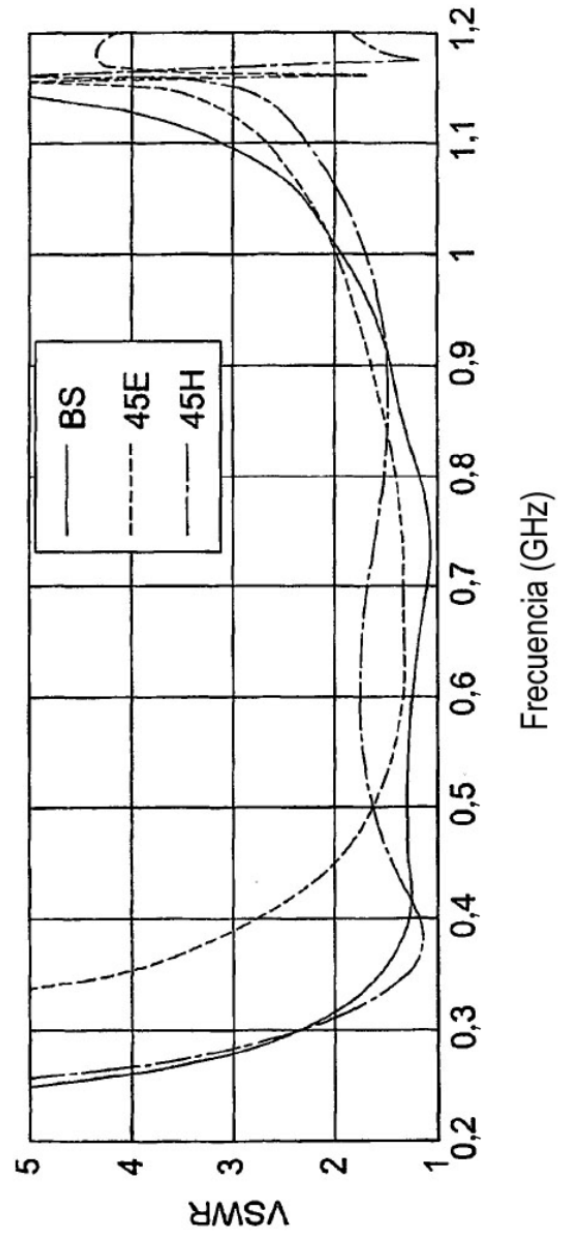


FIG 3b

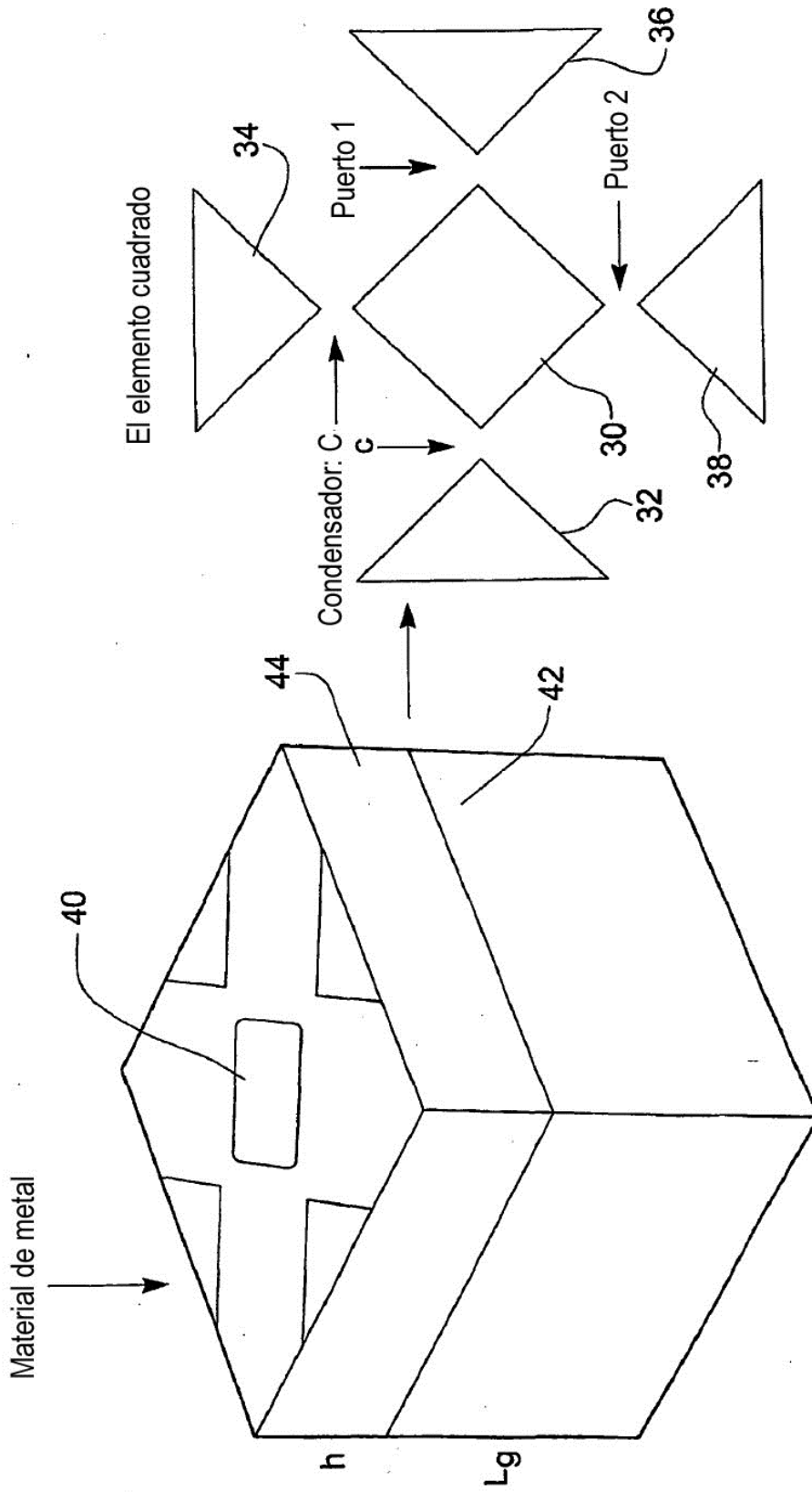


FIG 4

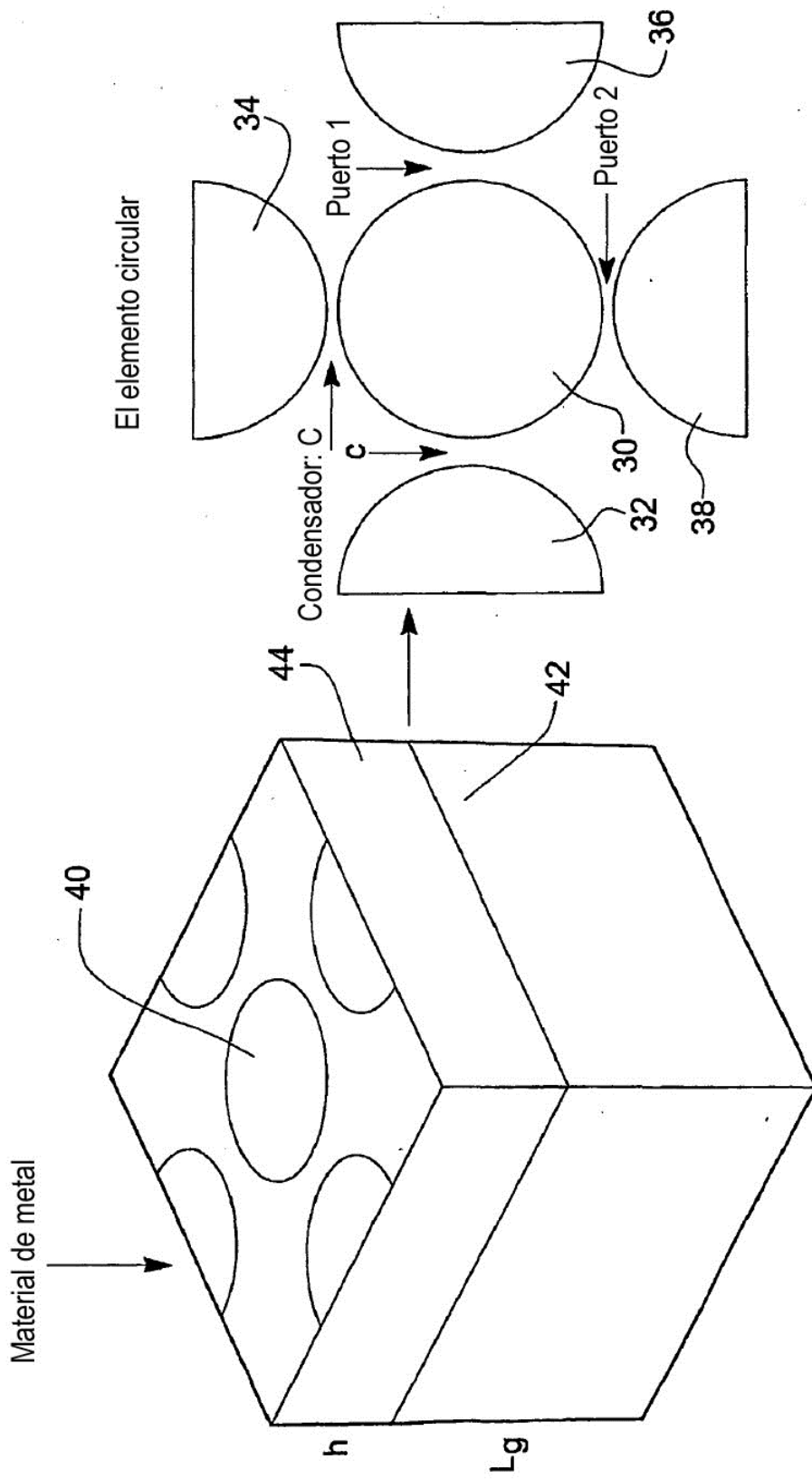


FIG 5

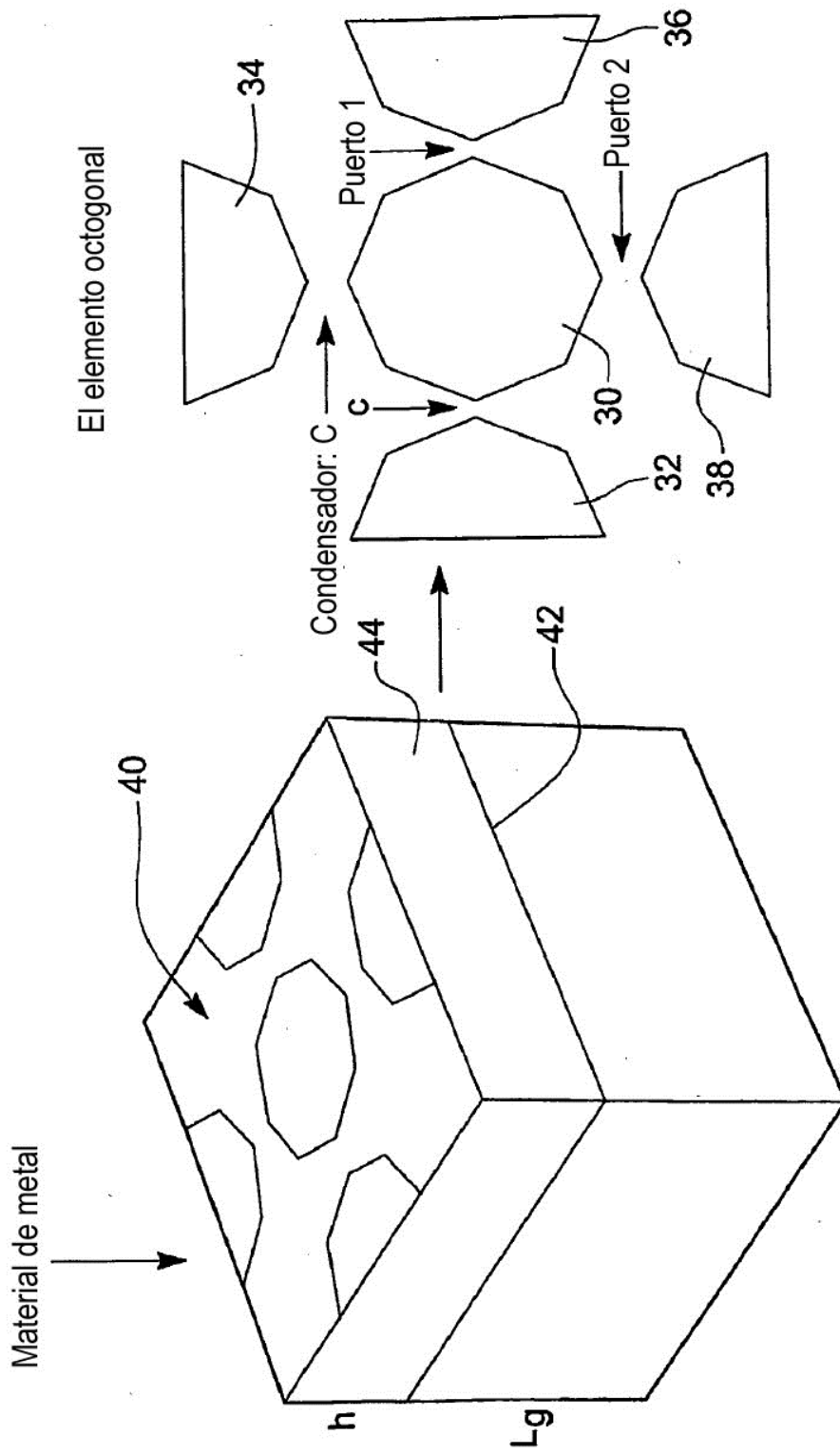


FIG 6

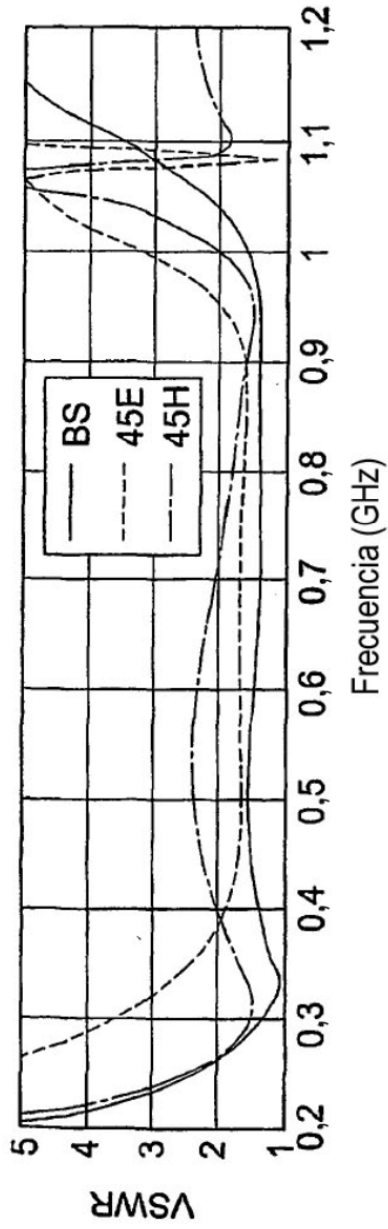


FIG 7a

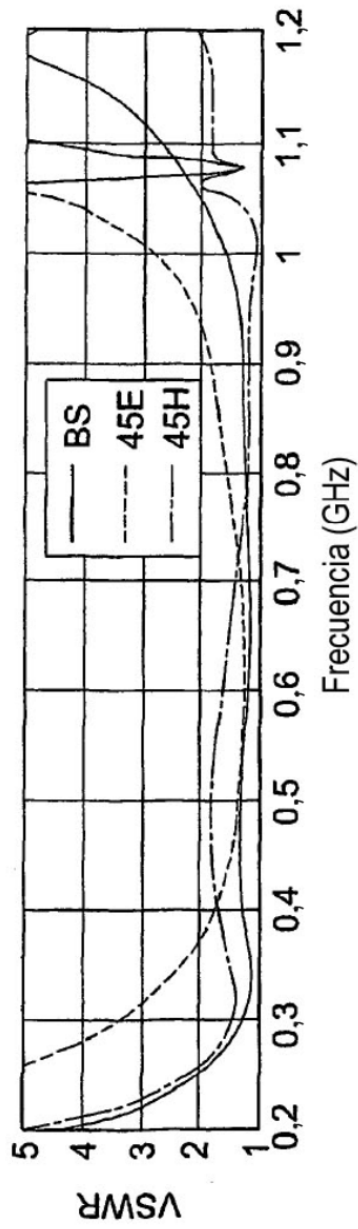


FIG 7b

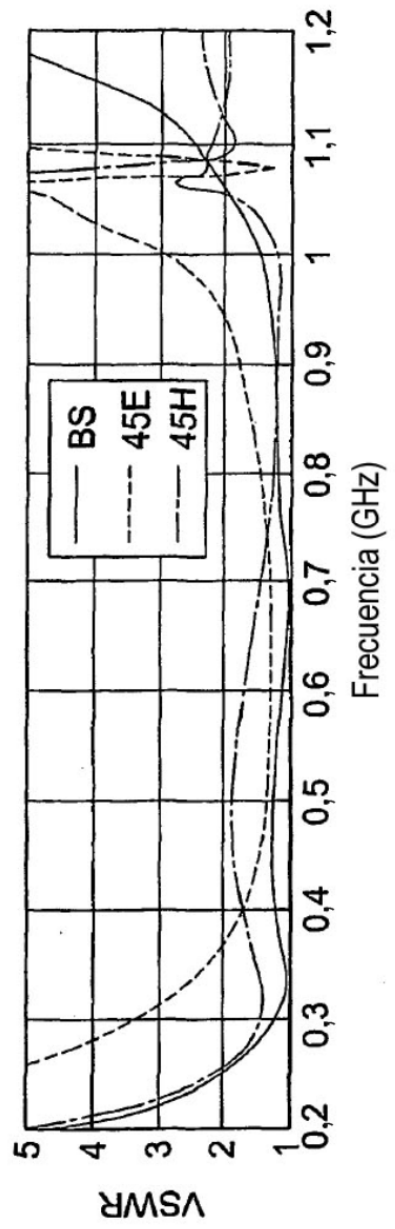


FIG 7c

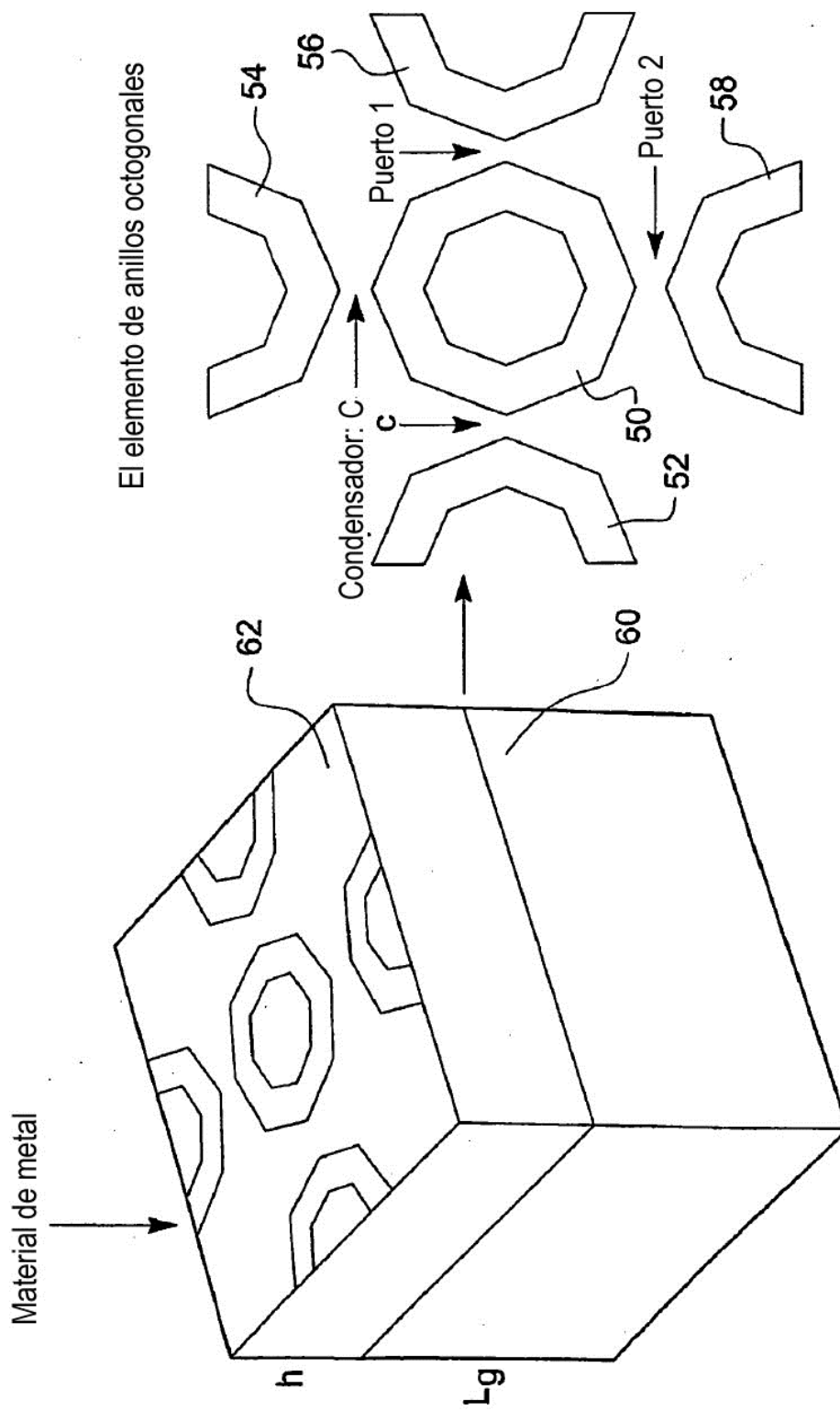


FIG 8

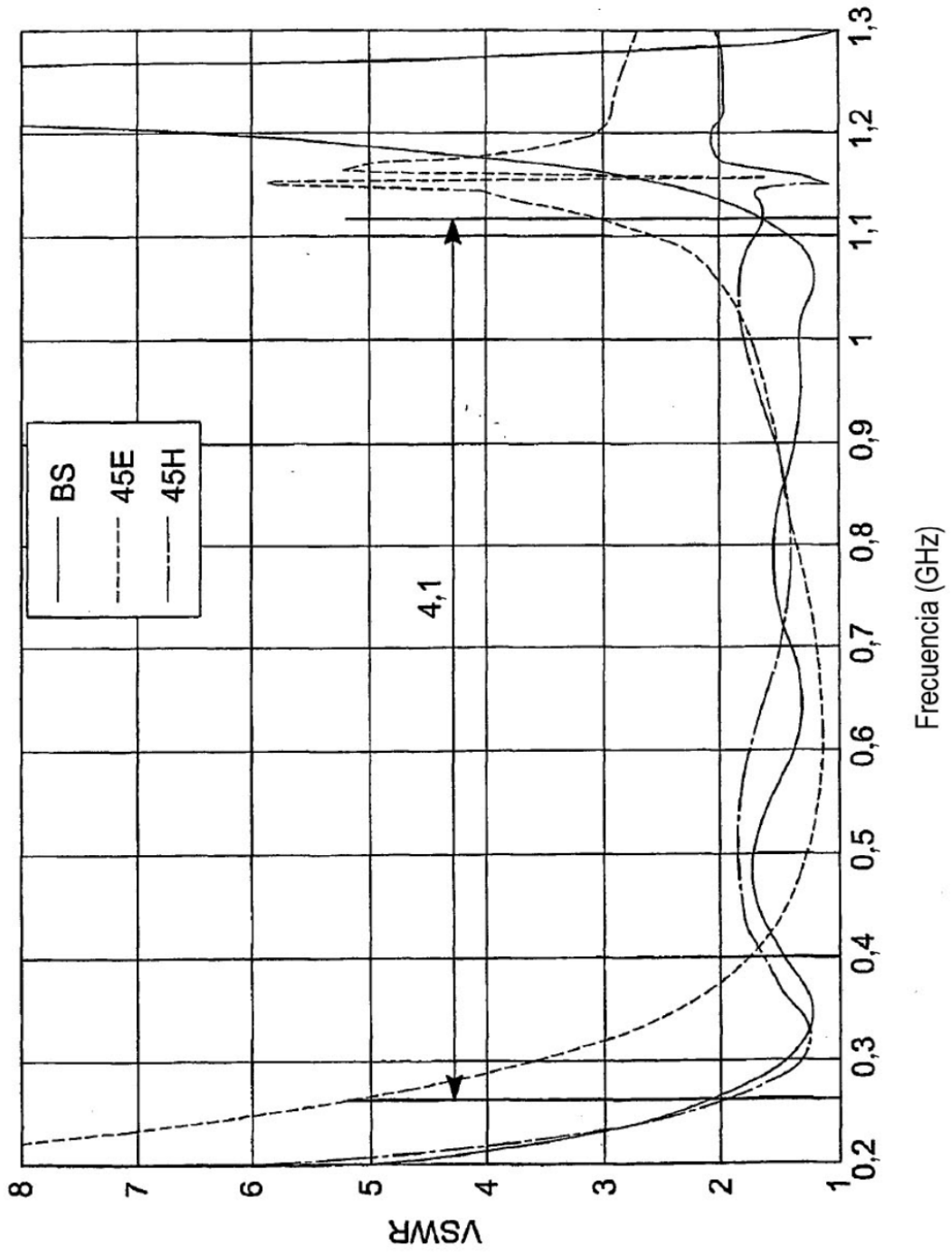


FIG 9

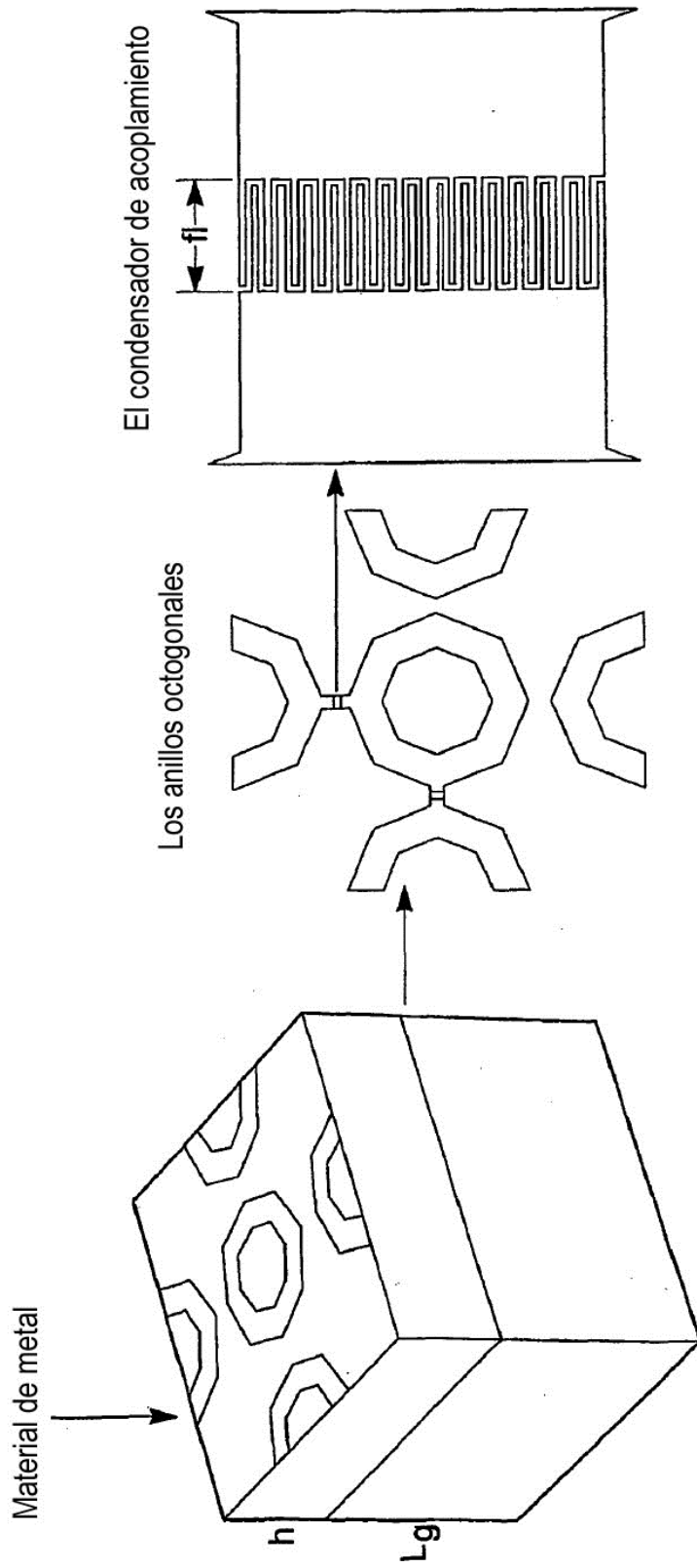


FIG. 10

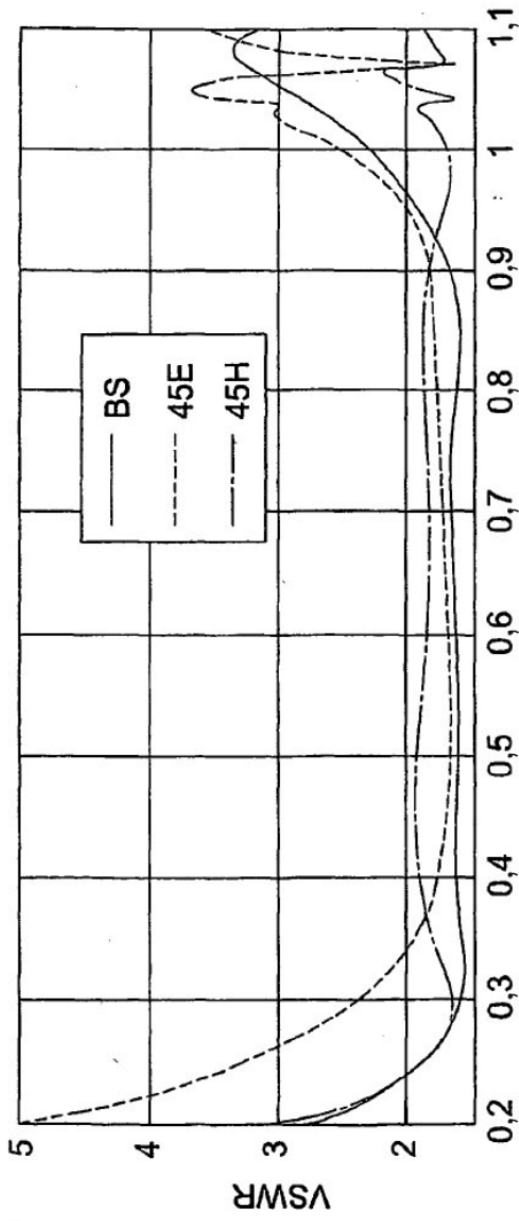


FIG 11a

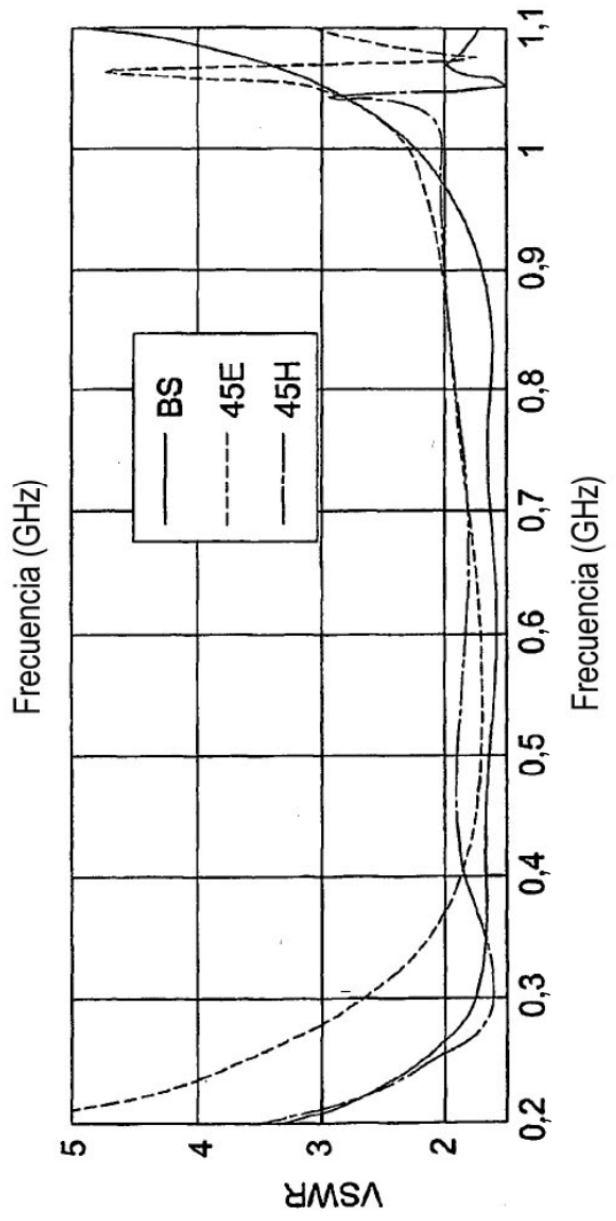


FIG 11b

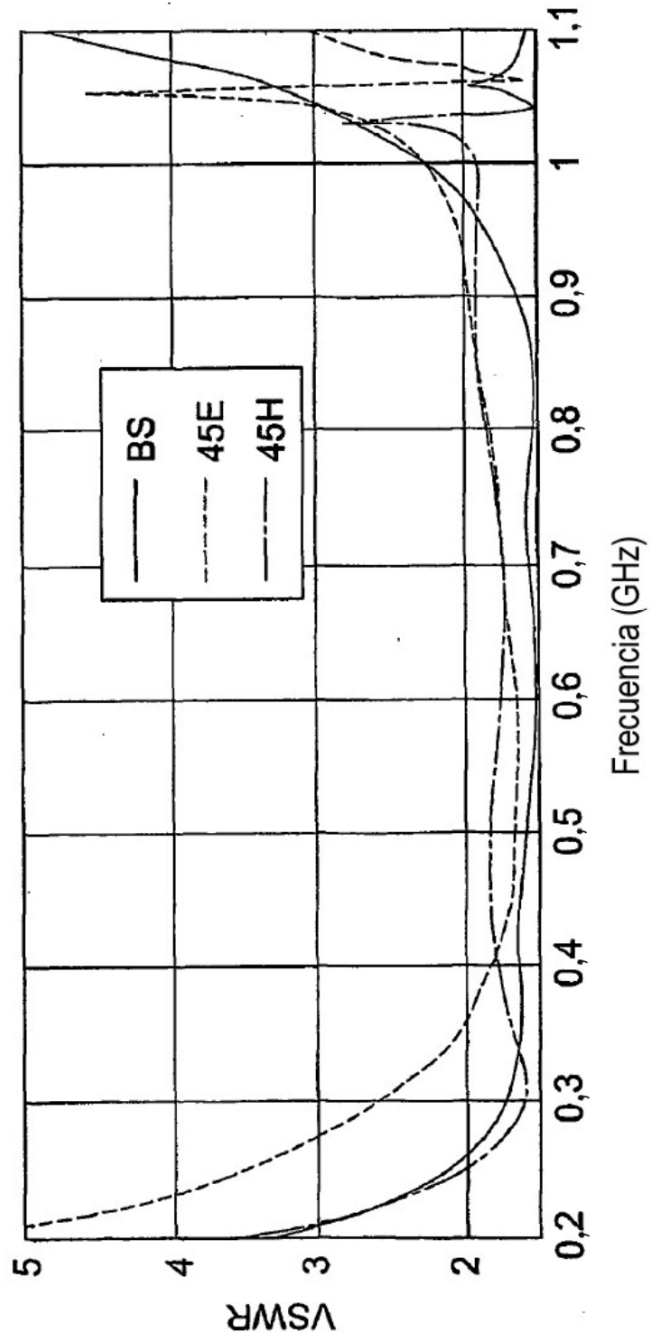


FIG 12

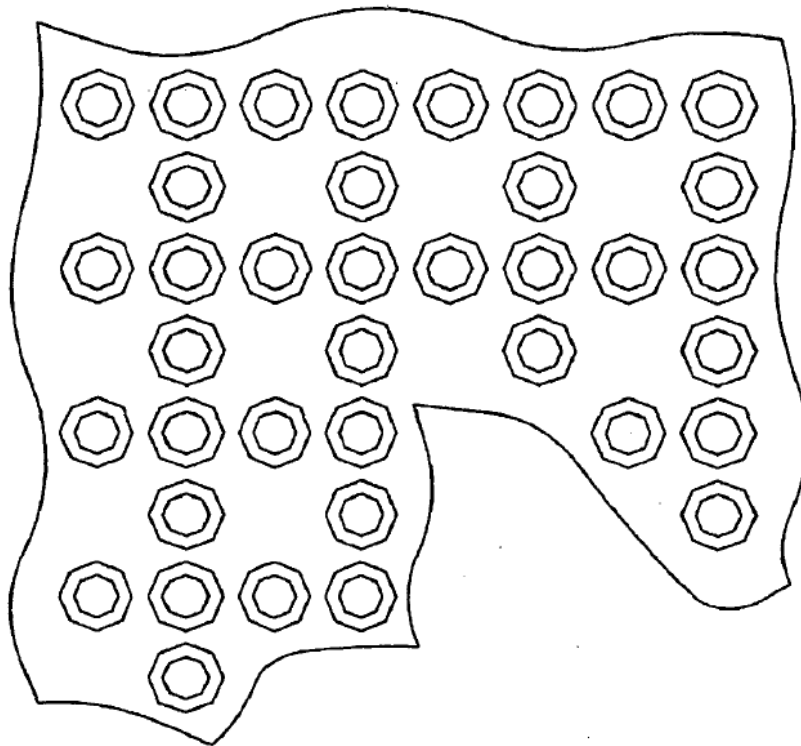


FIG 13

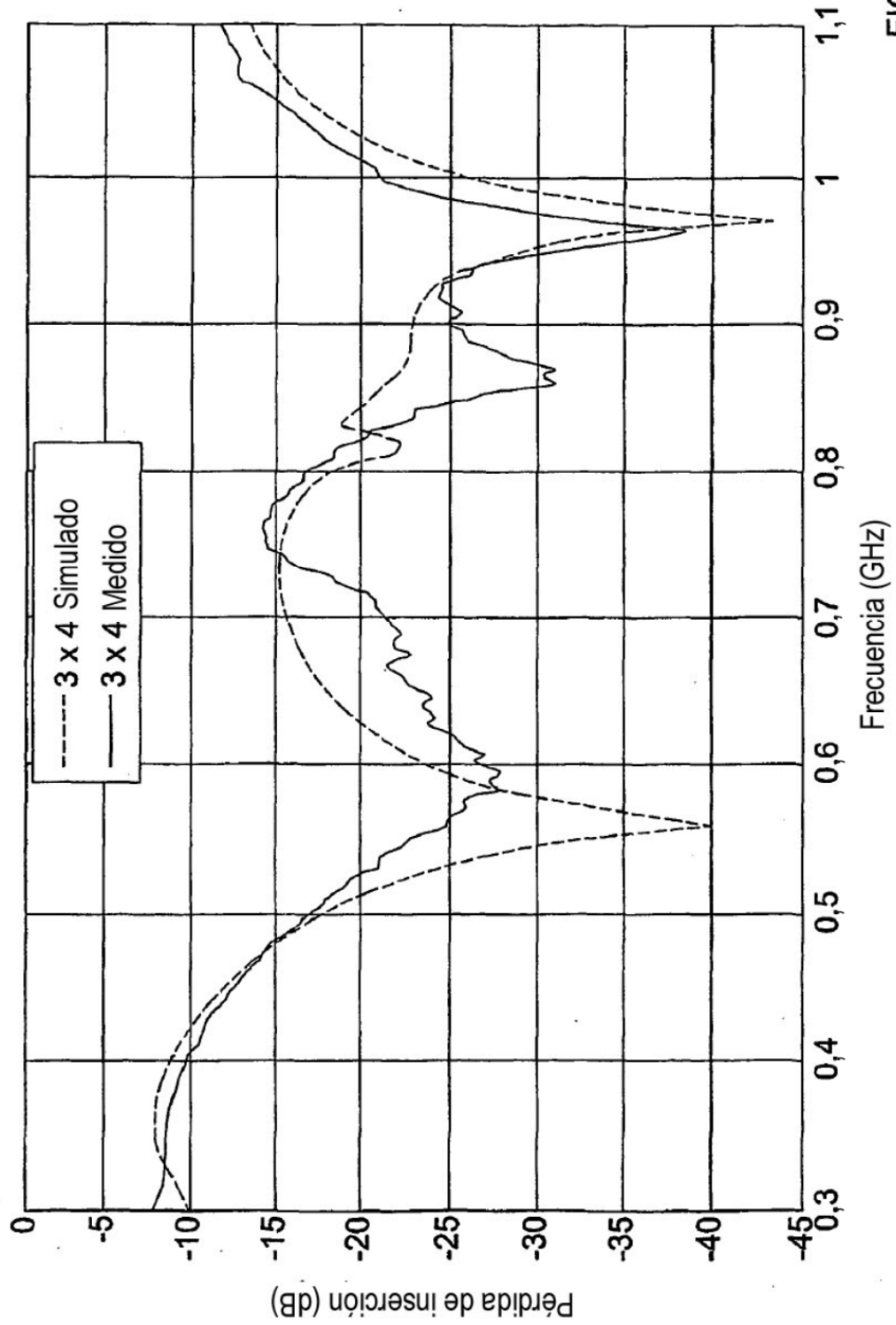


FIG 14

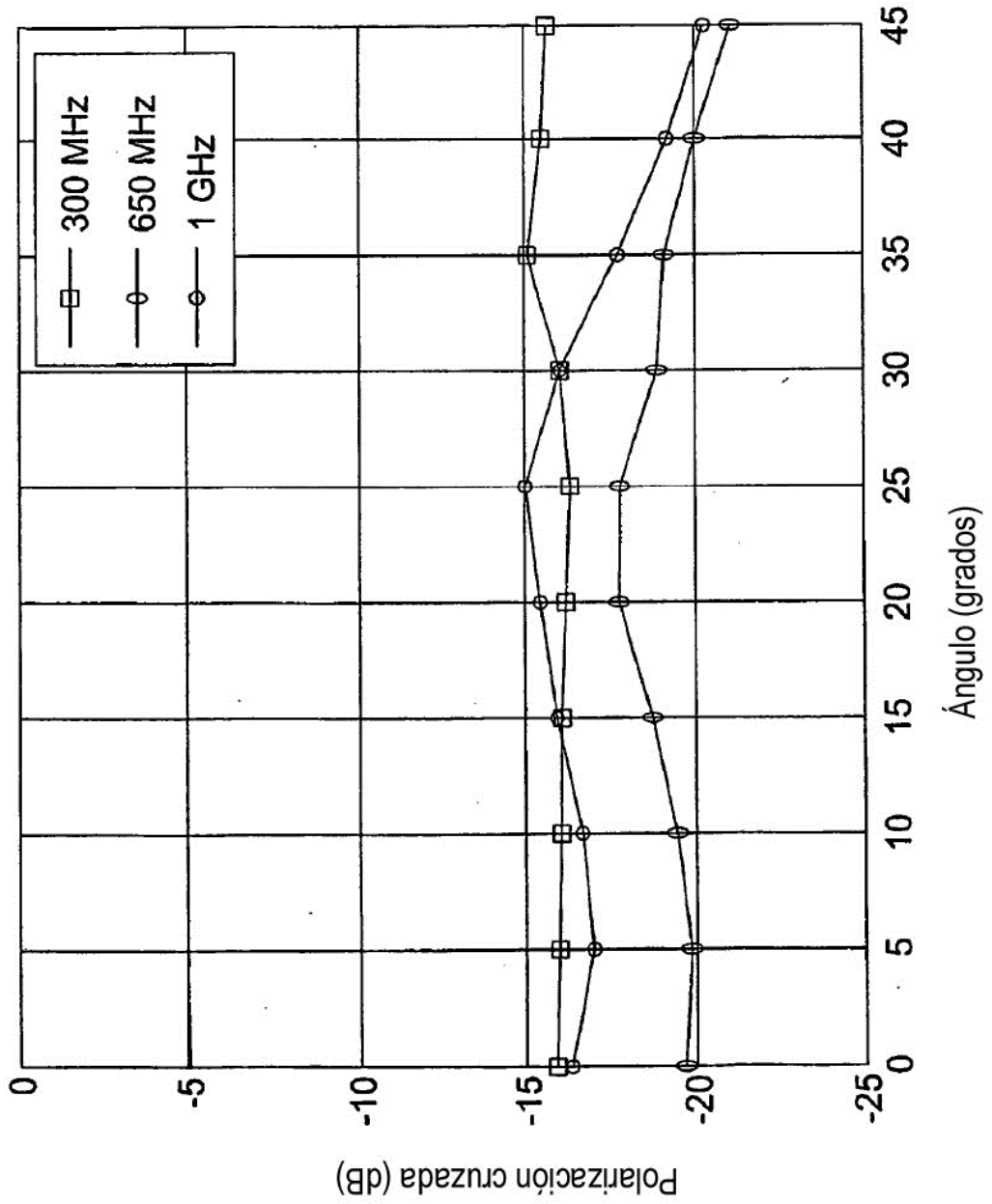


FIG 15

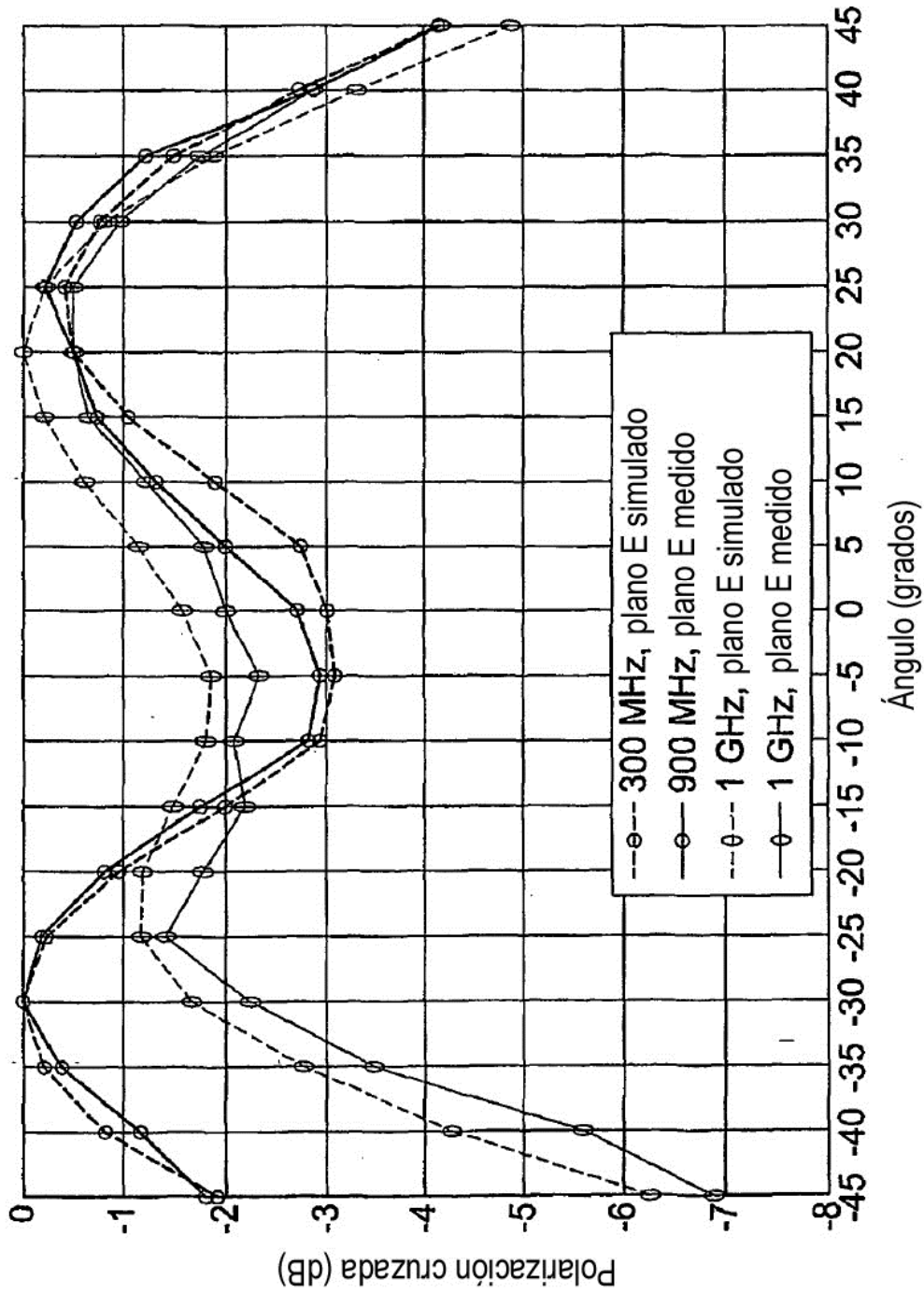


FIG 16a

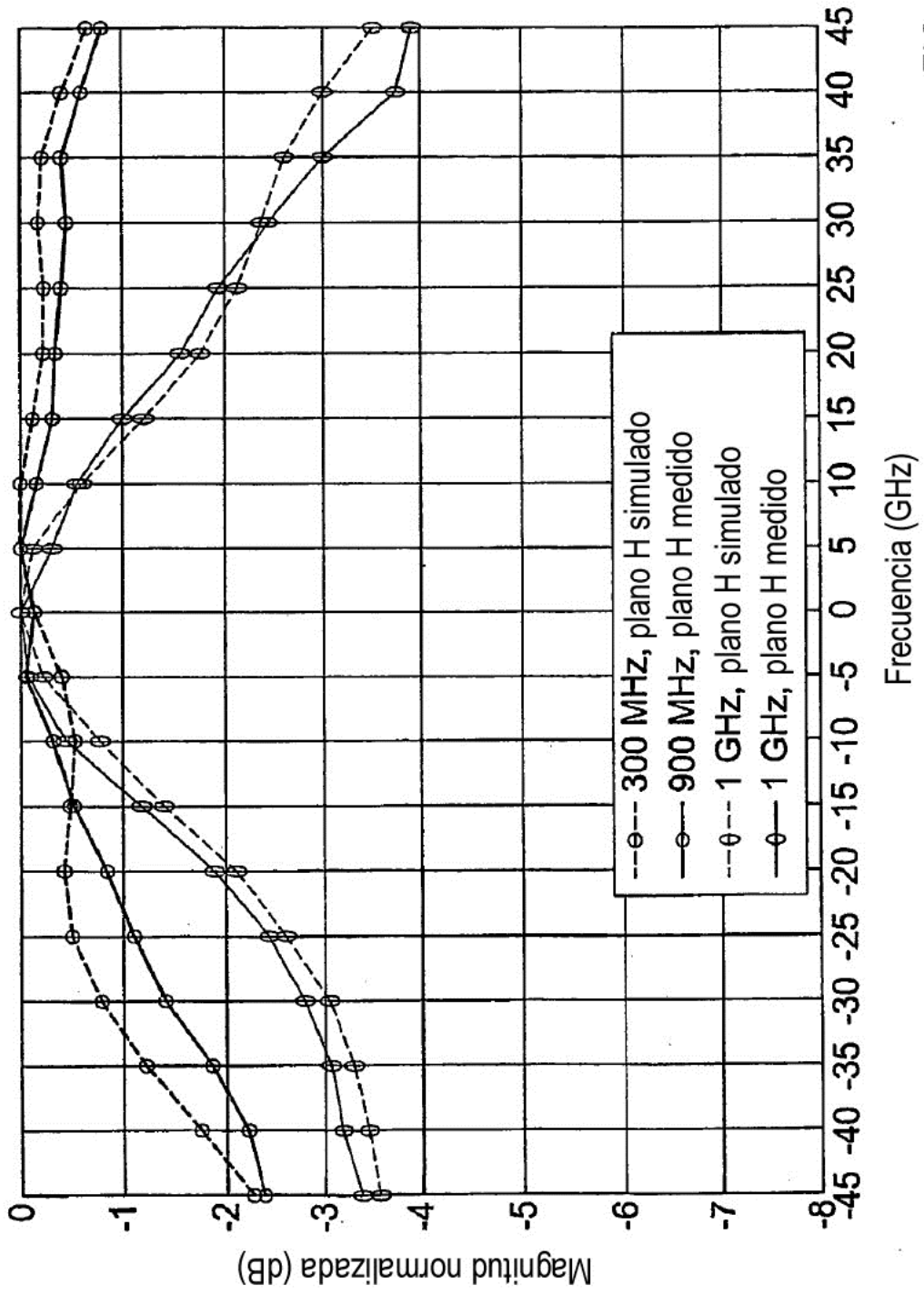


FIG 16b

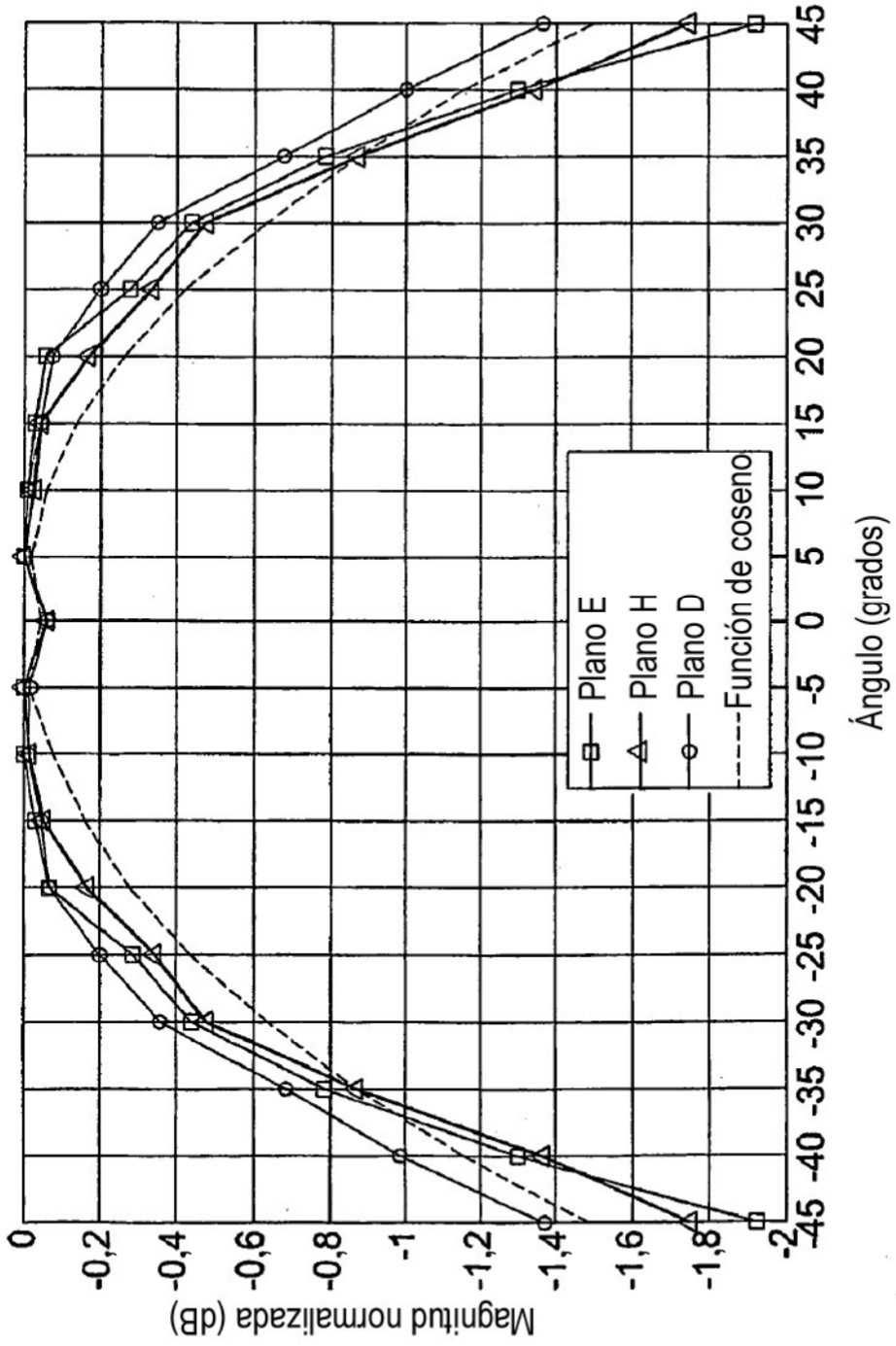


FIG 16C

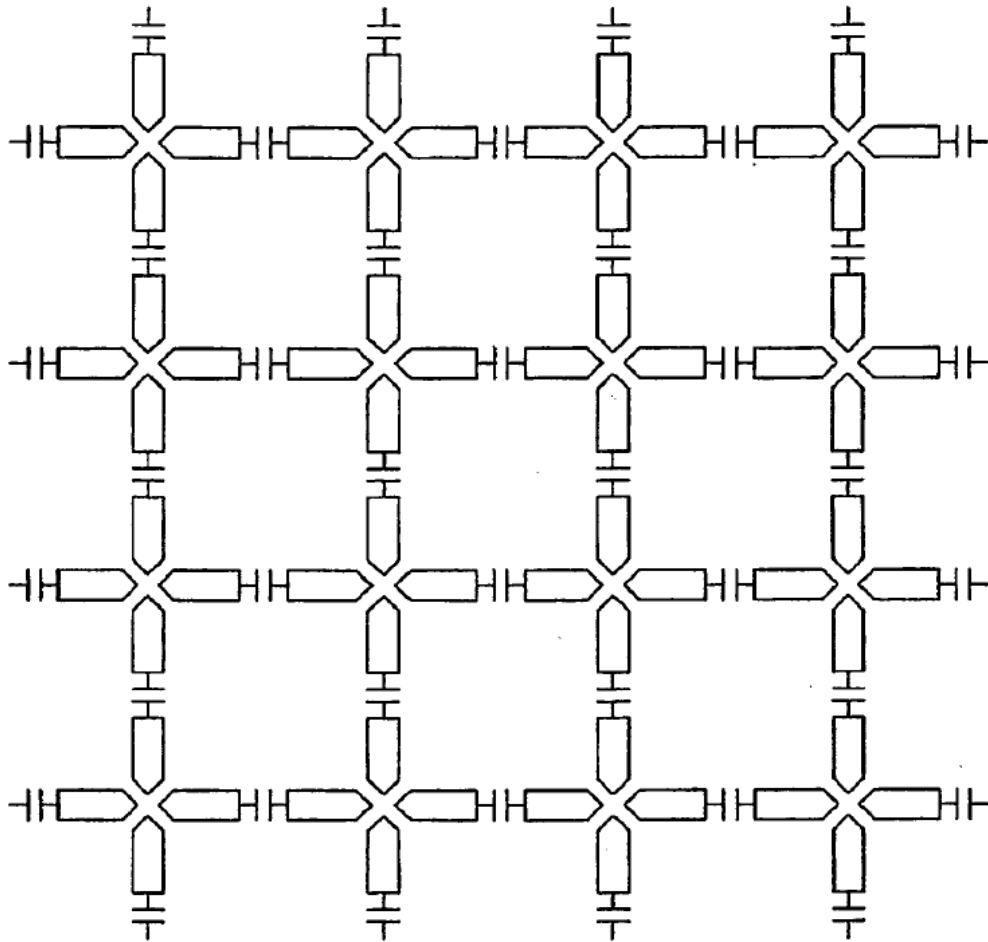


FIG 17

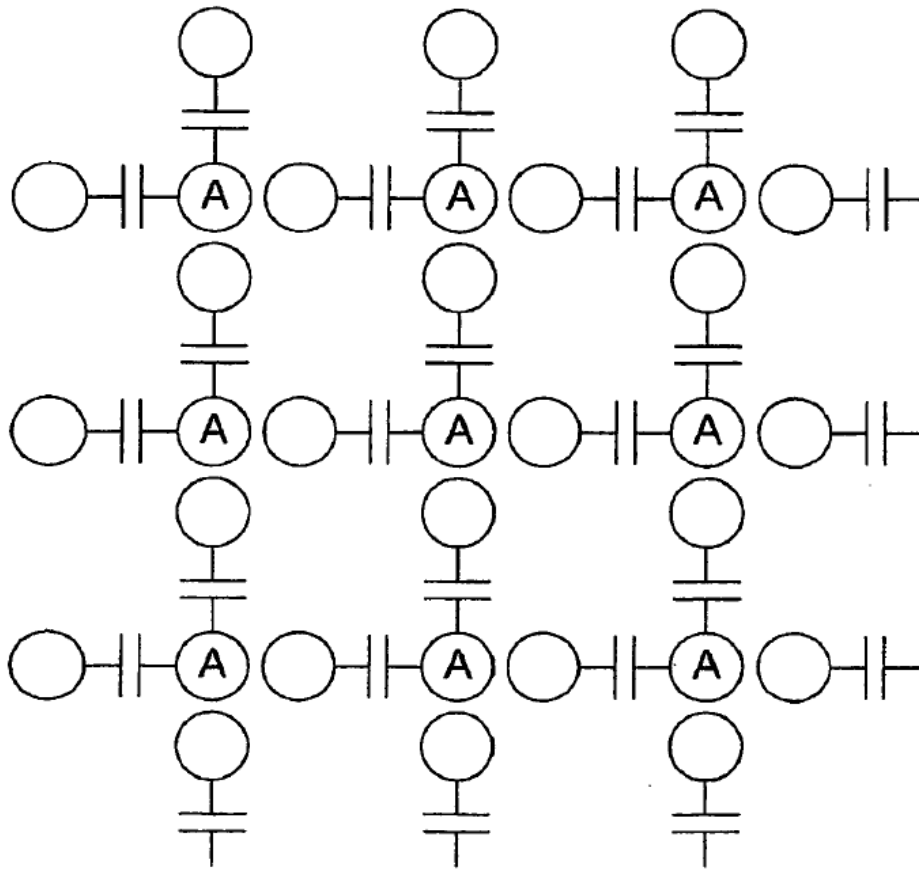


FIG 18

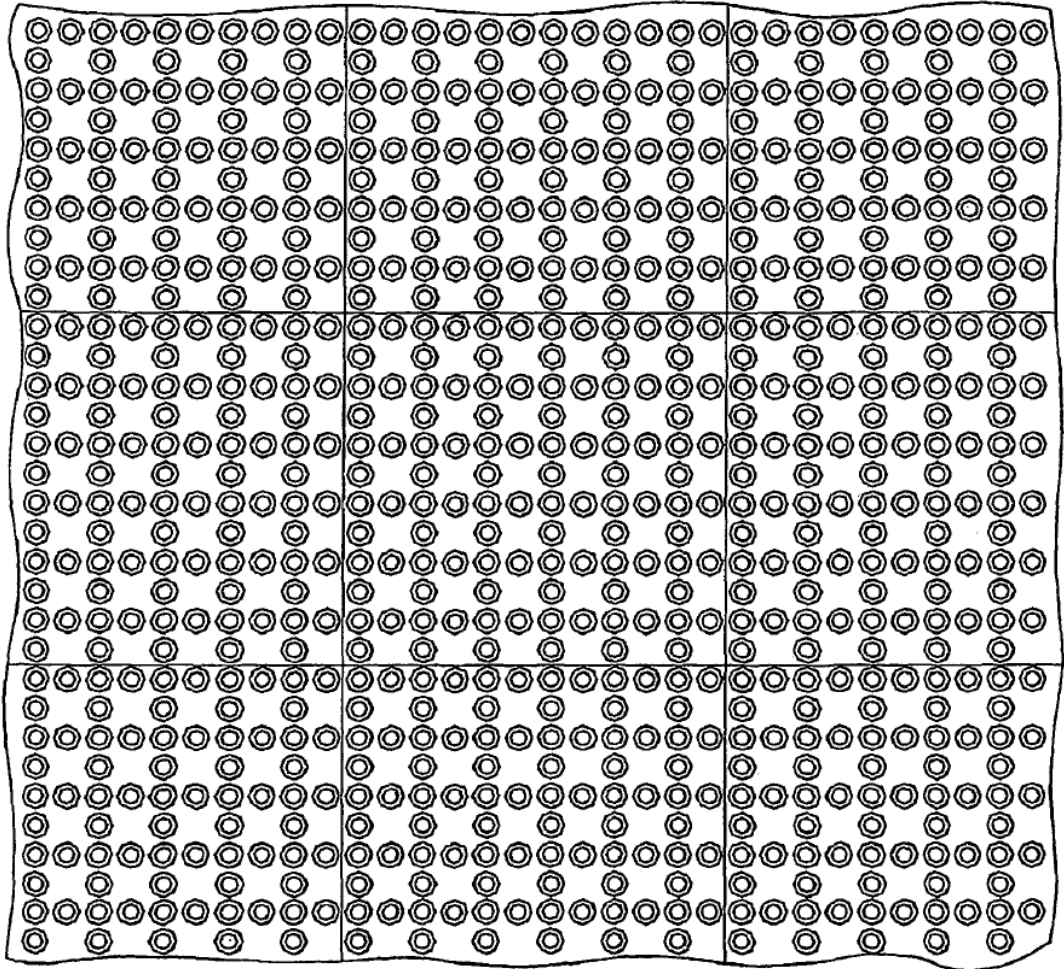


FIG 19