

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 580**

51 Int. Cl.:  
**H01Q 1/24** (2006.01)  
**H01Q 9/04** (2006.01)  
**H01Q 21/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06809112 .3**  
96 Fecha de presentación: **12.10.2006**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1935057**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.06.2008**

54 Título: **Formación menuda de antenas de triple banda para estaciones base celulares**

30 Prioridad:  
**14.10.2005 EP 05109585**  
**18.10.2005 US 727981 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.05.2012**

73 Titular/es:  
**FRACTUS S.A.**  
**AVDA. ALCALDE BARNILS, 64-68 MODUL C, 3A**  
**PLANTA - PQUE EMP. SANT JOAN**  
**08174 SANT CUGAT DEL VALLES, ES**

72 Inventor/es:  
**PUENTE, Carles;**  
**BORJA, Carmen;**  
**TEILLET, Anthony;**  
**KIRCHHOFFER, Dillon y**  
**ANGUERA, Jaume**

74 Agente/Representante:  
**Carpintero López, Mario**

ES 2 380 580 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

Formación menuda de antenas de triple banda para estaciones base celulares

5 La presente solicitud se refiere a la solicitud de patente europea EP 05109585 registrada el 14 de octubre de 2005 y a la solicitud de patente estadounidense US60 / 727.981 registrada el 18 de octubre de 2005. Se reivindica la prioridad de esas dos solicitudes.

La presente invención se refiere a una formación de antenas para estaciones base celulares, en particular, a una formación menuda de antenas de triple banda.

**Objeto de la invención**

10 La presente invención se refiere a una formación menuda de antenas de triple banda para estaciones base celulares, que proporciona un ancho reducido de la antena de la estación base y minimiza el impacto ambiental y visual de una red de antenas de estación base celular, en particular, en redes de telefonía móvil y de servicios inalámbricos. La invención se refiere a una familia novedosa de sedes menudas de estación base que son capaces de integrar múltiples servicios móviles / celulares en un sistema irradiador compacto.

15 Una formación de antenas de triple banda según la presente invención comprende una disposición entrelazada de pequeños elementos irradiadores para reducir significativamente el tamaño de dicha formación de antenas. Más específicamente, en una realización la formación menuda de antenas de triple banda funciona en una primera banda de frecuencia, una segunda banda de frecuencia y una tercera banda de frecuencia, en donde la razón entre dichas bandas de frecuencia primera y segunda es menos que 1,58, o 1,48, o 1,38, o 1,28 o incluso 1,18, y en donde la razón entre dicha primera banda (o dicha segunda banda) y dicha tercera banda es más de 1,3, o 1,4, o 1,5, o 1,6 o incluso 1,7.

20 Otro aspecto de la invención se refiere a un procedimiento para reducir el impacto ambiental y visual de una estación base capaz de integrar servicios de comunicación de 1ª, 2ª y 3ª generación, que comprenden las etapas de integrar tres formaciones de antenas de triple banda en un cilindro delgado de una estación base de triple banda y de tres sectores. La invención también proporciona medios para aumentar el número y densidad de los abonados de servicios inalámbricos móviles y celulares sin aumentar el número de sedes de estación base, para aumentar la velocidad del despliegue de servicios 3G sobre los existentes y para reducir el coste y las inversiones de la red resultante de servicios móviles.

**Antecedentes de la invención**

30 El Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS), también conocido como la tercera generación de sistemas de comunicaciones inalámbricos, está añadiéndose a la 1ª y 2ª generación de sistemas de comunicaciones inalámbricas (tales como, por ejemplo, GSM850, GSM900, DCS, PCS1900, CDMA o TDMA) y ha estimulado la demanda de formaciones de antenas multibanda y, en particular, de formaciones de antenas de estación base de triple banda. Tales formaciones de antenas de triple banda integran la 1ª, 2ª y 3ª generación de sistemas de comunicaciones inalámbricas.

35 Un típico servicio celular requiere una red de estaciones base, comprendiendo cada una de ellas varias formaciones de antenas de estación base, para proporcionar cobertura a los usuarios de dicho servicio celular. Las formaciones de antenas son la parte irradiadora de la estación base. Usualmente, la parte irradiadora de la estación base está compuesta por nueve o tres formaciones de antenas independientes que dan servicio, por ejemplo, a una parte específica de una ciudad, un pueblo, una carretera o una autopista. Dado que la parte irradiadora de la estación base se compone de varias formaciones de antenas, las dimensiones de una estación base convencional son grandes y la estación base resultante tiene un impacto visual significativamente grande.

40 Una posibilidad para permitir que una estación base proporcione cobertura para tres sistemas distintos de comunicación móvil es usar, por ejemplo, tres formaciones de antenas de banda única (por ejemplo, una para GSM900, otra para DCS y una tercera para UMTS). Dado que las estaciones base habituales dividen su área de cobertura en tres sectores distintos, se requieren tres formaciones de antenas de banda única para cada uno de dichos sectores, lo que significa que la estación base de tres sectores y triple banda podría requerir hasta un total de nueve formaciones de antenas. Como alternativa, y a fin de reducir el número de formaciones de antenas para la estación base, podrían combinarse dos de las tres bandas de operación en una formación de antenas de banda dual (tal como, por ejemplo, DCS y UMTS). En este caso, solamente dos formaciones de antenas serían necesarias en cada sector, dando como resultado un total de seis formaciones de antenas para una estación base de tres sectores y triple banda. El uso de múltiples formaciones de antenas de banda única (o una combinación de formaciones de antenas de banda única y de banda dual) en una estación base de triple banda llevará habitualmente a estructuras abultadas y mecánicamente complejas, difícilmente confundibles con el entorno de alrededor. Además, un gran número de formaciones de antenas dará probablemente como resultado una solución costosa.

50 Como alternativa, algunas formaciones convencionales de antenas de triple banda que se usan hoy para estaciones base hacen uso de una configuración "lado a lado", en la cual tres formaciones de antenas de banda única se disponen una

junto a la otra a lo largo de la dirección definida por el ancho de las formaciones de antenas de banda única y se meten en un único recinto o cubierta dieléctrica para antena de radar.

5 Aunque este enfoque reduce el número de formaciones de antenas en la estación base a solamente tres (es decir, una por sector), todavía rinde malamente en términos de minimizar el impacto visual de la estación base, ya que las dimensiones de estas formaciones de antenas, especialmente su ancho, son significativamente mayores que las dimensiones de una formación de antenas de banda única.

El documento EP-A1-1 227 545 revela formaciones de antenas multibanda entrelazadas que pueden operar simultáneamente en diversas bandas de frecuencia, gracias a la disposición física de los elementos que las constituyen, así como al comportamiento multibanda de algunos elementos situados estratégicamente en la formación.

10 Hoy en día, los gobiernos locales, regionales y / o nacionales y las administraciones públicas se preocupan acerca del impacto visual de las estaciones base en sus ciudades, principalmente debido al gran tamaño de las formaciones de antenas. Según los gobiernos y las administraciones públicas se empeñan en minimizar el impacto visual de la estación base de las redes de comunicaciones celulares, está tomándose más y más difícil para los operadores de red y los proveedores de servicios móviles adquirir nuevas sedes y / u obtener la licencia para establecer nuevas estaciones base  
15 en ciudades y pueblos alrededor del mundo.

El impacto visual debido al tamaño y número de formaciones de antenas en una estación base ha sido un asunto en aumento para los operadores de red y los consumidores, creando la demanda de formaciones de antenas de tamaño más pequeño para estaciones base, con las cuales reducir significativamente el impacto visual de la estación base, pero sin comprometer el nivel de prestaciones y la funcionalidad de las soluciones actuales.

20 El documento US-A-5 969 689 revela una formación de antenas multihaz y, más específicamente, una formación de antenas que emplea una geometría compuesta de forma cónica para efectuar un patrón de radiación omnidireccional de tamaño ajustable cuando todos los haces se solapan.

Las técnicas de reducción ajustable de inclinación inferior eléctrica para los sistemas de formaciones de antenas son muy bien conocidas en la técnica de fondo referida.

## 25 **Sumario de la invención**

Los inconvenientes mencionados anteriormente se superan con una formación de antenas de triple banda, según la reivindicación 1, con una estación base menuda de triple banda, según la reivindicación 12, y con el procedimiento para reducir el impacto ambiental y visual de una red de estaciones base celulares o inalámbricas, según la reivindicación 15. Realizaciones adicionales se revelan en las reivindicaciones dependientes.

30 La invención proporciona dispositivos y medios para minimizar el impacto visual y el coste de las redes de telecomunicación móvil, simplificando a la vez la logística del despliegue, la instalación y el mantenimiento de tales redes. La invención proporciona una estación base menuda de triple banda, que integra múltiples servicios móviles / celulares en un sistema irradiador compacto (o parte irradiadora). Tal estación base podría integrar ventajosamente la 1ª, 2ª y 3ª generación de servicios de comunicaciones móviles e inalámbricos, aumentando el número de usuarios celulares que  
35 pueden comunicarse con una estación base dada, y aumentando por tanto la capacidad de la red para una red dada (es decir, fija) de estaciones base o, alternativamente, reduciendo el número de estaciones base requeridas en la red para una capacidad fijada. El sistema, según lo descrito por la presente invención, permite que torres más delgadas (es decir, de diámetro más pequeño) y de peso más ligero den soporte a tales sistemas irradiadores, que son fáciles de transportar, por ejemplo, al techo de un edificio (por ejemplo, a través de ascensores, a través de escaleras o con pequeños sistemas elevadores) donde podrían instalarse los sistemas irradiadores.  
40

La formación menuda de antenas de triple banda funciona en una primera banda de frecuencia, una segunda banda de frecuencia y una tercera banda de frecuencia, en donde dichas bandas de frecuencia primera y segunda están dentro de una primera gama de frecuencias; y en donde dicha tercera banda de frecuencia está dentro de una segunda banda de frecuencias. Dicha primera gama de frecuencias se refiere a la gama de frecuencias entre aproximadamente 1.700 MHz  
45 hasta aproximadamente 2.170 MHz, incluyendo cualquier subintervalo dentro de esa gama; y dicha segunda gama de frecuencias se refiere a la gama de frecuencias desde aproximadamente 700 MHz hasta aproximadamente 1.000 MHz, incluyendo cualquier subintervalo dentro de esa gama. En algunos ejemplos según la presente invención, la razón entre la primera o segunda banda de frecuencia y la tercera banda de frecuencias es mayor que 1,3, o 1,4, o 1,5, o 1,6 o incluso 1,7. Además, la razón entre las bandas de frecuencia primera y segunda es menor que 1,58, o 1,48, o 1,38, o 1,28 o  
50 incluso 1,18. En el contexto de este documento, la razón entre dos bandas de frecuencia se calcula a partir de la razón entre las frecuencias centrales de cada una de dichas dos bandas de frecuencia, dividiendo la mayor frecuencia central entre la menor frecuencia central. Por ejemplo, en el caso de una primera banda de frecuencia en el intervalo entre 1.920 MHz y 2.170 MHz (p. ej., para dar servicio a UMTS) y una segunda banda de frecuencia en el intervalo entre 1.710MHz y 1.880 MHz (p. ej., para dar servicio a GSM1800), la razón entre bandas se calcula como la frecuencia central de la

primera banda de frecuencia  $f_1 = 2,045$  MHz y la frecuencia central de la segunda banda de frecuencia  $f_2 = 1.795$  MHz. En este ejemplo,  $f_1/f_2 = 1,139$ , por lo tanto, la razón entre las dos bandas de frecuencia es 1,139, que es, por ejemplo, menor que 1,18.

5 Cada una de las bandas de frecuencia primera y segunda de la antena menuda de triple banda podrían, en ciertas realizaciones, incluir dos, tres o más servicios celulares o inalámbricos. En un ejemplo de la presente invención, y sin fines de limitación, la primera banda de frecuencia podría proporcionar los servicios de GSM1800, PCS y UMTS (es decir, tres servicios), la segunda banda de frecuencia podría operar los servicios GSM1800 y UMTS (es decir, dos servicios) y la tercera banda de frecuencia podría proporcionar el servicio GSM850 y / o GSM900. En otro ejemplo, cada una de las bandas de frecuencia primera y segunda podría operar los servicios GSM1800, PCS y UMTS.

10 Además, la presente invención posibilita integrar tres formaciones de antenas de triple banda en un cilindro delgado, debido al uso de elementos irradiadores compactos y un plano de base compacto. Una formación menuda de antenas de triple banda según la presente invención comprende un primer conjunto de elementos irradiadores, capaz de funcionar en una primera banda de frecuencia con una primera gama de frecuencias; un segundo conjunto de elementos irradiadores capaces de funcionar en una segunda banda de frecuencia dentro de dicha misma primera gama de frecuencias; y un grupo de elementos irradiadores capaces de funcionar en dicha primera banda de frecuencia y / o dicha segunda banda de frecuencia, y también en una tercera banda de frecuencia dentro de una segunda gama de frecuencias; comprendiendo dicho grupo de elementos irradiadores un primer subconjunto de elementos irradiadores (mencionados en adelante en el presente documento como el tercer conjunto) y un segundo subconjunto de elementos irradiadores (mencionados en adelante en el presente documento como el cuarto conjunto). En algunos ejemplos, los elementos irradiadores de dicho primer conjunto y dicho segundo conjunto son preferiblemente más pequeños que 0,5, 0,45, 0,4, 0,35 o incluso 0,3 veces la longitud de onda a la mayor frecuencia de operación de dichos elementos irradiadores dentro de dicha primera gama de frecuencias. De manera similar, en ciertos casos, los elementos irradiadores de dicho tercer conjunto y dicho cuarto conjunto son preferiblemente más pequeños que 0,5, 0,45, 0,4, 0,35 o incluso 0,3 veces la longitud de onda a la mayor frecuencia de operación de dichos elementos irradiadores dentro de dicha segunda gama de frecuencias. Son posibles varias técnicas para reducir el tamaño de los elementos irradiadores dentro de la presente invención, tales como, por ejemplo, usar estructuras rellenas de espacio, estructuras de múltiples niveles, enumeración de casillas y / o curvas de dimensiones de rejilla, y / o técnicas de carga dieléctrica.

Los elementos irradiadores se disponen formando una topología entrelazada. La topología entrelazada se refiere preferiblemente a una disposición de elementos irradiadores en la cual al menos un elemento irradiador de un conjunto dado de elementos irradiadores no es adyacente a otro elemento irradiador del mismo conjunto de elementos irradiadores.

En ciertos casos, los elementos irradiadores de dicho tercer conjunto (103) y dicho cuarto conjunto (104) son preferiblemente más pequeños que 0,5, 0,45, 0,4, 0,35 o incluso 0,3 veces la longitud de onda a la mayor frecuencia de operación de dichos elementos irradiadores dentro de dicha segunda gama de frecuencias.

35 En algunos ejemplos, los elementos irradiadores de la formación (100) de antenas están dispuestos de tal manera que estén esencialmente alineados con respecto a un eje vertical. La separación vertical entre dos elementos irradiadores adyacentes es preferiblemente más pequeña que una longitud de onda a la mayor frecuencia de operación de la formación de antenas. En algunos casos, una tal separación vertical puede ser incluso más pequeña que 0,9 o 0,8 veces la longitud de onda a la mayor frecuencia de operación de la formación de antenas. La separación vertical entre elementos puede seleccionarse ventajosamente para controlar la ganancia de la formación de antenas en una banda específica. En algunas realizaciones, la separación vertical entre elementos irradiadores adyacentes es constante en toda la extensión de la formación de antenas, mientras que en otras realizaciones tal separación puede ser distinta para distintos pares de elementos irradiadores.

45 En ciertos ejemplos de una formación (100) de antenas de triple banda, al menos algunos de sus elementos irradiadores están desplazados con respecto al eje vertical central de la formación (100) de antenas, por lo que hay elementos irradiadores situados a uno o dos lados de la formación (100) de antenas.

En algunos otros ejemplos, los elementos irradiadores de la formación (100) están dispuestos de tal forma que hay al menos un elemento del primer conjunto (101) y / o del segundo conjunto (102) desplazado hacia el lado izquierdo de la formación (100), y al menos otro elemento de dicho primer conjunto (101) y / o de dicho segundo conjunto (102) desplazado hacia el lado derecho de la formación (100).

50 Además, algunos elementos irradiadores pueden disponerse lado a lado en la misma ubicación vertical, pero con una separación horizontal. En algunos casos (véase, por ejemplo, la Figura 1c) los elementos irradiadores dispuestos lado a lado pertenecerán al mismo conjunto de elementos irradiadores, mientras que en otros casos (véanse ejemplos en las Figuras 1d a 1j) los elementos irradiadores dispuestos lado a lado pertenecerán a distintos conjuntos de elementos irradiadores de la formación (100). En algunos ejemplos de la presente invención, los elementos irradiadores del tercer conjunto (103) y los del cuarto conjunto (104) permanecerán preferiblemente sobre el eje vertical central de la formación (100) de antenas, y no se desplazarán en dirección contraria a dicho eje.

El desplazar al menos algunos elementos irradiadores con respecto al eje vertical central de la formación de antenas puede ser ventajoso para:

- 5 - Modelar el ancho del haz horizontal de la formación de antenas en alguna banda de frecuencia específica, para aumentar la orientabilidad de la formación de antenas o para corregir las asimetrías en el patrón de irradiación de la formación de antenas.
- Reducir la altura de la formación de antenas a fin de facilitar la integración de la formación de antenas en la estructura de una estación base.

10 En algunas realizaciones, la separación horizontal entre elementos irradiadores lado a lado es preferiblemente menor que una longitud de onda a la mayor frecuencia de funcionamiento de la formación de antenas, y puede ser incluso menor que 0,9 o 0,8 veces la longitud de onda a la mayor frecuencia de funcionamiento de la formación de antenas.

En algunas realizaciones (tales como, por ejemplo, en las Figuras 1e, 1g, 1h y 1j) hay al menos un par de elementos irradiadores adyacentes separados verticalmente que pertenecen al mismo conjunto de elementos irradiadores. Tal disposición puede ser ventajosa para aumentar la ganancia, o para modelar el patrón de irradiación vertical de la formación de antenas en al menos una de sus bandas de frecuencia.

15 El número de elementos irradiadores en cada uno de dichos conjuntos (101, 102, 103, 104) primero, segundo, tercero y cuarto no debe necesariamente ser el mismo, y será distinto para al menos dos de dichos conjuntos de elementos irradiadores en algunos ejemplos de la presente invención (véanse, por ejemplo, las Figuras 1c a 1j). Se usará preferiblemente un número distinto de elementos en aquellos casos donde se desee un patrón distinto de irradiación para cada banda operativa.

20 Los elementos irradiadores del primer conjunto (101) y / o los del segundo conjunto (102) funcionan en una banda de frecuencia que está dentro de la gama de frecuencias desde aproximadamente 1.700 MHz hasta aproximadamente 2.170 MHz, y pueden funcionar para dos polarizaciones ortogonales. En algunas realizaciones preferentes, dichos elementos irradiadores son antenas de parche (como en la Figura 2), aunque también podrían usarse otros tipos de topologías de antena para implementar el elemento irradiador. El tamaño de elemento irradiador (200, 230, 260) es menor que 0,5 veces  
25 la longitud de onda a la mayor frecuencia de funcionamiento de dichos elementos irradiadores.

La altura de los elementos irradiadores (200, 230, 260) con respecto al plano de base de la formación (201, 231, 261) de antenas también es pequeña, lo que ayuda a la integración de las formaciones de antenas de triple banda en un cilindro delgado. La altura es habitualmente menor que 0,15 veces la longitud de onda ( $0,15\lambda$ ), pero también menor que 0,08 veces la longitud de onda ( $0,08\lambda$ ) en algunas realizaciones. Tal altura reducida de los elementos irradiadores (200, 230, 260) es posible debido a la técnica de alimentación usada para excitar los elementos irradiadores.  
30

En ciertas realizaciones, los elementos irradiadores se alimentan en cuatro puntos (203, 233) de alimentación. Dos de los cuatro puntos (203, 233) de alimentación son para una polarización dada, y los otros dos puntos de alimentación son para otra polarización, esencialmente ortogonal a la anterior. Los dos puntos de alimentación correspondientes a una misma polarización se combinan por medio de un divisor, de modo tal que el elemento irradiador resultante presente dos puertos  
35 de alimentación.

Los cuatro puntos (203, 233) de alimentación pueden excitar el elemento irradiador (200, 230), por ejemplo, por contacto directo, o a través del acoplamiento capacitivo. El acoplamiento capacitivo puede ser ventajoso en algunas realizaciones, porque no se requiere ningún contacto eléctrico para gobernar el elemento irradiador, evitando la necesidad de juntas de soldadura o sujetadores metálicos. Este aspecto puede ser interesante para reducir la intermodulación pasiva, y es una de  
40 las realizaciones preferentes de la invención.

El acoplamiento capacitivo puede obtenerse por medio de una región de proximidad entre el elemento irradiador y una línea de transmisión o una parte conductiva que lleva una señal eléctrica. En algunos casos, tal región de proximidad está más cerca del elemento irradiador que del plano de base, mientras que en otros casos tal región de proximidad estará más cerca del plano de base que del elemento irradiador. En un ejemplo mostrado en la Figura 20, un elemento elongado conductor (2002), tal como, por ejemplo, un cilindro o prisma, se coloca verticalmente entre el elemento irradiador (2000) y el plano (2001) de base, en donde la superficie superior de dicho elemento (2002) está conectado con el elemento irradiador (2000) y la superficie inferior de dicho cilindro o prisma (2002) no está en contacto con una línea (2003) de transmisión de alimentación dispuesta esencialmente cerca de, y paralela a, el plano (2001) de base. El elemento irradiador (2000) se suspende sobre el plano (2001) de base por medio de un separador dieléctrico (2005), que podría ser  
45 un sostén plástico en algunos ejemplos. Dicha línea (2003) de transmisión termina en un panel poligonal (2004) (tal como, por ejemplo, pero sin limitarse a, un cuadrado o un círculo). La línea (2003) de transmisión de alimentación y el panel poligonal (2004) podrían estar hechos de una capa conductora impresa sobre un sustrato o respaldo dieléctrico. Se crea una región de acoplamiento entre la superficie inferior de dicho cilindro o prisma (2002) y el panel poligonal (2004). En algunas realizaciones, dicho panel poligonal (2004) se sitúa sobre la proyección de dicho elemento elongado conductor  
50

(2002), de modo tal que la proyección de dicho elemento elongado conductor (2002) esté completamente dentro de la extensión de dicho panel poligonal (2004). En algunas realizaciones, al menos un 60%, un 70%, un 80% o incluso un 90% de la proyección de dicho elemento elongado conductor (2002) está dentro de la extensión de dicho panel poligonal (2004). El diámetro (D) de dicho cilindro o prisma (2002) es preferiblemente menor que 2mm, 3mm, 4mm, 5mm, 6mm, 8mm o incluso 10mm en algunos ejemplos. Además, en algunas realizaciones la altura (g) de dicha región de acoplamiento es ventajosamente menor que 1.000 micrones, pero también puede ser menor que 500 micrones, 400 micrones, 300 micrones, 200 micrones o incluso 100 micrones. En algunos casos, el diámetro del panel poligonal (2004) es aproximadamente igual a, o mayor que, el diámetro (D) del cilindro o prisma (2002).

En algunas realizaciones, dicha región de acoplamiento se rellenará con un material dieléctrico de RF (radio frecuencia) de baja pérdida (tal como, por ejemplo, Teflón o polipropileno) para minimizar las pérdidas de RF y maximizar las capacidades de gestión de energía del elemento irradiador (2000). El acoplamiento de una señal de alimentación entre el panel poligonal (2004) y la superficie inferior de dicho cilindro o prisma (2002) puede hacerse ventajosamente a través de un material dieléctrico, para optimizar el rendimiento de intermodulación pasiva. Sin embargo, en otras realizaciones, el material dieléctrico en dicha región de acoplamiento será el aire.

En algunas realizaciones, dicha primera parte (301, 401, 441, 461) comprende preferiblemente un elemento parasitario.

En algunos ejemplos, la primera parte del elemento irradiador (301, 401, 441, 461) se monta ventajosamente encima de, o se apila sobre, la segunda parte del elemento irradiador (302, 402, 442, 462).

En algunos ejemplos, los elementos irradiadores del tercer conjunto (103) y los del cuarto conjunto (104) tienen dimensiones reducidas. El tamaño de la primera parte (301) es menor que la mitad de la longitud de onda a la mayor frecuencia de la primera banda de frecuencia. De manera similar, el tamaño de la segunda parte (302) es menor que la mitad de la longitud de onda a la mayor frecuencia de la segunda banda de frecuencia. La altura del elemento irradiador (300) con respecto al plano de base de la antena (303) también es pequeña, habitualmente menor que 0,2 veces la longitud de onda a la mayor frecuencia de la segunda banda de frecuencia, lo que facilita la integración de las formaciones de antenas de triple banda en un cilindro delgado. En algunos ejemplos, la altura de la segunda parte (302) con respecto al plano (303) de base es habitualmente más pequeña que 0,15 veces, o incluso 0,08 veces, la longitud de onda a la mayor frecuencia de la segunda banda de frecuencia. Además, la altura de la primera parte (301) con respecto a la segunda parte (302) es habitualmente menor que 0,15 veces la longitud de onda ( $0,15\lambda$ ), pero también menor que 0,08 veces la longitud de onda ( $0,08\lambda$ ) a la mayor frecuencia de la primera banda de frecuencia en varias realizaciones.

En otras realizaciones, la primera parte del elemento irradiador (421) está ventajosamente empotrado dentro de la segunda parte del elemento irradiador (422).

Dicha segunda parte (422) presenta una abertura (424) dentro de su extensión para permitir empotrar dicha primera parte (421). Las dimensiones de dicha abertura (424) serán preferiblemente mayores que la mitad de la longitud de onda a la mayor frecuencia de la primera banda de frecuencia (y, en algunos ejemplos, incluso mayor que 0,7 veces, 0,65 veces, 0,6 veces o 0,55 veces dicha longitud de onda).

Al empotrar la primera parte del elemento irradiador (421) dentro de la segunda parte de dicho elemento irradiador (422), la altura del elemento irradiador (420) puede ser mucho menor que 0,2 veces la longitud de onda (tal como 0,15 veces o incluso 0,08 veces) a la mayor frecuencia de la segunda banda de frecuencia. Además, la primera parte del elemento irradiador (421) no necesita estar a la misma altura con respecto al plano (423) de base que la segunda parte (422).

En algunos casos, para una capacidad de fabricación de bajo coste, y para una repetibilidad coherente de las prestaciones, los elementos irradiadores (200, 230, 260, 300, 400, 420, 440, 460) pueden producirse por medio de un proceso que implica las etapas de fundición. Además, el soporte o separador de elementos que sostiene los elementos irradiadores a cierta distancia del plano de base, por ejemplo (2005) en la Figura 20, puede producirse por medio de un proceso que comprende las etapas de moldeado por inyección, nuevamente, por razones de capacidad de fabricación de bajo coste y repetibilidad coherente de las prestaciones. Para una mayor flexibilidad durante el diseño del producto y las fases de desarrollo, dichos elementos irradiadores (200, 230, 260, 300, 400, 420, 440, 460) pueden hacerse fácilmente, en algunos casos, a partir de sencillas piezas torneadas. Esto es especialmente interesante para los prototipos y / o la producción de series limitadas. En algunos otros casos puede ser ventajoso usar elementos irradiadores modulares para acelerar el diseño de productos y las fases de desarrollo (por ejemplo, para optimizar la geometría del elemento irradiador), en donde puede obtenerse una nueva iteración de elementos irradiadores, simplemente reemplazando y / o modificando un número reducido de módulos en dichos elementos irradiadores.

La segunda parte de los elementos irradiadores del tercer conjunto (103) y los del cuarto conjunto (104) pueden comprender ventajosamente muescas o brechas para adaptar las propiedades de irradiación de dichos elementos irradiadores.

Un elemento irradiador del tercer conjunto (103) o del cuarto conjunto (104) puede comprender una, dos, tres, cuatro o

más muescas (444) en su segunda parte (442). En algunos ejemplos, dichas muescas (444) son iguales, mientras que en otros dichas muescas (444) tienen distintas formas y / o dimensiones. En algunos casos, las muescas (444) son preferiblemente triangulares.

5 El ancho (W) de las muescas (444) en el perímetro de la segunda parte del elemento irradiador (442) es preferiblemente mayor que 0,15 veces la longitud de onda a la mayor frecuencia de la segunda banda de frecuencia del elemento irradiador (440). La profundidad (d) de las muescas (444) es mayor que 0,03 veces dicha longitud de onda en algunas realizaciones preferentes.

10 Un elemento irradiador del tercer conjunto (103) o del cuarto conjunto (104) puede comprender una, dos, tres, cuatro o más brechas (464) en su segunda parte (462). En algunos ejemplos, todas las brechas (464) son iguales, mientras que en otros dichas brechas (464) tienen distintas formas y / o dimensiones.

15 En algunos ejemplos, las brechas (464) abarcan un sector anular desde aproximadamente 40 grados hasta aproximadamente 90 grados (incluyendo cualquier subintervalo dentro de esa gama). Dichas brechas (464) están preferiblemente situadas esencialmente cerca del perímetro de la segunda parte del elemento irradiador (462). Algunas distancias máximas preferentes hasta el perímetro de dicha segunda parte (462) incluyen los 3mm, 5mm, 7mm y 10mm. El ancho de las brechas (464) se selecciona ventajosamente para que no sea mayor de 3mm, 5mm, 7mm o 10mm en algunas realizaciones. Sin embargo, dicho ancho no debe necesariamente ser constante en toda la extensión de las brechas (464), ni necesita ser constante la distancia de las brechas (464) al perímetro de la segunda parte (462).

Una vez más, el elemento irradiador (300, 400, 420, 440, 460) puede ser excitado por medio del contacto directo o mediante el acoplamiento capacitivo.

20 En un ejemplo, los postes o clavijas conductores (304) entregan la señal eléctrica a los puntos de alimentación de la primera parte del elemento irradiador (301). Dichos postes o clavijas (304) atraviesan la segunda parte del elemento (302) por medio de brechas (306) practicadas en la extensión de la segunda parte del elemento irradiador (302).

25 En algunos ejemplos, las brechas (306) son esencialmente circulares y tienen un diámetro preferido de menos de 2mm, 3mm, 5mm, 7mm o incluso 9mm. Tales brechas (306) permiten que los postes o clavijas (304) atraviesen la segunda parte (302) evitando el acoplamiento indeseado de la señal eléctrica transportada por dichos postes o clavijas (304) con dicha segunda parte (302). Adicionalmente, los postes o clavijas (305) conductivos entregan otra señal eléctrica a los puntos de alimentación de la segunda parte del elemento irradiador (302).

A fin de mejorar la capacidad de fabricación y / o de mejorar el rendimiento de intermodulación pasiva de la formación de antenas, puede usarse una o más de las siguientes técnicas en el diseño de la estructura del elemento irradiador:

30 \* Exclusión de contactos de metal a metal entre el elemento irradiador y la red de alimentación, de modo tal como, por ejemplo, usando el acoplamiento capacitivo para excitar dicho elemento.

\* Exclusión de sujetadores mecánicos directos entre el elemento irradiador y la red de alimentación.

35 \* Colocación de cualquier sujetador mecánico entre el elemento irradiador y el plano de base de la formación de antenas, esencialmente cerca de una región de dicho elemento irradiador en la cual la distribución de densidad de corriente sea baja. En algunas realizaciones, una tal región estará preferiblemente cerca del centro del elemento irradiador.

40 En algunos ejemplos, puesto que los puntos de alimentación del elemento irradiador (200, 230, 260, 300, 400, 420, 440, 460) están situados esencialmente cerca de la periferia de dicho elemento (200, 230, 260, 300, 400, 420, 440, 460), dichos puntos de alimentación también pueden usarse para proporcionar soporte mecánico al elemento irradiador (200, 230, 260, 300, 400, 420, 440, 460). Tal característica puede lograrse optativamente en combinación con un sujetador único en el centro del elemento irradiador.

45 En algunos casos de la presente invención, la segunda parte del elemento irradiador (302, 402, 422, 442, 462) puede acoplarse electromagnéticamente (bien por contacto directo, o bien por medio de acoplamiento capacitivo o inductivo) con el plano de base de la antena (303, 403, 423, 443, 463) en al menos uno, dos, tres o más puntos en toda la extensión de dicha segunda parte (302, 402, 422, 442, 462). Tal técnica puede ser ventajosa para modificar con precisión las propiedades de irradiación del elemento irradiador (300, 400, 420, 440, 460). En particular, esta técnica, combinada con el mecanismo de alimentación del elemento irradiador (300, 400, 420, 440, 460) puede ser útil para mejorar el acoplamiento entre las bandas operativas primera y segunda de dichos elementos (300, 400, 420, 440, 460).

50 Al combinar elementos irradiadores de una arquitectura apilada (tales como, por ejemplo, los de las Figuras 3, 4a, 4c o 4d) con otros elementos irradiadores no apilados (tales como los de las Figuras 2a, 2b o 2c) para obtener una de las bandas operativas de la formación de antenas de triple banda, la mayor altura de los elementos apilados (300, 400, 440, 460) puede dar como resultado errores de fase en la progresión de fases aplicada a los elementos en la formación de antenas. Este problema puede corregirse por medio de la inclusión de una fase adicional en la excitación de los elementos

irradiadores de menor altura (es decir, los elementos irradiadores no apilados), tal como, por ejemplo, el añadido de una longitud extra de cable o de línea de transmisión en la red de alimentación de los elementos irradiadores de la formación de antenas.

5 Varias características (tales como paredes metálicas que forman un recinto alrededor de elementos irradiadores, postes conductores colocados entre elementos irradiadores, o rebordes colocados en los bordes del plano de base de la formación de antenas) se incluyen en algunas realizaciones para mejorar el aislamiento entre polarizaciones, el acoplamiento entre bandas operativas, el formato de patrones horizontales y / o el nivel de polarización cruzada.

10 En algunas realizaciones preferentes (por ejemplo, el ejemplo en la Figura 5c) al menos algunos de los elementos irradiadores (500) de la formación de antenas están rodeados por paredes (o rebordes) metálicas que forman un recinto (540) alrededor de dicho elemento irradiador (500). La altura de las paredes del recinto (540) con respecto al plano (503) de base puede posiblemente ser al menos 0,12 veces, 0,105 veces, 0,09 veces, 0,075 veces, 0,06 veces, 0,045 veces o 0,03 veces la longitud de onda de la mayor frecuencia de la menor banda de operación de la formación de antenas. En algunas realizaciones, las paredes laterales del recinto (540) pueden tener distinta altura, o bien la altura podría no ser constante. En algunos casos, el recinto (540) podría estar abierto, es decir, falta alguna pared lateral, de modo tal que el elemento irradiador (500) no esté completamente rodeado por dicho recinto (540). Dicho recinto (540) no necesita tener forma cuadrada, y sus dimensiones transversales pueden seleccionarse en la gama entre aproximadamente 0,25 veces hasta aproximadamente 0,45 veces la longitud de onda de la mayor frecuencia de la menor banda de operación de la formación de antenas.

20 Algunas otras realizaciones preferentes de la formación de antenas comprenden uno o varios postes conductores (560) colocados entre algunos elementos irradiadores de la formación de antenas (p. ej., la realización en la Figura 5d). En algunas realizaciones, los postes (560) estarán electromagnéticamente acoplados con el plano (503) de base, por ejemplo, por contacto directo. El número de postes (560) puede variar de unas realizaciones a otras, aunque, preferiblemente, hay al menos un poste a cada lado del elemento irradiador (500). Los postes (560) pueden disponerse esencialmente a lo largo del eje central de la formación (es decir, a lo largo de la dirección sobre la cual se disponen los elementos irradiadores) o, alternativamente, desplazarse con respecto a dicho eje, o como una combinación de lo dicho. La altura de los postes (560) con respecto al plano (503) de base puede ser ventajosamente menor que 0,165 veces la longitud de onda de la mayor frecuencia de la menor banda de operación de la formación de antenas, y posiblemente también menor que 0,15 veces, 0,135 veces o incluso 0,12 veces dicha longitud de onda. Adicionalmente, los postes (560) no tienen todos la misma altura en algunas realizaciones.

30 En otro ejemplo de la formación de la formación de antenas, los rebordes (602, 652) se colocan en los bordes del plano (601) de base, y se inclinan hacia arriba con respecto a dicho plano (601) de base. La longitud (L) de los rebordes (602, 652) es, en algunos casos, menor que 0,15 veces la longitud de onda de la mayor frecuencia de la menor banda de operación de la formación de antenas, y posiblemente también menor que 0,135 veces, 0,12 veces, 0,105 veces o 0,09 veces dicha longitud de onda. Los rebordes (602, 652) pueden comprender ranuras, brechas o aberturas, o estar hechos de fajas conductoras.

Debido a la forma sencilla del plano de base, dicho plano de base puede fabricarse en algunas realizaciones por medio de un proceso que comprende las etapas de procesos de extrusión y / o procesos de metales laminados, y que usa materiales ligeros, tales como, por ejemplo, el aluminio.

40 En algunas realizaciones de esta invención la estación base menuda de triple banda incluye una formación de antenas de polarización dual de triple banda con inclinación inferior variable para al menos una de las bandas de operación. En algunos casos, dos bandas, o incluso las tres bandas de operación, tendrán la característica de la inclinación inferior variable. Además, en algunos casos la inclinación inferior variable será independiente para cada una de las bandas de operación de la formación de antenas, mientras que en otros casos puede ser común para al menos dos de las tres bandas de frecuencia. Tener un mecanismo común de inclinación inferior variable para más de una banda puede ser ventajoso para la reducción de la complejidad de la formación de antenas. Por otra parte, la inclinación inferior variable independiente para cada banda de frecuencia proporciona más flexibilidad a los operadores de red al usar una formación de antenas según la presente invención.

La inclinación inferior variable puede lograrse por medio de un desplazador de fase y una separación vertical adecuada de los elementos irradiadores.

50 En algunos ejemplos, una formación menuda de antenas de triple banda comprende un dispositivo desplazador de fase (o desplazador de fase) que proporciona una inclinación inferior eléctrica ajustable para cada banda de frecuencia. El desplazador de fase incluye un trayecto eléctrico de longitud variable para cambiar las fases relativas de los elementos irradiadores de la formación de antenas, que introducirá una inclinación inferior en la dirección de máxima irradiación de la formación de antenas.

55 La longitud eléctrica del desplazador de fase puede ajustarse, bien manualmente o bien por medio de un pequeño motor

eléctrico (no mostrado en las figuras), el cual, a su vez, puede estar remotamente controlado por medio de cualquier técnica conocida en la técnica anterior.

5 En algunas realizaciones dicha separación vertical es menor que una longitud de onda, pero también preferiblemente menor que  $3/4$  de la longitud de onda ( $3/4\lambda$ ) y menor que  $2/3$  de la longitud de onda ( $2/3\lambda$ ) en todas las frecuencias de funcionamiento, para mantener un buen patrón de irradiación. Tal separación se especifica, por ejemplo, tomando en consideración el centro de los elementos de irradiación. El centro del elemento de irradiación puede determinarse, preferiblemente, por el centro de la circunferencia más pequeña en la cual puede inscribirse el elemento irradiador.

10 Al menos algunas realizaciones de la invención revelada permiten la integración de tres formaciones de antenas de triple banda en un cilindro delgado, debido, por ejemplo, al desplazador de fase compacto que permite la inclinación inferior eléctrica variable, siendo en algunos casos dicha inclinación inferior independiente para cada una de las tres bandas operativas de la formación de antenas de triple banda. El espesor del desplazador de fase es ventajosamente menor que  $0,07$  veces la longitud de onda ( $0,07\lambda$ ).

15 La invención, por lo tanto, proporciona asimismo un procedimiento para reducir el tamaño de la parte irradiadora de una estación base y, por lo tanto, un procedimiento para minimizar el impacto ambiental y visual de una red de antenas de estación base celular, en particular, en la telefonía móvil y las redes de servicios inalámbricos. La invención también proporciona los medios para integrar en una estación base de impacto visual reducido todos los servicios celulares e inalámbricos correspondientes a las generaciones 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> y 3<sup>a</sup> (1G, 2G, 3G), o incluso futuros servicios de 4G, reduciendo el coste de las estaciones base y el coste asociado a su instalación, acelerando a la vez el despliegue de la red.

20 Las realizaciones de la presente invención pueden usar tecnología de antena compacta y de desplazador de fase compacto para permitir la integración de tres antenas de triple banda sobre un cilindro delgado, lo que da como resultado una estación base de tres sectores y triple banda con un tamaño e impacto visual reducidos en comparación con la parte irradiadora de las estaciones base actuales. Más específicamente, el diámetro de una estación base menuda que comprende en su parte irradiadora esta nueva formación de antenas delgadas es habitualmente menor que  $1,5$  veces la longitud de onda de la mayor frecuencia de la menor banda de operación de la antena y, en algunos casos, tal diámetro es incluso menor que  $1,4$ ,  $1,3$  o  $1,2$  veces dicha longitud de onda, lo que es significativamente menor que el tamaño de la parte irradiadora de estaciones base convencionales que llevan antenas de GSM900.

25 Una de las principales ventajas de la presente invención es que es posible integrar tres formaciones de antenas de triple banda en un cilindro delgado, formando una estación base de tres sectores. Las tres formaciones de antenas pueden caber dentro de una única cúpula de radar cilíndrica. En el caso de la formación de antenas de triple banda de la presente invención, el diámetro de la circunferencia del cilindro delgado en el cual pueden caber las tres formaciones de antenas puede ser menor que  $1,75$  veces, o  $1,65$  veces, o  $1,60$  veces, o  $1,55$  veces o incluso  $1,45$  veces la longitud de onda en la mayor frecuencia de la menor banda operativa de dichas formaciones de antenas. Un diámetro tan pequeño puede lograrse debido al tamaño compacto y a la arquitectura de cada una de las formaciones de antenas de triple banda. A fin de encoger aún más el diámetro de una estación base delgada de triple banda y tres sectores, se usan elementos irradiadores de pequeño tamaño con un menor plano de base en algunas realizaciones, dispuestos en una configuración entrelazada según la presente invención.

30 En algunas realizaciones de la invención, las dimensiones transversales (es decir, ancho y espesor) de la formación de antenas son pequeñas en comparación con las de típicas formaciones de antenas de estación base de triple banda. En el contexto de esta solicitud, el ancho de una formación de antenas se refiere preferiblemente a la dimensión a lo largo de un eje contenido en el plano definido por el plano de base de la formación de antenas, siendo dicho eje esencialmente perpendicular a la dirección a lo largo de la cual se disponen los elementos irradiadores de la formación de antenas. De manera similar, en el contexto de este documento, el espesor de la formación de antenas se refiere preferiblemente a la dimensión a lo largo de un eje esencialmente perpendicular al plano definido por el plano de base de la formación de antenas. En particular, en algunas realizaciones el ancho de la formación de antenas es menor que dos veces la longitud de onda ( $2\lambda$ ), tal como, por ejemplo, una vez y media la longitud de onda ( $1,5\lambda$ ),  $1,4$  veces la longitud de onda ( $1,4\lambda$ ),  $1,3$  veces la longitud de onda ( $1,3\lambda$ ) o, incluso en algunos casos, menor que una longitud de onda ( $1\lambda$ ) para la mayor frecuencia de la menor banda operativa. En algunos ejemplos, el espesor de una formación de antenas según la presente invención es preferiblemente menor que la mitad de la longitud de onda ( $0,5\lambda$ ), tal como, por ejemplo,  $0,4$  veces la longitud de onda ( $0,4\lambda$ ) e incluso, en algunas realizaciones, menor que  $0,3$  veces la longitud de onda ( $0,3\lambda$ ) para la mayor frecuencia de la menor banda de frecuencia. A pesar de los estrechos ancho y espesor de la formación de antenas, las características del patrón de irradiación (tales como, por ejemplo, el ancho de haz vertical y horizontal, y la supresión del lóbulo lateral superior) se mantienen.

35 En una realización preferente, dichas formaciones de antenas están radialmente separadas del eje central de un cilindro delgado en el cual pueden caber las formaciones de antenas. Cada formación de antenas se coloca longitudinalmente (es decir, a lo largo de la dirección de dicho eje central) dentro de un sector angular definido alrededor de dicho eje central.

Según se muestra en la Figura 10, las formaciones (1001, 1001', 1001'') de antenas pueden estar radialmente separadas

de un eje central (1003) de la estructura de la estación base menuda. Cada formación (1001, 1001', 1001'') de antenas se coloca respectivamente dentro de un sector angular (1002, 1002', 1002'') definido alrededor de dicho eje central (1003), siendo las formaciones (1001, 1001', 1001'') de antenas esencialmente paralelas a dicho eje central (1003). Las tres formaciones (1001, 1001', 1001'') de antenas se alojan dentro de una cúpula (1000) de radar esencialmente cilíndrica, que está preferiblemente hecha de material dieléctrico (tal como, por ejemplo, pero sin limitarse a, compuestos de fibra de vidrio) y es esencialmente transparente dentro de las gamas de frecuencia entre 700 MHz y 1.000 MHz y entre 1.700 y 2.170 MHz. Como se muestra en la Figura 10, cada formación se coloca según la posición de los lados de un triángulo equilátero, cuyo centro es el eje (1003) de la estructura de la estación base menuda. Un soporte central dentro de la cúpula de radar cilíndrica (no mostrado) se alinea con respecto a dicho eje (1003), y las formaciones (1001, 1001', 1001'') de antenas se montan sobre dicho soporte central a una distancia seleccionada.

En algunos ejemplos, el número de formaciones de antenas alrededor del soporte central será solamente dos, mientras que en algunas otras realizaciones este número será mayor que tres, preferiblemente cuatro, cinco o seis.

En algunas realizaciones, se introduce una separación angular entre las formaciones de antenas, y se añade una característica mecánica a fin de guiar la dirección del eje óptico horizontal de la formación de antenas independientemente en cada sector, optimizando de esta manera la cobertura de acimut dentro de cada sector. En este caso específico, el diámetro de la circunferencia total formada por las tres formaciones de antenas es aún menor que 1,75 veces, o 1,70 veces, o 1,65 veces o incluso 1,60 veces la longitud de onda en la mayor frecuencia de la menor banda de frecuencia, con una separación angular de al menos aproximadamente 20 grados. Un diámetro menor se logra en ciertas realizaciones reduciendo la separación angular y / o su gama de ajuste.

En algunos ejemplos, una formación de antenas de triple banda según la presente invención puede comprender adicionalmente una característica mecánica para guiar la dirección del eje óptico horizontal desde aproximadamente 0 grados hasta aproximadamente 30 grados, independientemente para cada una de las formaciones de antenas integradas en una estación base de tres sectores y triple banda.

Para cualquier estación base menuda dada de triple banda y tres sectores, siempre hay un compromiso entre los siguientes aspectos:

\* Tener el mínimo diámetro de cúpula de radar para un impacto visual menor y una menor carga eólica, y permitir un mejor camuflaje de la parte irradiadora de la estación base en el entorno;

\* Tener la mayor separación angular para un mayor grado de flexibilidad en la optimización de la cobertura de acimut en cada sector;

\* Tener la máxima abertura de irradiación horizontal para aumentar la orientabilidad de la formación de antenas en el plano horizontal.

Dado que la altura de la formación de antenas puede ser, en algunos casos, de hasta nueve veces la longitud de onda en la mayor frecuencia de la menor banda operativa de la formación de antenas, el retorcimiento o la distorsión mecánica de la forma del plano de base puede comprometer la horizontalidad, o incluso la integridad, de dicho plano de base. En algunas realizaciones, para reforzar la estructura mecánica de la formación de antenas, el plano de base de la formación de antenas tiene rebordes doblados hacia abajo (es decir, en dirección contraria a los elementos irradiadores). En estos casos, el ángulo de inclinación será preferiblemente mayor que 90 grados, pero también posiblemente mayor que 110 grados, o incluso mayor que 130 grados, a fin de reforzar la estructura mecánica de la formación de antenas, maximizando a la vez la separación angular entre los sectores, en una configuración multisectorial, para una flexibilidad mejorada en el acimut.

En algunas realizaciones, un ángulo preferido ( $\alpha$ ) que logra el mejor compromiso es igual a:

$$\alpha = 30^\circ + A / 2$$

donde ( $\alpha$ ) es el ángulo entre la horizontal y los rebordes del plano de base y (A) es la separación angular entre dos formaciones de antenas.

Además, tales sistemas menudos de irradiación posibilitan que la estación base resultante se implemente como torres más ligeras y portátiles, que pueden construirse apilando o ensamblando secciones modulares de construcción. Tal estructura modular puede usarse ventajosamente para introducir mecanismos de plegado, doblado, retracción y / o elevación para una instalación más sencilla, y el mantenimiento de las formaciones de antenas, los sistemas electrónicos y / o los sistemas electromecánicos integrados en la estructura de la estación base menuda de triple banda. Además, la estación base menuda de triple banda puede mimetizarse fácilmente en forma de otros elementos arquitectónicos urbanos (tales como, por ejemplo, pero sin limitación, los postes de luz callejeros, las chimeneas, los mástiles de banderas, los postes publicitarios y así sucesivamente) integrando a la vez otros equipos (tales como filtros, diplexores, amplificadores de bajo ruido montados en torre y / o amplificadores de potencia) en una única unidad compacta.

En algunas realizaciones, un estación base menuda de tres sectores y triple banda que comprende tres antenas de triple banda comprende adicionalmente un sistema modular para modificar fácilmente la altura de dicha estación base menuda con respecto al suelo, desde aproximadamente 10 longitudes de onda hasta aproximadamente 65 longitudes de onda en la mayor frecuencia de la menor banda de frecuencia de dichas formaciones de antenas, permitiendo al operador de red adaptar el área de cobertura de dicha estación base menuda.

En algunos casos, para facilitar la manipulación y / o la instalación de una formación de antenas, dicha formación de antenas podría dividirse en dos partes que pueden ensamblarse luego entre sí, una sobre la otra. Cada parte podría comprender, en algunas realizaciones, aproximadamente la mitad de los elementos irradiadores de la formación de antenas de triple banda. Por ejemplo, en el caso de la formación de antenas de la Figura 1a, la formación (100) de antenas podría dividirse en una primera parte que comprende los conjuntos primero y tercero de los elementos irradiadores (101, 103) y una segunda parte que comprende los conjuntos segundo y cuarto de los elementos irradiadores (102, 104). Algunos medios de conexión adicional deberían proporcionarse a dichas partes primera y segunda de la formación de antenas para posibilitar el ensamble (tanto mecánica como eléctricamente) de las dos partes en una única formación de antenas de triple banda. La división de la formación de antenas en dos partes podría ser ventajosa cuando ha de instalarse una estación base menuda sobre el techo de un edificio, y las distintas secciones de la estructura necesitan ser transportadas hacia un ascensor o a través de una escalera.

### **Breve descripción de los dibujos**

Las características y ventajas adicionales de la invención devendrán evidentes a la vista de la siguiente descripción detallada de algunas realizaciones preferentes de la invención, dada con fines de ilustración y no concebida de modo alguno como una definición de los límites de la invención, y hecha con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

Fig. 1 – Esquema de algunas posibles disposiciones de los elementos irradiadores de una formación de antenas de triple banda.

Fig. 2 – Ejemplos de algunas realizaciones de pequeños elementos irradiadores capaces de funcionar en una banda de frecuencia. En las figuras (a) y (c) los elementos irradiadores se muestran en vista plana, mientras que en la figura (b) el elemento irradiador se representa en una perspectiva acimutal y alojado dentro de un plano de base de tipo caja.

Fig. 3 – Esquema de (a) vista plana y (b) vista alzada de un ejemplo de elemento irradiador capaz de funcionar en dos bandas de frecuencia distintas, y adecuado para una formación menuda de antenas

Fig. 4 – Ejemplos de algunas realizaciones de pequeños elementos irradiadores capaces de funcionar en dos bandas de frecuencia. En las figuras (a) y (b) los elementos irradiadores se muestran en perspectiva, mientras que en las figuras (c) y (d) los elementos irradiadores se representan en vista plana.

Fig. 5 – (a) Perspectiva esquemática y (b) vista plana de elementos irradiadores entrelazados funcionando en distintas bandas de frecuencia; y ejemplo de una disposición entrelazada de elementos irradiadores en la cual el elemento central está (c) colocado dentro de un cavidad en forma de caja, o (d) rodeado por postes metálicos.

Fig. 6 – Ejemplos de un pequeño elemento irradiador capaz de funcionar en dos bandas de frecuencia sobre un plano de base que contiene rebordes según la presente invención, en donde (a) muestra los rebordes del plano de base, incluyendo las ranuras; y (b) presenta los rebordes del plano de base formados por franjas.

Fig. 7 – Vista plana esquemática de un ejemplo de una microfranja en forma de U o desplazador de fase de línea-franja: (a) desplazador de fase en su posición de fase mínima; y (b) desplazador de fase en su posición de fase máxima. La línea de transmisión móvil se muestra en un sombreado más claro que la línea fija de transmisión principal.

Fig. 8 – Vista frontal alzada de un puente flexible montado junto con una línea de transmisión móvil y una línea de transmisión principal.

Fig. 9 – Gráfico que presenta la progresión de fases para distintas posiciones del desplazador de fase.

Fig. 10 – Vistas transversales esquemáticas de tres formaciones de antenas de triple banda alojadas dentro de una cúpula de radar cilíndrica. Las tres formas rectangulares representan las formaciones de antenas en una vista alzada: (a) Tres formaciones de antenas de triple banda que forman una configuración de tres sectores con 20 grados de separación angular; (b) Configuración de tres sectores sin separación angular; y (c) Configuración de tres sectores con 20 grados de separación angular y planos de base con rebordes doblados.

Fig. 11 – Vista en perspectiva de una estación base menuda de triple banda en la cual las formaciones de antenas de triple banda están montadas sobre una torre modular, a tres alturas distintas desde el suelo.

Fig. 12 – Ejemplo de cómo calcular la dimensión de enumeración de casillas.

Fig. 13 – Ejemplos de curvas rellenas de espacio para el diseño de antenas.

Fig. 14 – Ejemplo de cómo calcular la dimensión de enumeración de casillas usando una rejilla de células rectangulares para dividir el rectángulo más pequeño posible que circunda la curva.

5 Fig. 15 – Ejemplo de cómo calcular la dimensión de enumeración de casillas usando una rejilla de células esencialmente cuadradas.

Fig. 16 – Ejemplo de una curva que incluye una dimensión de rejilla mayor que 1, mencionada en el presente documento como curva de dimensión de rejilla.

Fig. 17 – La curva de la Fig. 16 en la rejilla de 32 células, en donde la curva cruza todas las 32 células y, por lo tanto,  $N1 = 32$ .

10 Fig. 18 – La curva de la Fig. 16 en una rejilla de 128 células, en donde la curva cruza todas las 128 células y, por lo tanto,  $N2 = 128$ .

Fig. 19 – La curva de la Fig. 16 en una rejilla de 512 células, en donde la curva cruza al menos un punto de 509 células.

15 Fig. 20 – Vista frontal alzada que muestra el detalle del esquema de alimentación para excitar un elemento irradiador por medio de un acoplamiento capacitivo entre un cilindro conductor conectado con el elemento irradiador y un panel poligonal conectado con una línea de transmisión situada en la proximidad del plano de base de la formación de antenas.

### Descripción de las realizaciones preferentes de la invención

La Figura 1 presenta, sin ningún propósito de limitación, varias maneras en que los elementos irradiadores de una formación de antenas de triple banda pueden disponerse según la presente invención. A fin de reducir adicionalmente el tamaño de la formación (100) de antenas de triple banda, sus elementos irradiadores pueden entrelazarse. En la Figura 1, los círculos de distintos tamaños y / o sombreado indican la posición en la formación de los elementos irradiadores pertenecientes a los distintos conjuntos (101, 102, 103, 104). Los elementos irradiadores se ilustran como círculos solamente con fines de ilustración, y no necesariamente representan su forma efectiva. En la Figura 1a, la combinación de un primer conjunto de elementos irradiadores (101) con el tercer conjunto de elementos irradiadores (103) proporciona una primera banda de frecuencia de la formación (100) de antenas. Luego, la combinación de un segundo conjunto de elementos irradiadores (102) con el cuarto conjunto de elementos irradiadores (104) proporciona una segunda banda de frecuencia de la formación (100) de antenas. Finalmente, la combinación del tercer conjunto de elementos irradiadores (103) con el cuarto conjunto de elementos irradiadores (104) proporciona una tercera banda de frecuencia de la formación (100) de antenas.

30 En el ejemplo de la Figura 1a, los elementos irradiadores de la formación (100) de antenas están dispuestos de forma tal que están esencialmente alineados con respecto a un eje vertical.

Las Figuras 1b a 1j revelan ejemplos de una formación (100) de antenas de triple banda en la cual al menos algunos de sus elementos irradiadores han sido desplazados con respecto al eje vertical central de la formación (100). Por ejemplo, en la Figura 1b los elementos irradiadores del primer conjunto (101) están desplazados hacia el lado izquierdo de la formación (100), mientras que los elementos irradiadores del segundo conjunto (102) están desplazados hacia el lado derecho de la formación (100).

En las Figuras 1c a 1j al menos algunos elementos del primer conjunto (101) y / o del segundo conjunto (102) se disponen desplazados con respecto al eje vertical central de la formación.

40 Las Figuras 1e, 1g, 1h y 1j ilustran casos en los cuales hay al menos un par de elementos irradiadores adyacentes verticalmente separados que pertenecen al mismo conjunto de elementos irradiadores. Véanse, por ejemplo, en la parte inferior de la formación (100) de antenas, dos elementos irradiadores adyacentes del primer conjunto (101) y, en la parte superior de la formación (100) de antenas, dos elementos irradiadores adyacentes del segundo conjunto (102).

La Figura 2 muestra algunos ejemplos de elementos irradiadores compactos que pueden usarse en la formación menuda de antenas de banda triple. Los elementos (200, 230, 260) funcionan en una banda de frecuencia que está dentro de la gama de frecuencias entre aproximadamente 1.700 MHz y aproximadamente 2.170MHz, y para dos polarizaciones ortogonales. Como ejemplo, los elementos irradiadores en la Figura 2 son antenas de parche. El elemento irradiador puede comprender un parche parasitario (260') además de un parche (260") gobernado eléctricamente.

50 La Figura 3 presenta un ejemplo de un elemento irradiador compacto (300) que funciona en una primera banda de frecuencia, que está dentro de la gama de frecuencias desde aproximadamente 1.700 MHz hasta aproximadamente 2.170 MHz, y que también puede funcionar en una segunda banda de frecuencia, que está dentro de la gama de frecuencias entre aproximadamente 700 MHz y aproximadamente 1.000 MHz. Dicho elemento irradiador (300) comprende una

primera parte (301), que es esencialmente responsable del funcionamiento en dicha primera banda de frecuencia, montada encima de una segunda parte (302) que es esencialmente responsable del funcionamiento en dicha segunda banda de frecuencia. Dicha primera parte (301) comprende un elemento (301") gobernado eléctricamente y un elemento parasitario (301').

5 El elemento irradiador en la Figura 3 tiene dimensiones reducidas.

La Figura 4 revela algunos ejemplos adicionales de un elemento irradiador compacto (400, 420, 440, 460) que puede funcionar en una primera banda de frecuencia y también en una segunda banda de frecuencia. En la Figura 4a, una primera parte del elemento irradiador (401) está apilada encima de una segunda parte de dicho elemento irradiador (402). Alternativamente, la Figura 4b muestra una realización en la cual una primera parte del elemento irradiador (421) está empotrada dentro de una segunda parte de dicho elemento irradiador (422). Dicha segunda parte (422) presenta una abertura (424) dentro de su extensión, para permitir empotrar dicha primera parte (421). Un elemento irradiador como el ilustrado en la Figura 4b puede ser ventajoso para reducir aún más el perfil de la formación de antenas.

10

Las Figuras 4c y 4d presentan dos casos de un elemento irradiador (440, 460) en el cual algunas muescas o brechas han sido creadas en la segunda parte del elemento irradiador (442, 462). Tales muescas (444) o brechas (464) pueden ser ventajosas para adaptar las propiedades de irradiación del elemento irradiador (440, 460).

15

En la Figura 4c, las muescas (444) tiene una forma triangular, aunque otras formas son posibles en otros ejemplos. Aunque se ilustran como siendo todas iguales, las muescas (444) podrían tener formas y / o dimensiones distintas.

Aunque las cuatro brechas (464) se ilustran como iguales en la Figura 4d, podrían tener distintas formas y / o dimensiones, estar colocadas de manera distinta sobre la segunda parte del elemento irradiador (462) (tal como, por ejemplo, en una disposición asimétrica) y ser menos o más que cuatro (tal como, por ejemplo, dos brechas).

20

En la Figura 3 y la Figura 4, el elemento irradiador (300, 400, 420, 440, 460) puede ser excitado en ocho puntos de alimentación. Como ejemplo, la primera parte del elemento irradiador (301, 401, 421, 441, 461) se excita con cuatro puntos de alimentación, mientras que la segunda parte del elemento irradiador (302, 402, 422, 442, 462) se excita independientemente con otros cuatro puntos de alimentación. Los puntos de alimentación pueden combinarse luego, según se ha explicado anteriormente en esta solicitud de patente, por medio de un divisor, para obtener un elemento irradiador polarizado dual de cuatro puertos (es decir, dos polarizaciones ortogonales para la primera banda de frecuencia y dos polarizaciones ortogonales para la segunda banda de frecuencia). Por ejemplo, en el caso del elemento irradiador (300), los postes o clavijas conductores (304) entregan la señal eléctrica a los puntos de alimentación de la primera parte de dicho elemento (301). Dichos postes o clavijas (304) atraviesan la segunda parte del elemento (302) por medio de brechas practicadas en la extensión de dicha segunda parte (302), e indicadas por la etiqueta (306).

25

30

Las Figuras 5a, 5c y 5d presentan una vista en perspectiva esquemática de una parte de una formación de antenas en la cual hay un elemento irradiador (500) capaz de funcionar en una banda de frecuencia dentro de una primera gama de frecuencias, y dos elementos irradiadores (501, 502, 521, 522) capaces de funcionar en dos distintas bandas de frecuencia, una dentro de dicha primera banda de frecuencia y otra banda con una segunda gama de frecuencias. Todos los elementos irradiadores (500, 501, 502, 521, 522) están montados sobre un plano conductor (503) de base y están tendidos en una disposición entrelazada.

35

La Figura 5b muestra una implementación efectiva de una parte de una formación de antenas. El elemento irradiador (500) está situado entre el elemento irradiador (521) y (522). En este ejemplo, la formación se completa con otro elemento irradiador (500'). Como puede verse en la figura, los cuatro elementos irradiadores están entrelazados. Siguiendo con este ejemplo, los elementos irradiadores (500, 500', 521, 522) están hechos de un material o aleación conductora, y su proceso de fabricación puede comprender las etapas del estampado, el torneado y / o la fundición. Alternativamente, en algunas realizaciones según la presente invención, los elementos irradiadores pueden estar hechos de una capa de un material o aleación conductora impresa sobre, o respaldada con, un sustrato dieléctrico de baja pérdida (tal como, por ejemplo, Taconic, FR4, Rogers, Arlon o Neltec). Una red de distribución por microfranja se usa para alimentar los elementos irradiadores (500, 500', 521, 522) con las amplitudes y fases de señal adecuadas. Dicha red de distribución por microfranja se implementa sobre una capa (523) de sustrato dieléctrico colocado debajo de los elementos (500, 500', 521, 522) y del plano (503) de base, y esencialmente cercano a dicho plano (503) de base.

40

45

Las realizaciones tales como las presentadas en las Figuras 5c y 5d pueden ser interesantes para mejorar el aislamiento entre los elementos.

50

La Figura 5c muestra una realización en la cual al menos algunos de los elementos irradiadores (500) de la formación de antenas están rodeados por paredes metálicas (o rebordes) que forman un recinto (540) alrededor de dicho elemento irradiador (500).

La Figura 5d ilustra otro ejemplo en el cual algunos postes conductores (560) han sido colocados entre el elemento

irradiador (521) y (500) (un poste en la Figura 1d), y también entre el elemento irradiador (500) y (522) (dos postes en la Figura 1d).

5 La Figura 6 revela, sin ningún propósito limitador, ejemplos en los cuales algunos rebordes se colocan en los bordes del plano de base de la formación de antenas. En la figura, un elemento irradiador (600) se monta sobre un plano (601) de base. El plano (601) de base comprende un reborde (602, 652) a cada lado que está inclinado hacia arriba.

10 La Figura 6a muestra el caso en el cual hay al menos una ranura (603) sobre el reborde (602). Dicha ranura (603) es ventajosamente más larga que un cuarto de la longitud de onda a la mayor frecuencia de funcionamiento de la formación de antenas y, preferiblemente, la ranura (603) está situada esencialmente cerca de un elemento irradiador capaz de funcionar en una banda de frecuencia dentro de la primera gama de frecuencias (entre aproximadamente 1.700 MHz y aproximadamente 2.170 MHz) y en otra banda de frecuencia dentro de la segunda gama de frecuencias (entre aproximadamente 700 MHz y aproximadamente 1.000 MHz). Más en general, el reborde (602) podría incluir más de una ranura, brecha o abertura. Dichas ranuras, brechas o aberturas pueden tener distintas formas o dimensiones, y / o estar colocadas en distintas ubicaciones dentro de la extensión del reborde (602).

15 La Figura 6b representa el caso en el cual los rebordes (652) comprenden una pluralidad de franjas conductoras (653). Dicha pluralidad de franjas conductoras (653) están separadas por una distancia (d) preferiblemente menor que un cuarto de la longitud de onda en la mayor frecuencia de funcionamiento de la formación de antenas.

La Figura 10 muestra tres formaciones (1001, 1001', 1001'') de antenas separadas radialmente de un eje central (1003) de la estructura de la estación base menuda. Cada formación (1001, 1001', 1001'') de antenas está respectivamente situada longitudinalmente dentro de un sector angular (1002, 1002', 1002'') definido alrededor de dicho eje central (1003).

20 La realización de la Figura 10a representa un caso en el cual los tres sectores angulares (1002, 1002', 1002'') son menores de 120°, de modo tal que una separación angular (A) se define entre dichos sectores angulares. Preferiblemente, dicha separación angular (A) está dentro de la gama entre aproximadamente 0° y aproximadamente 30° (con cualquier subintervalo incluido). En la realización de la Figura 10b el diámetro de la cúpula cilíndrica (1030) de radar se reduce con respecto a la realización de la Figura 10a, para lo cual los tres sectores angulares (1002, 1002', 1002'') se extienden en 25 120°, de modo que no haya ninguna separación angular (A) entre ellos. Las formaciones (1001, 1001', 1001'') de antenas pueden estar en contacto en sus costados.

30 La Figura 10c es un ejemplo de una formación de antenas de triple banda con tres mecanismos independientes de inclinación inferior y una separación angular de 20 grados para cada formación de antenas. En cada formación (1061, 1061', 1061'') de antenas el perfil (1063, 1063', 1063'') del plano de base tiene rebordes (1064, 1064', 1064'') doblados hacia arriba en un ángulo óptimo para minimizar el diámetro de la antena y para maximizar la abertura de la irradiación, que es de 40 grados en este ejemplo.

En algunos ejemplos una formación menuda de antenas de triple banda incluye un mecanismo eléctrico ajustable de inclinación inferior para proporcionar inclinación inferior variable. Dicho mecanismo eléctrico ajustable de inclinación inferior comprende desplazadores de fase.

35 En una realización preferente mostrada en la Figura 7, el desplazador de fase está formado por una línea móvil (700) montada sobre una línea (702) de transmisión principal fija. La línea móvil (700) tiene forma de "U", pero podría tener otra forma, incluso dos extremos (701, 701') de línea de transmisión que se mueven juntos sobre tal línea (702) de transmisión principal. Preferiblemente, la línea móvil (700) tendrá dos extremos paralelos (701, 701') que se solapan con una región interrumpida de la línea (702) de transmisión principal fija, de modo tal que un desplazamiento lineal de dicha línea móvil (700) introduzca un trayecto eléctrico más largo (o un trayecto eléctrico más corto, según la dirección de dicho desplazamiento lineal) sobre un conjunto entero de líneas de transmisión. Como se muestra en la Figura 8, la línea móvil (801) está formada por un primer sustrato (805) dotado de una primera capa conductora (804), y la línea (802) de transmisión principal fija está similarmente formada por un segundo sustrato (807) y una segunda capa conductora (806) sobre una de sus caras. La línea móvil (700, 801) se desliza sobre la línea (702, 802) de transmisión principal y ambas 45 están separadas por respectivas capas (811, 811') de baja fricción de un material de baja pérdida de microondas, que podría ser, por ejemplo, una base de Teflón, para aumentar la durabilidad y evitar la intermodulación pasiva (PIM) a la vez. Todas las partes están emparedadas entre sí con un puente flexible (803) que actúa como un resorte para evitar brechas aéreas entre las capas y mantener así el adecuado desplazamiento de fase. El puente (803) está formado por una base (810) fijada, por ejemplo, en un soporte (812) de la línea (802) de transmisión principal. Un brazo flexible (808) se proyecta horizontalmente desde dicha base (810) y forma una protuberancia (809) en su extremo libre que mantiene la línea móvil (801) en contacto con la línea (802) de transmisión principal durante su desplazamiento. El puente (803) actúa como un muelle, debido a su forma y al material plástico usado. Por ejemplo, este material plástico puede escogerse, sin ningún propósito de limitación, entre el siguiente conjunto: Polipropileno, Acetal, PVC y Nylon. Esta parte puede moldearse para mayor capacidad de fabricación y menor coste.

55 La Figura 9 muestra la típica progresión de fase obtenida con el desplazador de fase de la Figura 7, como una función de

la frecuencia y para distintas posiciones de la línea móvil (700). La curva (901) con marcadores triangulares corresponde a la progresión de fase obtenida cuando dicha línea móvil (700) están en la posición mostrada en la Figura 7a, mientras que la curva (904) con marcadores de pajarita corresponde a la progresión de fase obtenida cuando dicha línea móvil (700) está en la posición mostrada en la Figura 7b. La curva (903) y la curva (904) corresponden a posiciones intermedias de dicha línea móvil (700).

Otra característica de la formación menuda de antenas de triple banda es la integración de las formaciones de antenas en una estación base menuda de triple banda que está construida como un sistema modular para modificar fácilmente la altura de la formación de antenas desde el suelo, según lo representado en la Figura 11. Un tal sistema modular proporciona al operador de red medios para modificar la altura de la formación (1102) de antenas desde el suelo, para obtener la región de cobertura deseada para la estación base. Esta característica es posible debido al peso ligero y al pequeño perfil de la formación (1102) de antenas. Más detalladamente, las formaciones menudas de antenas de triple banda se montan sobre una torre o soporte (1100) elongado de altura ajustable y, preferiblemente, de forma esencialmente cilíndrica. El soporte puede estar formado por una o más secciones (1101) modulares de soporte, axialmente acopladas entre sí, por medio de cualquier técnica conocida en el estado de la tecnología, y adecuada para este fin. Adicionalmente, el soporte (1100) puede comprender medios de bisagra en su extremo inferior, de modo tal que el soporte (1100) pueda inclinarse para facilitar la instalación y el mantenimiento de las formaciones de antenas, los sistemas electrónicos y / o los sistemas electromecánicos de la estación base. Alternativamente, las secciones de soporte pueden formar una estructura telescópica, y el soporte (1100) puede ser retraído o extendido.

Son posibles varias técnicas para reducir el tamaño de los elementos irradiadores de la formación de antenas, o partes de la formación de antenas, dentro de la presente invención, tales como, por ejemplo, el uso de estructuras rellenas de espacio, estructuras multinivel, o curvas de enumeración de casillas y de dimensión de rejilla. Las distintas geometrías se exponen a continuación.

#### **Sobre curvas rellenas de espacio**

En algunos ejemplos, la formación de antenas, o uno o más de los elementos irradiadores de dicha formación de antenas, o una o más partes de la formación de antenas, pueden miniaturizarse modelando al menos una parte de la formación de antenas (p. ej., una parte de los brazos de un dipolo, el perímetro del parche de una antena de parche, la ranura en una antena de ranura, el perímetro de bucle en una antena de bucle, u otras partes de la formación de antenas) como una curva rellena de espacio (SFC). Los ejemplos de curvas rellenas de espacio se muestran en la Fig. 13 (véanse las curvas 1301 a 1314). Una SFC es una curva que es grande en términos de longitud física, pero pequeña en términos del área en la cual puede incluirse la curva. Las curvas rellenas de espacio rellenan la superficie o el volumen donde están situadas de manera eficaz, manteniendo a la vez las propiedades lineales por ser curvas. En general, las curvas rellenas de espacio pueden estar compuestas por segmentos rectos, esencialmente rectos y / o curvos. Más precisamente, para los fines de este documento de patente, una SFC puede definirse de la siguiente manera: una curva que tiene al menos un número mínimo de segmentos que están conectados de tal manera que cada segmento forma un ángulo con segmentos adyacentes cualesquiera, de modo tal que ningún par de segmentos adyacentes defina un segmento recto más largo. Los posibles valores para dicho número mínimo de segmentos incluyen 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50. Además, una SFC no se interseca a sí misma en ningún punto, excepto, posiblemente, en el punto inicial y final (es decir, la curva entera puede disponerse como una curva o bucle cerrado, pero ninguna de las partes menos importantes de la curva forma una curva o bucle cerrado).

Una curva rellena de espacio puede acomodarse sobre una superficie plana o curva y, debido a los ángulos entre los segmentos, la longitud física de la curva es mayor que la de cualquier línea recta que pueda caber en la misma área (superficie) que la curva rellena de espacio. Adicionalmente, para modelar la estructura de una antena en miniatura, los segmentos de las SFC deberían ser más cortos que al menos un quinto de la longitud de onda operativa del espacio libre, y posiblemente más cortos que un décimo de la longitud de onda operativa del espacio libre. Además, en algunos ejemplos adicionales los segmentos de las SFC deberían ser más cortos que al menos un vigésimo de la longitud de onda operativa del espacio libre. La curva rellena de espacio debería incluir al menos cinco segmentos a fin de proporcionar alguna reducción del tamaño de la antena; sin embargo, puede usarse un número mayor de segmentos, tal como, por ejemplo, 10, 15, 20, 25 o más segmentos. En general, cuando mayor es el número de segmentos y más estrechos son los ángulos entre ellos, más pequeño es el tamaño de la antena final.

Una SFC también puede definirse como una curva no periódica que incluye un cierto número de segmentos rectos conectados, esencialmente rectos y / o curvos, más pequeños que una fracción de la longitud de onda del espacio libre operativo, donde los segmentos se disponen de manera tal que no haya segmentos adyacentes y conectados cualesquiera que formen otro segmento recto más largo, y en donde ningunos de dichos segmentos se intersecan entre sí.

En un ejemplo, una geometría de antenas que forma una curva rellena de espacio puede incluir al menos cinco segmentos, formando cada uno de dichos al menos cinco segmentos un ángulo con cada segmento adyacente en la

curva, siendo al menos tres de los segmentos más cortos que un décimo de la más larga longitud de onda operativa de espacio libre de la antena. Preferiblemente, cada ángulo entre segmentos adyacentes es menor que 180° y al menos dos de los ángulos entre secciones adyacentes son menores que 115°, y al menos dos de los ángulos no son iguales. La curva ejemplar cabe dentro de un área rectangular, siendo el lado más largo del área rectangular más corta que un quinto de la más larga longitud de onda operativa de espacio libre de la antena. Algunas curvas rellenas de espacio podrían aproximarse a una curva autosimilar o autoafín, mientras que otras devendrían en cambio disímiles, es decir, sin exhibir autosimilaridad ni autoafinidad en absoluto (véanse, por ejemplo, 1310, 1311, 1312).

**Sobre curvas de enumeración de casillas**

En otros ejemplos, la formación de antenas, o uno o más de los elementos irradiadores de dicha formación de antenas, o una o más partes de la formación de antenas, pueden miniaturizarse modelando al menos una parte de la formación de antenas para que tenga una dimensión seleccionada de enumeración de casillas. Para una geometría dada tendida sobre una superficie, la dimensión de enumeración de casillas se calcula de la siguiente manera. Primero, se coloca una rejilla con casillas idénticas rectangulares o esencialmente cuadradas de tamaño L1 sobre la geometría, de modo tal que la rejilla cubra completamente la geometría, es decir, que ninguna parte de la curva esté fuera de la rejilla. Se cuenta entonces el número de casillas N1 que incluyen al menos un punto de la geometría. En segundo lugar, se coloca también una rejilla con casillas de tamaño L2 (siendo L2 más pequeño que L1) sobre la geometría, de modo tal que la rejilla cubra completamente la geometría, y se cuenta el número de casillas N2 que incluyen al menos un punto de la geometría. La dimensión D de enumeración de casillas se calcula luego como:

$$D = - \frac{\log(N2) - \log(N1)}{\log(L2) - \log(L1)}$$

A los fines de este documento, la dimensión de enumeración de casillas puede calcularse colocando las rejillas primera y segunda dentro de un área rectangular mínima que encierre el rastro conductor de la antena y aplicando el algoritmo precedente. La primera rejilla, en general, tiene n x n casillas y la segunda rejilla tiene 2n x 2n casillas que coinciden con la primera rejilla. La primera rejilla debería escogerse de modo tal que el área rectangular se entrame en una formación de al menos 5 x 5 casillas o celdas, y la segunda rejilla debería escogerse de modo tal que L2 = 1/2 L1 y tal que la segunda rejilla incluya al menos 10 x 10 casillas. El área rectangular mínima es un área en la cual no hay una fila o columna entera sobre el perímetro de la rejilla que no contenga ningún trozo de la curva. Además, el área rectangular mínima, preferiblemente, se refiere al rectángulo más pequeño posible que encierra completamente la curva o la parte relevante de la misma.

Un ejemplo de cómo puede determinarse la rejilla relevante se muestra en las Figs. 14a a 14c. En la Fig. 14a se muestra una curva de enumeración de casillas en su rectángulo más pequeño posible que encierra la curva. El rectángulo está dividido en una rejilla de n x n (aquí, como ejemplo, 5 x 5) rectángulos idénticos, donde cada lado de las celdas corresponde a 1/n de la longitud del lado paralelo del rectángulo circundante. Sin embargo, la longitud de cualquier lado del rectángulo (p. ej., Lx o Ly en la Figura 14b) puede usarse para el cálculo de D, ya que las casillas de la segunda rejilla (véase la Figura 14c) tienen el mismo factor de reducción con respecto a la primera rejilla a lo largo de los lados del rectángulo en ambas direcciones (dirección x e y) y por tanto el valor de D será el mismo, no importa si se toma en cuenta el lado más corto (Lx) o el más largo (Ly) del rectángulo para el cálculo de D. En algunos casos raros puede haber más de un rectángulo más pequeño posible. En este caso, se escoge el rectángulo más pequeño posible que da el valor más pequeño de D.

Alternativamente, la rejilla puede construirse de modo tal que el lado más largo (véase el borde izquierdo del rectángulo en la Figura 14a) del rectángulo más pequeño posible se divida en n partes iguales (véase L1 en el borde izquierdo de la rejilla en la Figura 15a) y la rejilla de n x n casillas cuadradas tenga este lado en común con el rectángulo más pequeño posible que cubra la curva o la parte relevante de la curva. En la Figura 15a la rejilla, por lo tanto, se extiende a la derecha del lado común. Aquí puede haber algunas filas o columnas que no tienen ninguna parte de la curva dentro (véanse las diez casillas en el borde de la derecha de la rejilla en la Figura 15a). En la Figura 15b el borde derecho del rectángulo más pequeño (véase la Figura 14a) se usa para construir la rejilla de n x n casillas cuadradas idénticas. Por tanto, hay dos lados más largos del rectángulo, sobre la base de los cuales puede construirse la rejilla de n x n casillas cuadradas idénticas y, por lo tanto, preferiblemente ha de tenerse en cuenta la rejilla, entre las dos primeras rejillas, que dé el menor valor de D.

Si el valor de D calculado por una primera rejilla de n x n casillas rectangulares idénticas (Figura 14b) dentro del rectángulo más pequeño posible que encierra la curva y una segunda rejilla de 2n x 2n casillas rectangulares idénticas (Figura 14c) dentro del rectángulo más pequeño posible que encierra la curva, y el valor de D calculado a partir de una primera rejilla de n x n casillas idénticas cuadradas (véanse la Figura 15a o la 15b) y de una segunda rejilla de 2n x 2n casillas idénticas cuadradas, donde la rejilla tiene un lado en común con el rectángulo más pequeño posible, difieren, entonces

preferiblemente han de tenerse en cuenta las rejillas primera y segunda que den el menor valor de D.

Alternativamente, una curva puede considerarse como una curva de enumeración de casillas si no existe ninguna rejilla de  $n \times n$  casillas cuadradas idénticas o casillas rectangulares idénticas y una segunda rejilla de  $2n \times 2n$  casillas cuadradas idénticas o casillas rectangulares idénticas, donde el valor de D sea más pequeño que 1,1, 1,2, 1,25, 1,3, 1,4, 1,5, 1,6, 1,7, 1,8, 1,9, 2,0, 2,1, 2,2, 2,3, 2,4, 2,5, 2,6, 2,7, 2,8 o 2,9.

En cualquier caso, el valor de n para la primera rejilla no debería ser más de 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 40 o 50.

La dimensión deseada de la enumeración de casillas para la curva puede seleccionarse para lograr una magnitud deseada de miniaturización. La dimensión de enumeración de casillas debería ser mayor que 1,1 a fin de lograr alguna reducción del tamaño de la antena. Si se desea un mayor grado de miniaturización, entonces puede seleccionarse una mayor dimensión de enumeración de casillas, tal como una dimensión de enumeración de casillas que oscile entre 1,5 y 2 para estructuras superficiales, y que oscile hasta 3 para geometrías volumétricas. A los fines de este documento de patente, las curvas en las cuales al menos una parte de la geometría de la curva, o la curva entera, tiene una dimensión de enumeración de casillas mayor que 1,1, pueden denominarse curvas de enumeración de casillas.

Para antenas muy pequeñas, por ejemplo, antenas que caben dentro de un rectángulo con un tamaño máximo igual a un vigésimo de la más larga longitud de onda operativa de espacio libre, la dimensión de enumeración de casillas puede calcularse usando una rejilla más fina. En tal caso, la primera rejilla puede incluir una malla de  $\text{®} 20 \times 20$  celdas iguales. La dimensión de rejilla (D) puede calcularse entonces usando la ecuación anterior.

En general, para una frecuencia resonante dada de la antena, cuanto mayor sea la dimensión de enumeración de casillas, mayor el grado de miniaturización que será logrado por la antena.

Una manera de mejorar las capacidades de miniaturización de la antena (es decir, de reducir el tamaño maximizando a la vez el ancho de banda, la eficacia y la ganancia) es disponer los diversos segmentos de la curva del patrón de la antena de tal manera que la curva interseque al menos un punto de al menos 14 casillas de la primera rejilla con  $5 \times 5$  casillas o células circundando la curva. Si se desea un grado mayor de miniaturización, entonces la curva puede disponerse para que cruce al menos una de las casillas dos veces dentro de la rejilla de  $5 \times 5$ , es decir, la curva puede incluir dos partes no adyacentes dentro de al menos una de las casillas o celdas de la rejilla. La rejilla relevante aquí puede ser cualquiera de las rejillas construidas mencionadas anteriormente, o puede ser cualquier rejilla. Eso significa que si existe cualquier rejilla de  $5 \times 5$ , con la curva cruzando al menos 14 casillas, o cruzando una o más casillas dos veces, puede decirse que la curva es una curva de enumeración de casillas.

La Figura 12 ilustra un ejemplo de cómo se calcula la dimensión de enumeración de casillas de una curva (1200). La curva ejemplar (1200) se coloca bajo una rejilla (1201) de  $5 \times 5$  (Figura 12, parte superior) y bajo una rejilla (1202) de  $10 \times 10$  (Figura 12, parte inferior). Como se ilustra, la curva (1200) toca  $N1 = 25$  casillas en la rejilla (1201) de  $5 \times 5$  y toca  $N2 = 78$  casillas en la rejilla (1202) de  $10 \times 10$ . En este caso, el tamaño de las casillas en la rejilla 2 de  $5 \times 5$  es el doble del tamaño de las casillas en la rejilla (1202) de  $10 \times 10$ . Aplicando la ecuación anterior, la dimensión de enumeración de casillas de la curva ejemplar (1200) puede calcularse como  $D = 1,6415$ . Además, se logra una miniaturización adicional en este ejemplo, porque la curva (1200) cruza más de 14 de las 25 casillas en la rejilla (1201), y también cruza al menos una casilla dos veces, es decir, al menos una casilla contiene dos segmentos no adyacentes de la curva. Más específicamente, la curva (1200) en el ejemplo ilustrado cruza dos veces en 13 casillas entre las 25 casillas.

Los términos explicados en lo precedente también pueden aplicarse a curvas que se extienden en tres dimensiones. Si la extensión en la tercera dimensión es algo pequeña, la curva cabrá en una disposición de  $n \times n \times 1$  casillas tridimensionales (cubos de tamaño  $L1 \times L1 \times L1$ ) en un plano. Entonces los cálculos pueden realizarse según lo descrito anteriormente. Aquí la segunda rejilla será una rejilla de  $2n \times 2n \times 1$  cuboides de tamaño  $L2 \times L2 \times L1$ .

Si la extensión en la tercera dimensión es mayor, se tendrán en cuenta una primera rejilla de  $n \times n \times n$  y una segunda rejilla de  $2n \times 2n \times 2n$ . Los principios de construcción para las rejillas relevantes, según lo explicado anteriormente para dos dimensiones, se aplican igualmente en tres dimensiones.

#### 45 **Sobre curvas de dimensión de rejilla**

En otros ejemplos adicionales, la formación de antenas, o uno o más de los elementos irradiadores de dicha formación de antenas, o una o más partes de la formación de antenas, pueden miniaturizarse modelando al menos una parte de la formación de antenas para incluir una curva de dimensión de rejilla. Para una geometría dada tendida sobre una superficie plana o curva, la dimensión de rejilla de la curva puede calcularse de la siguiente manera. Primero, se coloca una rejilla con celdas idénticas, esencialmente cuadradas, de tamaño  $L1$  sobre la geometría de la curva, de modo tal que la rejilla cubra completamente la geometría, y se cuenta el número de celdas  $N1$  que incluyen al menos un punto de la geometría. En segundo lugar, se coloca también una rejilla con celdas de tamaño  $L2$  (siendo  $L2$  más pequeño que  $L1$ ) sobre la geometría, de modo tal que la rejilla cubra completamente la geometría, y se cuenta nuevamente el número de celdas  $N2$

que incluyen al menos un punto de la geometría. La dimensión D de rejilla se calcula entonces como:

$$D = -\frac{\log(N2) - \log(N1)}{\log(L2) - \log(L1)}$$

A los fines de este documento, la dimensión de rejilla puede calcularse colocando las rejillas primera y segunda dentro del área rectangular mínima que circunda la curva de la antena y aplicando el algoritmo precedente. El área rectangular mínima es un área en la cual no hay ninguna fila o columna entera sobre el perímetro de la rejilla que no contenga ningún trozo de la curva.

La primera rejilla, por ejemplo, puede escogerse de modo tal que el área rectangular se entrame en una formación de al menos 25 celdas esencialmente iguales, preferiblemente cuadradas. La segunda rejilla, por ejemplo, puede escogerse de modo tal que cada celda de la primera rejilla se divida en 4 celdas iguales, a fin de que el tamaño de las nuevas celdas sea  $L2 = 1/2 L1$ , y la segunda rejilla incluya al menos 100 celdas.

Según el tamaño y la posición de los cuadrados de la rejilla, el número de cuadrados del rectángulo más pequeño puede variar. Un valor preferido del número de cuadrados es el menor número por encima de, o igual a, el límite inferior de 25 cuadrados idénticos que, dispuestos en una rejilla rectangular o cuadrada, cubran la curva o la parte relevante de la curva. Esto define el tamaño de los cuadrados. Otros límites inferiores preferidos aquí son 50, 100, 200, 250, 300, 400 o 500. La rejilla correspondiente a ese número, en general, se situará de modo tal que la curva toque el rectángulo mínimo en dos lados opuestos. La rejilla, en general, puede aún ser desplazada con respecto a la curva en una dirección paralela a los dos lados que tocan la curva. De tales rejillas distintas, se prefiere la del mínimo valor de D. También se prefiere la rejilla cuyo rectángulo mínimo es tocado por la curva en tres lados (véanse, como ejemplo, las Figuras 15a y 15b). Se prefiere aquí la que da el menor valor de D.

La dimensión de rejilla deseada para la curva puede seleccionarse para lograr una magnitud deseada de miniaturización. La dimensión de rejilla debería ser mayor que 1 a fin de lograr alguna reducción del tamaño de la antena. Si se desea un mayor grado de miniaturización, entonces puede seleccionarse una mayor dimensión de rejilla, tal como una dimensión de rejilla que oscile entre 1,5 a 3 (p. ej., en caso de estructuras volumétricas). En algunos ejemplos, puede desearse una curva con una dimensión de rejilla de alrededor de 2. A los fines de este documento de patente, una curva, o una curva donde al menos una parte de esa curva tiene una dimensión de rejilla mayor que 1, puede denominarse una curva de dimensión de rejilla. En algunos casos, una curva de dimensión de rejilla incluirá una dimensión D de rejilla mayor que 1,1, 1,2, 1,25, 1,3, 1,4, 1,5, 1,6, 1,7, 1,8, 1,9, 2,0, 2,1, 2,2, 2,3, 2,4, 2,5, 2,6, 2,7, 2,8 o 2,9.

En general, para una frecuencia resonante dada de la antena, cuanto mayor sea la dimensión de rejilla, mayor será el grado de miniaturización que será logrado por la antena.

Una forma ejemplar de mejorar las capacidades de miniaturización de la antena es disponer los diversos segmentos de la curva del patrón de antena de modo tal que la curva interseque al menos un punto de al menos el 50% de las celdas de la primera rejilla, con al menos 25 celdas (preferiblemente cuadradas) circundando la curva. En otro ejemplo, puede lograrse un alto grado de miniaturización disponiendo la antena de modo tal que la curva cruce al menos una de las celdas dos veces dentro de la rejilla de 25 celdas (preferiblemente, de cuadrados), es decir, que la curva incluya dos partes no adyacentes dentro de al menos una de las celdas de la rejilla. En general, la rejilla puede tener solamente una línea de celdas, pero también puede tener al menos 2 o 3 o 4 columnas o filas de celdas.

La Figura 16 muestra una antena bidimensional ejemplar que forma una curva de dimensión de rejilla, con una dimensión de rejilla de aproximadamente dos. La Figura 17 muestra la antena de la Figura 16 encerrada en una primera rejilla con treinta y dos (32) celdas cuadradas, cada una con longitud L1. La Figura 18 muestra la misma antena encerrada en una segunda rejilla con ciento veintiocho (128) celdas cuadradas, cada una con longitud L2. La longitud (L1) de cada celda cuadrada en la primera rejilla es el doble de la longitud (L2) de cada celda cuadrada en la segunda rejilla ( $L1 = 2 \times L2$ ). Un examen de la Figura 17 y de la Figura 18 revela que al menos una parte de la antena está encerrada dentro de cada celda cuadrada en ambas rejillas primera y segunda. Por lo tanto, el valor de N1 en la ecuación anterior de la dimensión de rejilla ( $D_g$ ) es treinta y dos (32) (es decir, el número total de celdas en la primera rejilla), y el valor de N2 es ciento veintiocho (128) (es decir, el número total de celdas en la segunda rejilla). Usando la ecuación anterior, la dimensión de rejilla de la antena puede calcularse de la siguiente manera:

$$D_g = -\frac{\log(128) - \log(32)}{\log(2 \times L1) - \log(L1)} = 2$$

Para un cálculo más preciso de la dimensión de rejilla, puede aumentarse el número de celdas cuadradas hasta una cantidad máxima. El máximo número de celdas en una rejilla depende de la resolución de la curva. Según el número de celdas se aproxima al máximo, el cálculo de la dimensión de rejilla se torna más preciso. Si se selecciona una rejilla con más del máximo número de celdas, sin embargo, entonces la precisión del cálculo de la dimensión de rejilla comienza a disminuir. Habitualmente, el máximo número de celdas en una rejilla es mil (1.000).

Por ejemplo, la Figura 19 muestra la misma antena que la de la Figura 16 encerrada en una tercera rejilla con quinientas doce (512) celdas cuadradas, cada una con una longitud L3. La longitud (L3) de las celdas en la tercera rejilla es la mitad de la longitud (L2) de las celdas en la segunda rejilla, mostrada en la Figura 18. Como se ha observado anteriormente, una parte de la antena está encerrada dentro de cada celda cuadrada en la segunda rejilla, y por tanto el valor de N para la segunda rejilla es ciento veintiocho (128). Un examen de la Figura 19, sin embargo, revela que la antena está encerrada dentro de solamente quinientas nueve (509) de las quinientas doce (512) celdas de la tercera rejilla. Por lo tanto, el valor de N para la tercera rejilla es quinientos nueve (509). Usando la Figura 18 y la Figura 19, puede calcularse un valor más preciso para la dimensión (D<sub>g</sub>) de rejilla de la antena de la siguiente manera:

$$D_g = - \frac{\log(509) - \log(128)}{\log(2 \times L2) - \log(L2)} \approx 1.9915$$

Debería entenderse que una curva de dimensión de rejilla no necesita incluir ningún segmento recto. Además, algunas curvas de dimensión de rejilla podrían aproximarse a curvas autosimilares o autoafines, mientras que otras, en cambio, se harían disímiles, es decir, sin exhibir autosimilaridad ni autoafinidad en absoluto (véase, por ejemplo, la Figura 16).

Los términos explicados anteriormente también pueden aplicarse a curvas que se extienden en tres dimensiones. Si la extensión en la tercera dimensión es algo pequeña, la curva cabrá en una disposición de casillas tridimensionales (cubos) en un plano. Entonces los cálculos pueden realizarse según lo descrito anteriormente. Aquí la segunda rejilla se compondrá, en el mismo plano, de casillas con el tamaño L2 x L2 x L1.

Si la extensión en la tercera dimensión es mayor, se tendrán en cuenta una primera rejilla de m x n x o y una segunda rejilla de 2m x 2n x 2o. Los principios de construcción para las rejillas relevantes, según lo explicado anteriormente para dos dimensiones, se aplican igualmente en tres dimensiones. Aquí el número mínimo de celdas, preferiblemente, es 25, 50, 100, 125, 250, 400, 500, 1.000, 1.500, 2.000, 3.000, 4.000 o 5.000.

**Sobre estructuras multinivel**

En otro ejemplo, al menos una parte de la formación de antenas puede acoplarse, bien mediante contacto directo o bien por acoplamiento electromagnético, con una superficie conductora, tal como una superficie conductora poligonal o multinivel. Además, la formación de antenas, o uno o más de los elementos irradiadores de dicha formación de antenas, o una o más partes de la formación de antenas, pueden incluir la forma de una estructura multinivel. Una estructura multinivel se forma reuniendo varios elementos geométricos tales como polígonos o poliedros del mismo tipo o de distinto tipo (p. ej., triángulos, paralelepípedos, pentágonos, hexágonos, círculos o elipses como casos limitadores especiales de un polígono con un gran número de lados, así como tetraedros, hexaedros, prismas, dodecaedros, etc.) y acoplando estas estructuras entre sí electromagnéticamente, ya sea por proximidad o por contacto directo entre los elementos.

Al menos dos de los elementos pueden tener un tamaño distinto. Sin embargo, también pueden tener todos los elementos el mismo, o aproximadamente el mismo, tamaño. El tamaño de los elementos de tipo distinto puede compararse comparando su mayor diámetro.

La mayoría de los elementos componentes de una estructura multinivel tienen más del 50% de su perímetro (para los polígonos) o de su superficie (para los poliedros) no en contacto con ninguno de los otros elementos de la estructura. En algunos ejemplos, dicha mayoría de elementos componentes comprendería al menos el 50%, 55%, 60%, 65%, 70% o 75% de los elementos geométricos de la estructura multinivel. Así, los elementos componentes de una estructura multinivel pueden habitualmente identificarse y distinguirse, presentando al menos dos niveles de detalle: el de la estructura global y el de los elementos poligonales o poliédricos que la forman. Adicionalmente, varias estructuras multinivel pueden agruparse y acoplarse electromagnéticamente entre sí para formar estructuras de mayor nivel. En una única estructura multinivel, todos los elementos componentes son polígonos con el mismo número de lados o son poliedros con el mismo número de caras. Sin embargo, esta característica puede no ser cierta si varias estructuras multinivel de distintas naturalezas se agrupan y se acoplan electromagnéticamente para formar metaestructuras de un nivel superior.

Una antena multinivel incluye al menos dos niveles de detalle en el cuerpo de la antena: el de la estructura global y el de la mayoría de los elementos (polígonos o poliedros) que la componen. Esto puede lograrse asegurando que el área de contacto o intersección (si existe) entre la mayoría de los elementos que forman la antena sea solamente una fracción del

perímetro o área circundante de dichos polígonos o poliedros.

5 Una propiedad ejemplar de una antena multinivel es que el comportamiento radioeléctrico de la antena puede ser similar en más de una banda de frecuencia. Los parámetros de entrada de la antena (p. ej., la impedancia) y los patrones de irradiación se mantienen esencialmente similares para varias bandas de frecuencia (es decir, la antena tiene el mismo nivel de coincidencia de impedancia o de relación de onda permanente en cada banda distinta) y a menudo la antena presenta diagramas de irradiación casi idénticos en distintas frecuencias. El número de bandas de frecuencia es proporcional al número de escalas o tamaños de los elementos poligonales o conjuntos similares en los cuales se agrupan, contenidos en la geometría del principal elemento irradiador.

10 Además de su comportamiento multibanda, las antenas de estructura multinivel pueden tener un tamaño más pequeño de lo usual, en comparación con otras antenas de una estructura más sencilla (tales como las que consisten en un único polígono o poliedro). Adicionalmente, la estructura rica en bordes y rica en discontinuidades de una antena multinivel puede mejorar el proceso de irradiación, aumentando relativamente la resistencia de irradiación de la antena y / o reduciendo el factor Q de calidad (p. ej., aumentando su ancho de banda).

15 Una estructura de antena multinivel puede usarse en muchas configuraciones de antena, tales como dipolos, unipolos, antenas de parche o microfranja, antenas coplanares, antenas reflectoras, antenas de abertura, formaciones de antenas u otras configuraciones de antenas. Además, las estructuras de antena multinivel pueden formarse usando muchas técnicas de fabricación, tales como la impresión sobre un sustrato dieléctrico mediante fotolitografía (técnica de circuitos impresos); el teñido sobre placa de metal, la repulsión sobre dieléctrico, u otras.

20 La invención, obviamente, no está limitada a la(s) realización(es) específica(s) descrita(s) aquí, sino que también abarca todas las variaciones que puedan ser consideradas por cualquier persona experta en la técnica (por ejemplo, en lo que respecta a la elección de materiales, dimensiones, componentes, configuración, etc.), dentro del alcance general de la invención, según lo definido en las reivindicaciones.

25

REIVINDICACIONES

1. Una formación (100) de antenas de triple banda para estaciones base celulares, funcionando dicha formación de antenas en una primera banda de frecuencia, en una segunda banda de frecuencia y en una tercera banda de frecuencia, en la cual dichas bandas de frecuencia primera y segunda están dentro de una primera gama de frecuencias entre 1.700 MHz y 2.170 MHz, y en la cual dicha tercera banda de frecuencia está dentro de una segunda gama de frecuencias entre 700 MHz y 1.000 MHz;
- 5 comprendiendo dicha formación de antenas:
- un primer conjunto de elementos irradiadores (101) que funcionan en dicha primera banda de frecuencia,
  - un segundo conjunto de elementos irradiadores (102) que funcionan en dicha segunda banda de frecuencia,
  - 10 - un tercer conjunto de elementos irradiadores (103) que funcionan tanto en dicha tercera banda de frecuencia como en dicha primera banda de frecuencia,
  - y un cuarto conjunto de elementos irradiadores (104) que funcionan tanto en dicha tercera banda de frecuencia como en dicha segunda banda de frecuencia;
- 15 en la que al menos algunos de los elementos irradiadores de dicho primer conjunto (101) están entrelazados con al menos algunos de los elementos irradiadores de dicho tercer conjunto (103), y en al menos algunos de los elementos irradiadores de dicho segundo conjunto (102) están entrelazados con al menos algunos de los elementos irradiadores de dicho cuarto conjunto (104),
- caracterizada porque** la combinación exclusiva de dicho primer conjunto de elementos irradiadores (101) con dicho tercer conjunto de elementos irradiadores (103) proporciona dicha primera banda de frecuencia, la combinación exclusiva de dicho segundo conjunto de elementos irradiadores (102) con dicho cuarto conjunto de elementos irradiadores (104) proporciona dicha segunda banda de frecuencia, y la combinación exclusiva de dicho tercer conjunto de elementos irradiadores (103) con dicho cuarto conjunto de elementos irradiadores (104) proporciona dicha tercera banda de frecuencia.
- 20
2. Una formación de antenas de triple banda según la reivindicación 1, en la cual la razón entre dicha segunda banda de frecuencia y dicha primera banda de frecuencia es menor que una razón máxima seleccionada entre el grupo de razones máximas que comprende 1,18, 1,28, 1,38, 1,48 y 1,58;
- 25 en la que la razón entre dicha primera banda de frecuencia y dicha tercera banda de frecuencia es mayor que una razón mínima seleccionada entre el grupo de razones mínimas que comprende 1,3, 1,4, 1,5, 1,6 y 1,7;
- y en la que la razón entre dicha segunda banda de frecuencia y dicha tercera banda de frecuencia es mayor que una razón mínima seleccionada entre el grupo de razones mínimas que comprende 1,3, 1,4, 1,5, 1,6 y 1,7.
- 30
3. Una formación de antenas de triple banda según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la cual dicha primera banda de frecuencia y dicha segunda banda de frecuencia incluyen, cada una, dos, tres o más servicios celulares o inalámbricos y en la cual, preferiblemente, dichos servicios celulares o inalámbricos incluidos en dicha primera banda de frecuencia y / o dicha segunda banda de frecuencia comprenden al menos uno entre los servicios de GSM1800, PCS o UMTS.
- 35
4. Una formación de antenas de triple banda según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la cual al menos algunos elementos irradiadores de la formación (100) de antenas están tanto en dicho tercer conjunto (103) como en dicho cuarto conjunto (104).
5. Una formación de antenas de triple banda según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la cual uno entre dicho tercer conjunto (103) o dicho cuarto conjunto (104) no comprende ningún elemento irradiador.
- 40
6. Una formación de antenas de triple banda según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la cual los elementos irradiadores de la formación (100) de antenas están esencialmente alineados con respecto a un eje vertical y / o en la cual la separación vertical entre dos elementos irradiadores adyacentes es preferiblemente menor que 1, 0,9 o 0,8 veces la longitud de onda en la mayor frecuencia de operación de la formación de antenas;
- y en la cual dicha separación vertical es constante por toda la formación de antenas, o distinta para distintos pares de elementos irradiadores.
- 45
7. Una formación de antenas de triple banda según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la cual los elementos irradiadores de dicho tercer conjunto (103) y los de dicho cuarto conjunto (104) están esencialmente sobre el eje vertical

central de dicha formación (100) de antenas y / o

en la cual al menos un par de elementos irradiadores adyacentes verticalmente separados pertenecen al mismo conjunto de elementos irradiadores y / o

5 en la cual el número de elementos irradiadores en cada uno de dichos conjuntos primero, segundo, tercero y cuarto de elementos irradiadores (101, 102, 103, 104) es el mismo, o distinto para al menos dos de dichos conjuntos.

8. Una formación de antenas de triple banda según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la cual los elementos irradiadores de dicho primer conjunto (101) y / o los elementos irradiadores de dicho segundo conjunto (102) son antenas de parche.

10 9. Una formación de antenas de triple banda según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la cual los elementos irradiadores de dicho primer conjunto (101) y / o los elementos irradiadores de dicho segundo conjunto (102) son elementos irradiadores (200, 230, 260) alimentados, bien por contacto directo o bien mediante acoplamiento capacitivo, en cuatro puntos (203, 233) de alimentación, siendo dos de los cuatro puntos (203, 233) de alimentación para una polarización dada, y siendo los otros dos puntos de alimentación para otra polarización, esencialmente ortogonal a la anterior, y en donde los dos puntos (203, 233) de alimentación correspondientes a una misma polarización se combinan por medio de un divisor, de modo tal que los elementos irradiadores resultantes (200, 230, 260) presenten dos puertos de alimentación.

15 10. Una formación de antenas de triple banda según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la cual los elementos irradiadores del tercer conjunto (103) y los del cuarto conjunto (104) son elementos irradiadores (300, 400, 420, 440, 460) capaces de funcionar en dos bandas de frecuencia distintas que comprenden una primera parte (301, 401, 421, 441, 461) y una segunda parte (302, 402, 422, 442, 462),

en la cual los elementos irradiadores (300, 400, 420, 440, 460) se excitan en ocho puntos de alimentación, excitándose la primera parte de los elementos irradiadores (301, 401, 421, 441, 461) con cuatro puntos de alimentación, y excitándose la segunda parte de los elementos irradiadores (302, 402, 422, 442, 462) independientemente con otros cuatro puntos de alimentación,

20 y en la cual los puntos de alimentación se combinan por medio de un divisor para obtener elementos irradiadores de polarización dual de cuatro puertos.

11. Una formación de antenas de triple banda según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la cual uno o más de los elementos irradiadores de dicha formación de antenas están formados como una curva rellena de espacio, una curva de enumeración de casillas, una curva de dimensión de rejilla y / o una estructura multinivel.

30 12. Una estación base menuda de triple banda para servicios móviles / celulares que incluye una parte irradiadora, comprendiendo dicha parte irradiadora:

- dos, tres, cuatro, cinco o seis formaciones (1001, 1001', 1001'') de antenas según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, estando dichas formaciones (1001, 1001', 1001'') de antenas radialmente separadas de un eje central (1003) de la estructura de dicha estación base menuda de triple banda;

35 - una cúpula (1000) de radar esencialmente cilíndrica que aloja dichas formaciones (1001, 1001', 1001'') de antenas y que está preferiblemente hecha de un material dieléctrico;

- y un soporte central alineado con respecto a dicho eje (1003);

40 en la cual dichas formaciones (1001, 1001', 1001'') de antenas están montadas sobre dicho soporte central a una distancia seleccionada y son esencialmente paralelas a dicho eje central (1003); y en la cual cada formación (1001, 1001', 1001'') de antenas está respectivamente colocada longitudinalmente dentro de un sector angular (1002, 1002', 1002'') definido alrededor de dicho eje central (1003).

13. Una estación base menuda de triple banda según la reivindicación 12, en la cual una separación angular (A) se introduce entre dichas formaciones de antenas;

45 y en la cual dicha parte irradiadora comprende adicionalmente una característica mecánica para guiar la dirección del eje óptico horizontal de dichas formaciones de antenas, independientemente en cada sector, y / o

en la cual dicha estación base incluye adicionalmente una torre construida como una estructura modular, apilando o ensamblando secciones de construcción;

y en la cual dicha estructura modular comprende un mecanismo para introducir el plegado, doblado, retracción y / o elevación de dicha estructura modular.

14. Una estación base menuda de triple banda según la reivindicación 12 o 13, en la cual dicha parte irradiadora comprende tres formaciones (1001, 1001', 1001'') de antenas que forman una estación base de tres sectores;

5 y en la cual el diámetro de la circunferencia de dicha cúpula (1000) de radar esencialmente cilíndrica es menor que 1,75 veces, o 1,65 veces, o 1,60 veces, o 1,55 veces, o incluso 1,45 veces la longitud de onda en la mayor frecuencia de la menor banda operativa de dichas formaciones de antenas.

10 15. Un procedimiento para reducir el impacto ambiental y visual de una red de estaciones base celulares o inalámbricas, que comprende las etapas de combinar una o más de las formaciones de antenas de triple banda de ancho y espesor estrechos de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 en una cúpula de radar esencialmente cilíndrica, teniendo dicha cúpula de radar cilíndrica un diámetro menor que un diámetro máximo seleccionado entre el grupo de diámetros máximos que incluye 1,75, 1,70, 1,65 y 1,60 veces la longitud de onda en la mayor frecuencia de la menor banda de frecuencia de dicha formación de antenas.



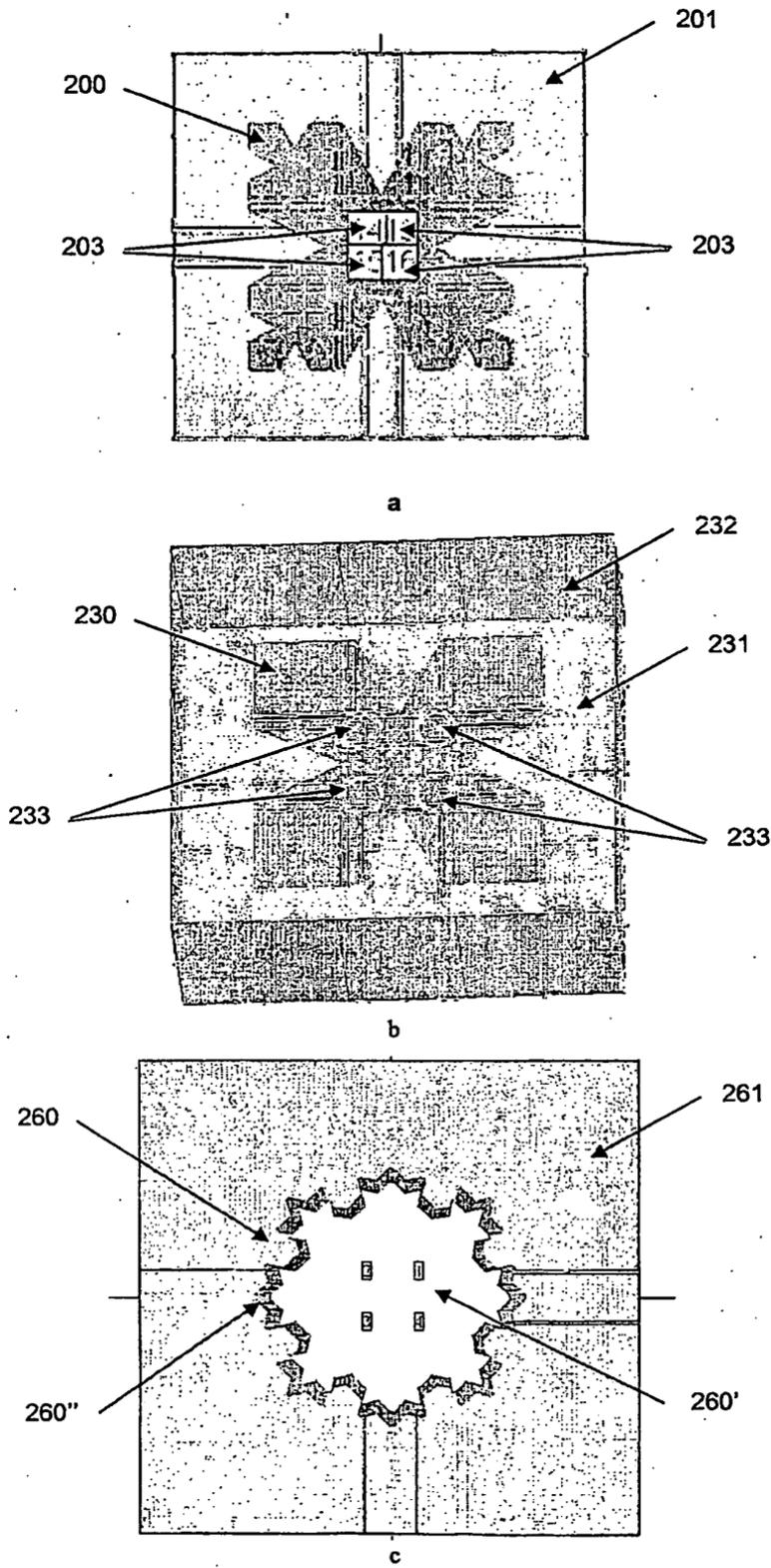


Fig. 2

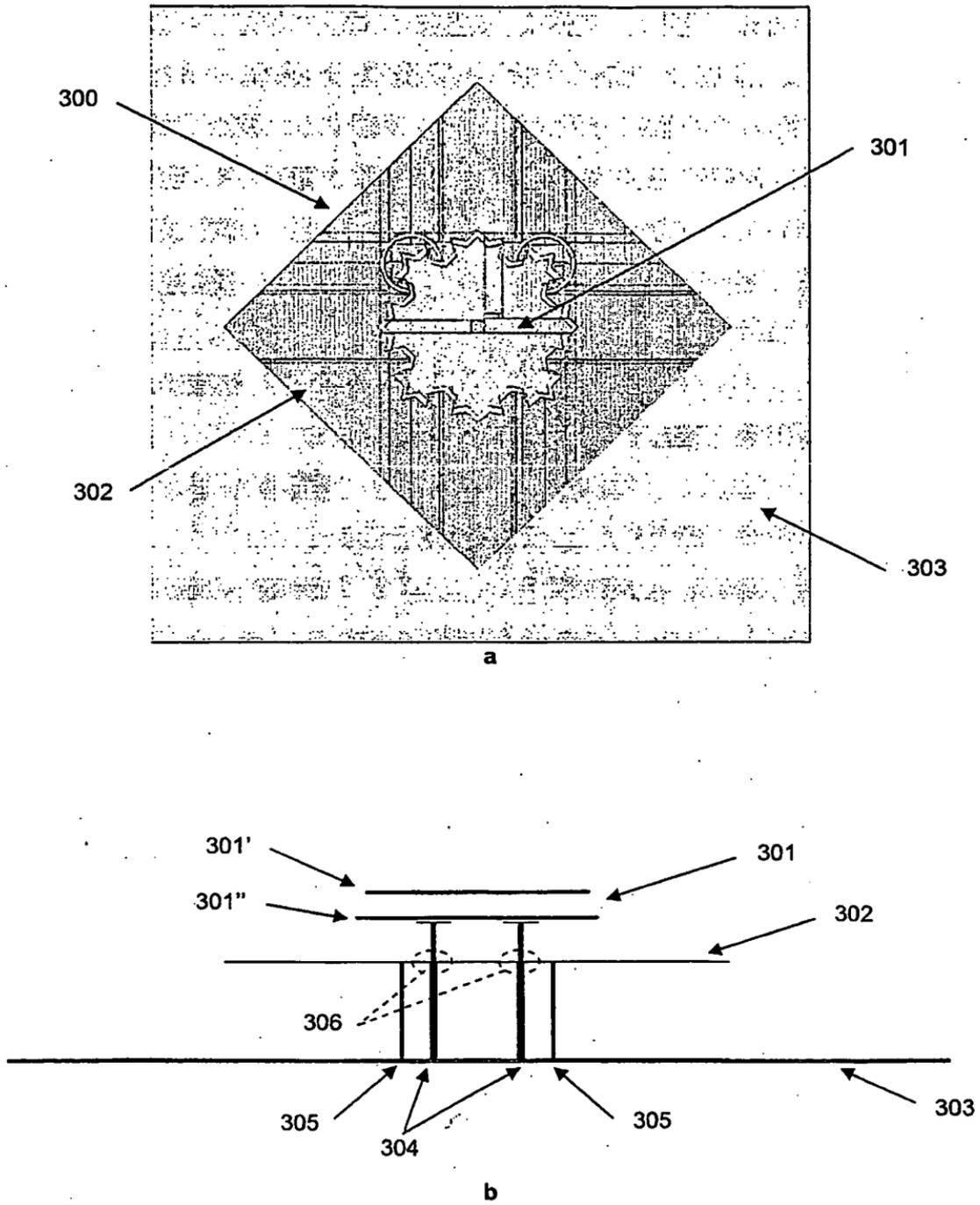


Fig. 3

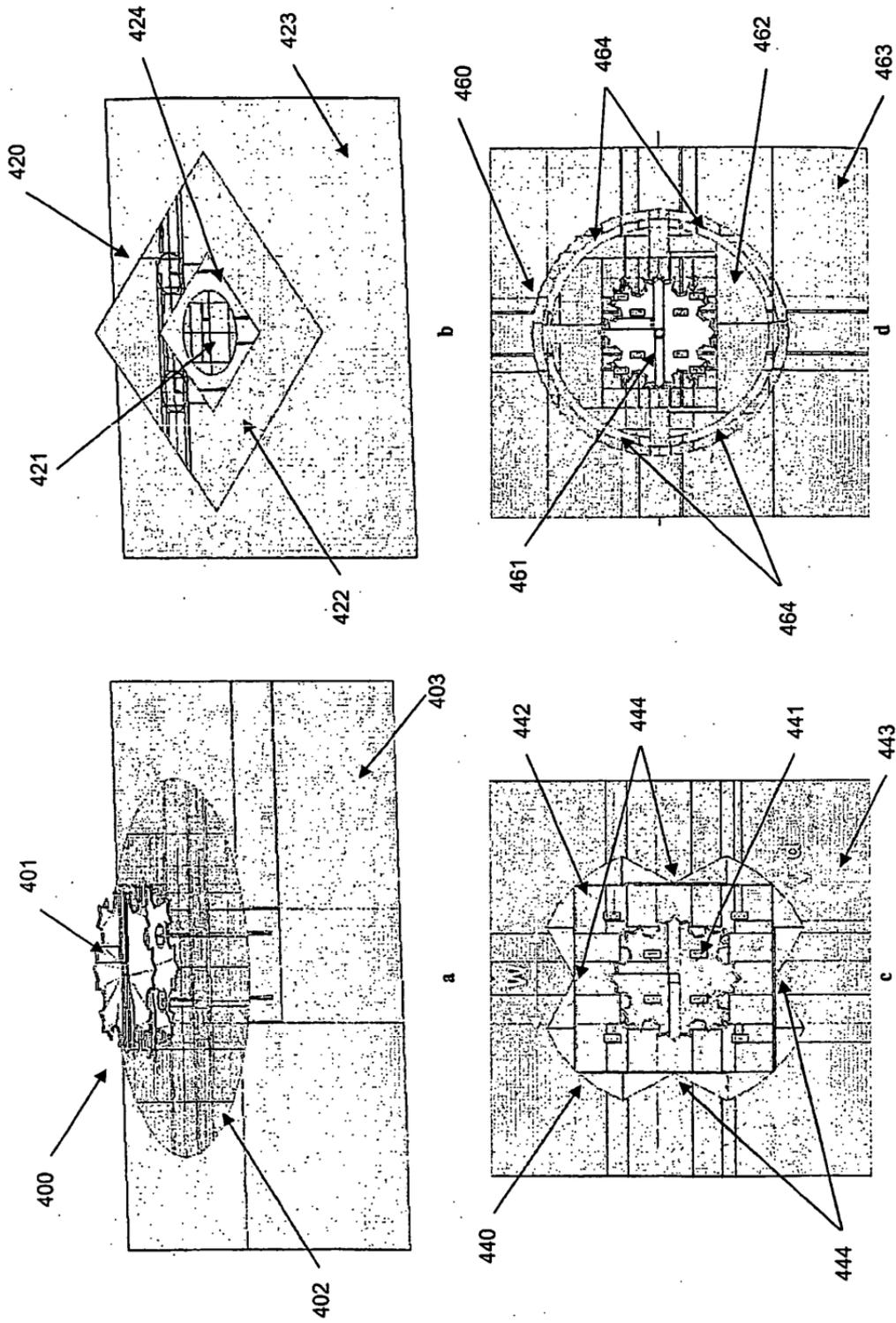
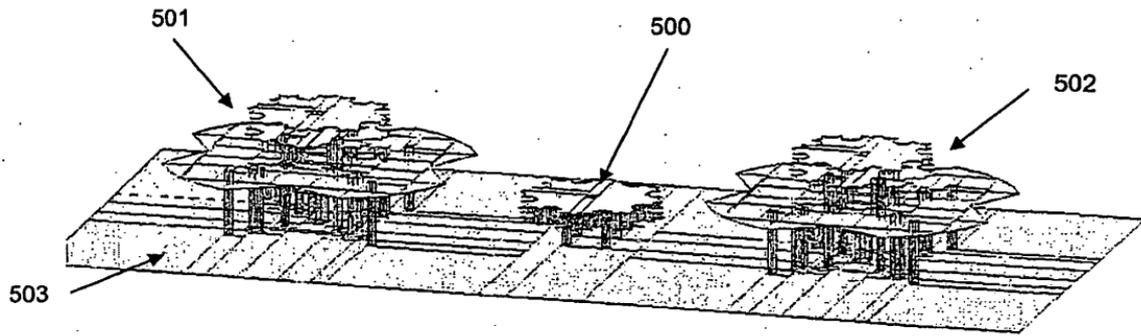
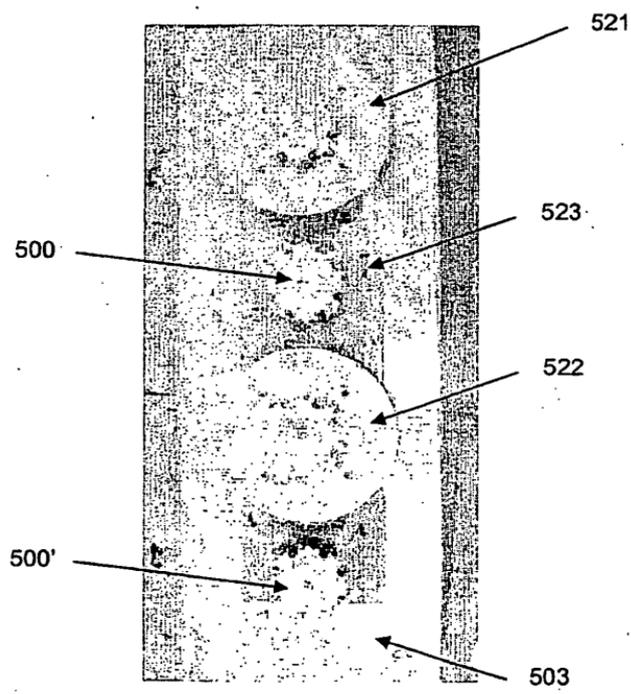


Fig. 4



a



b

Fig. 5

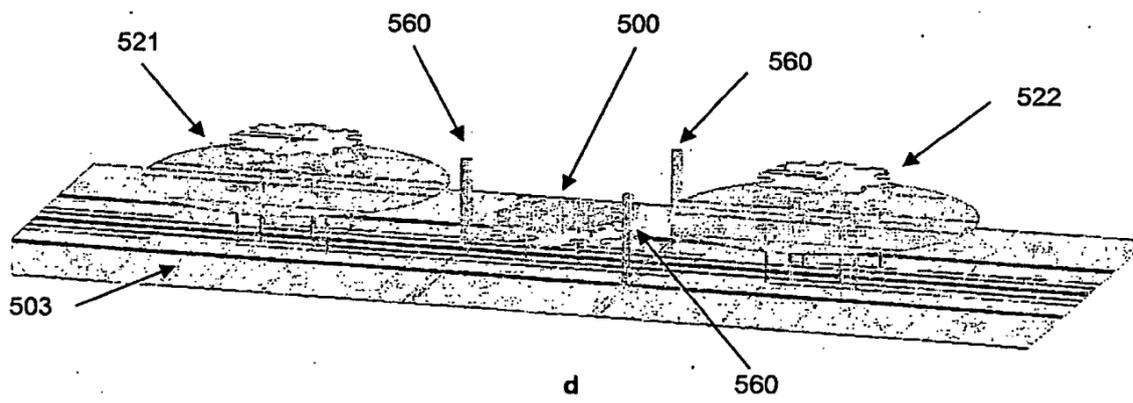
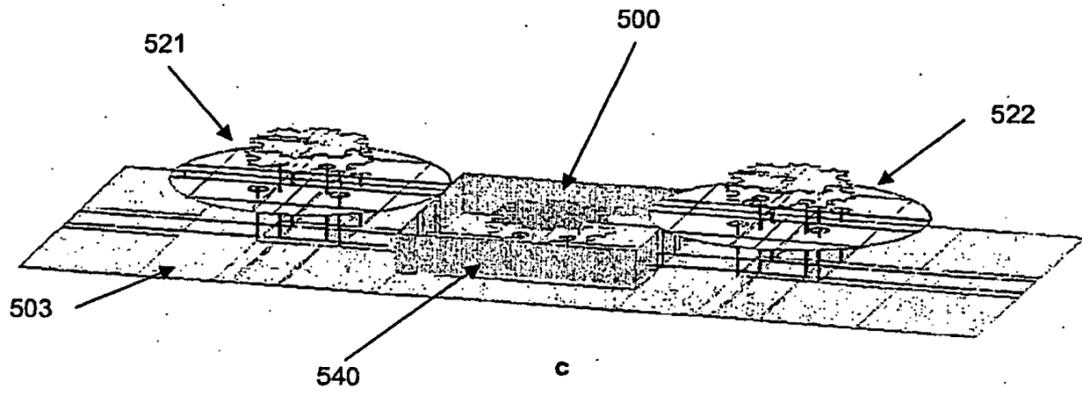


Fig. 5 (continuación)

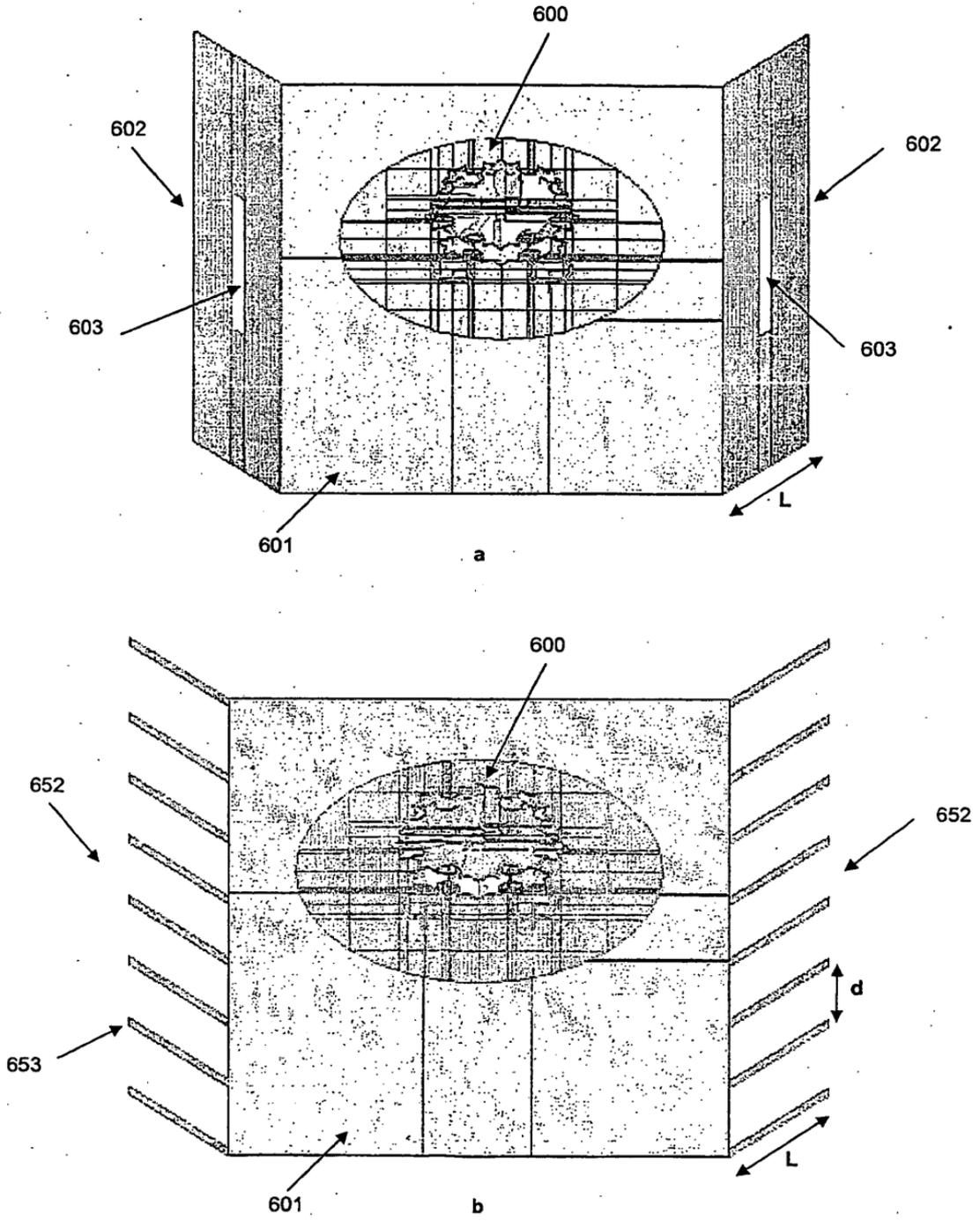


Fig. 6

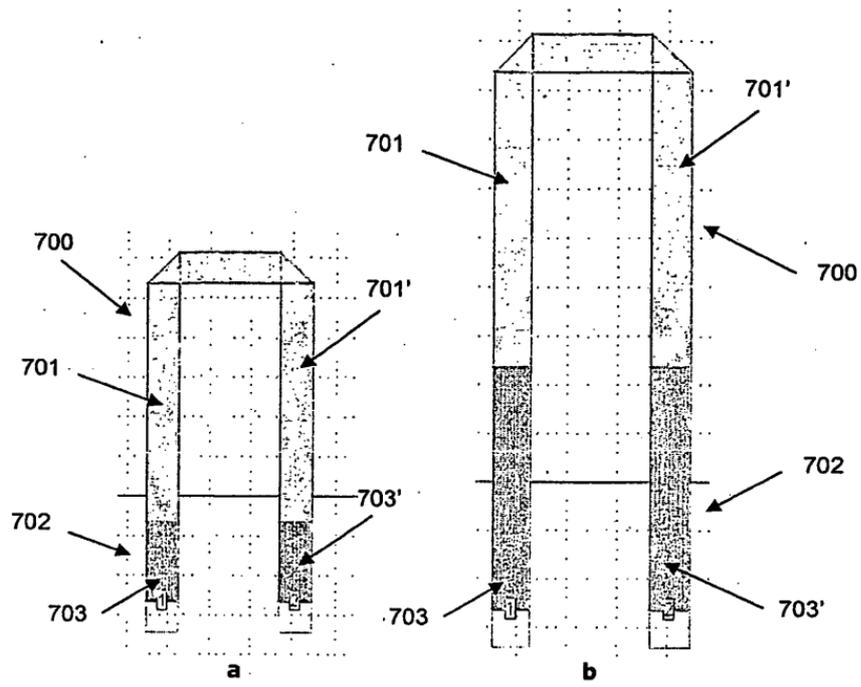


Fig. 7

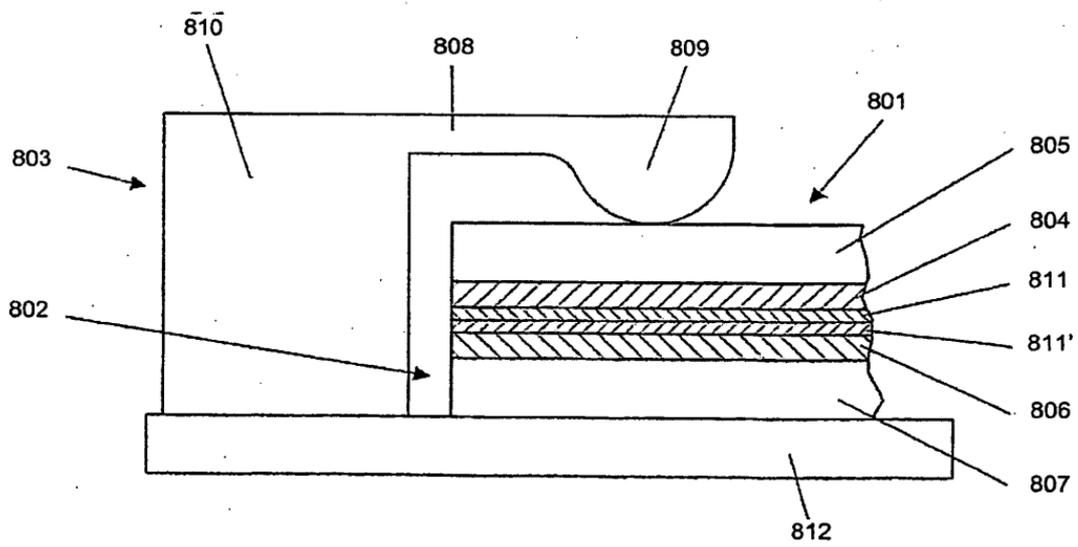


Fig. 8

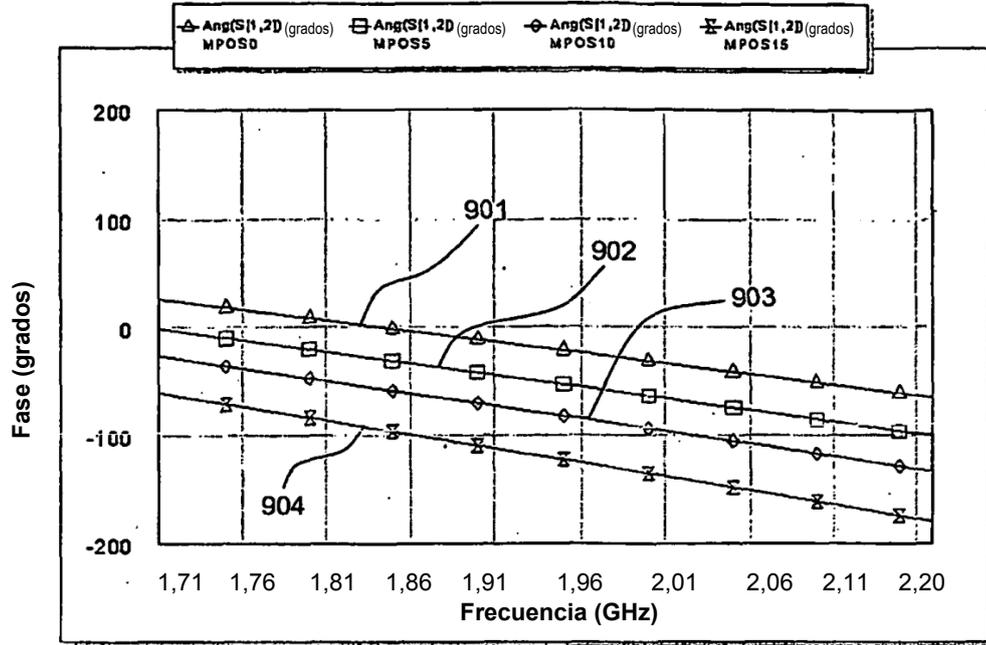
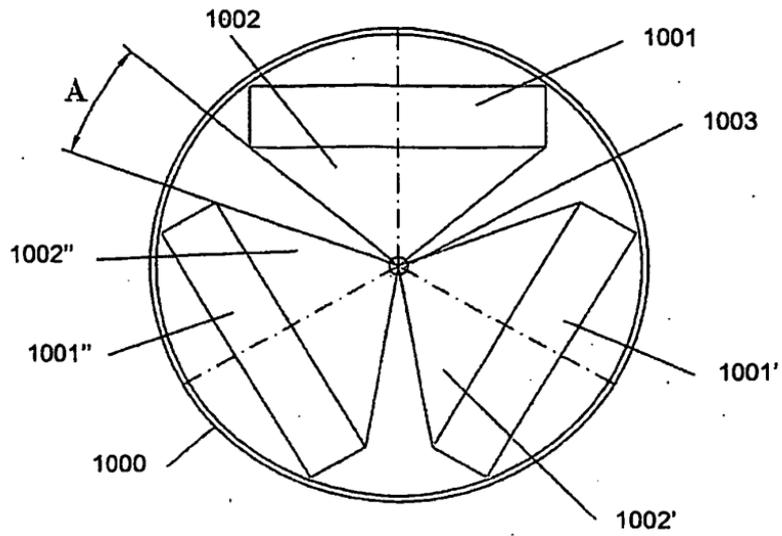
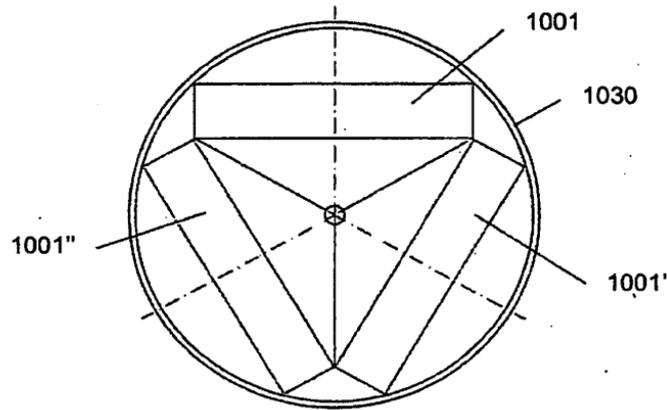


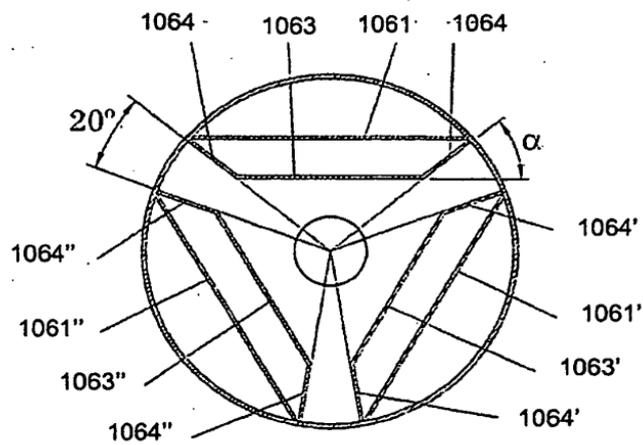
Fig. 9



a



b



c

Fig. 10

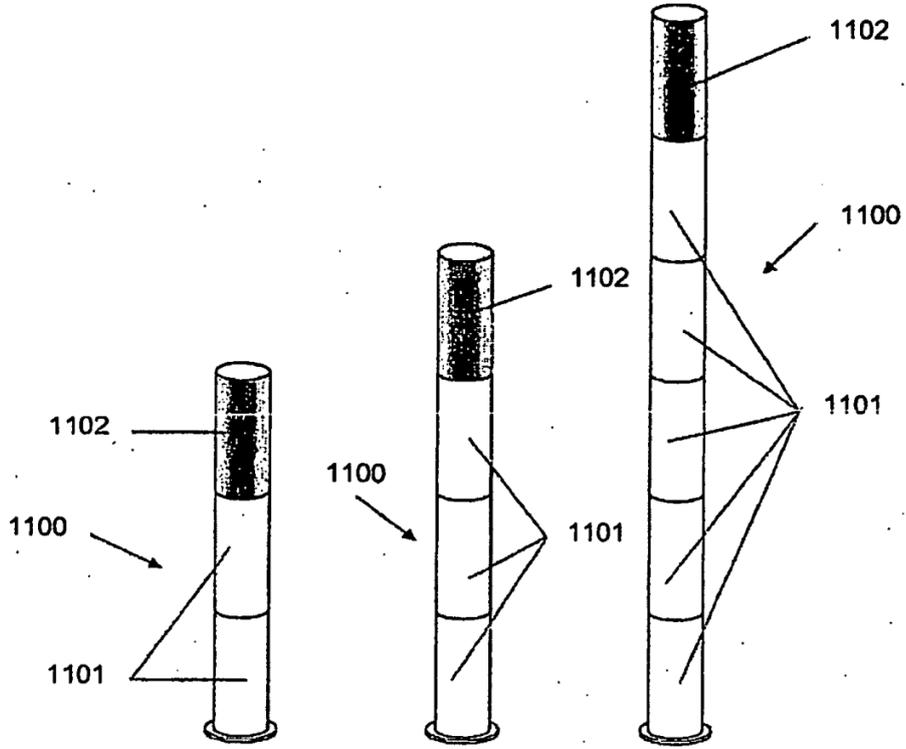


Fig. 11

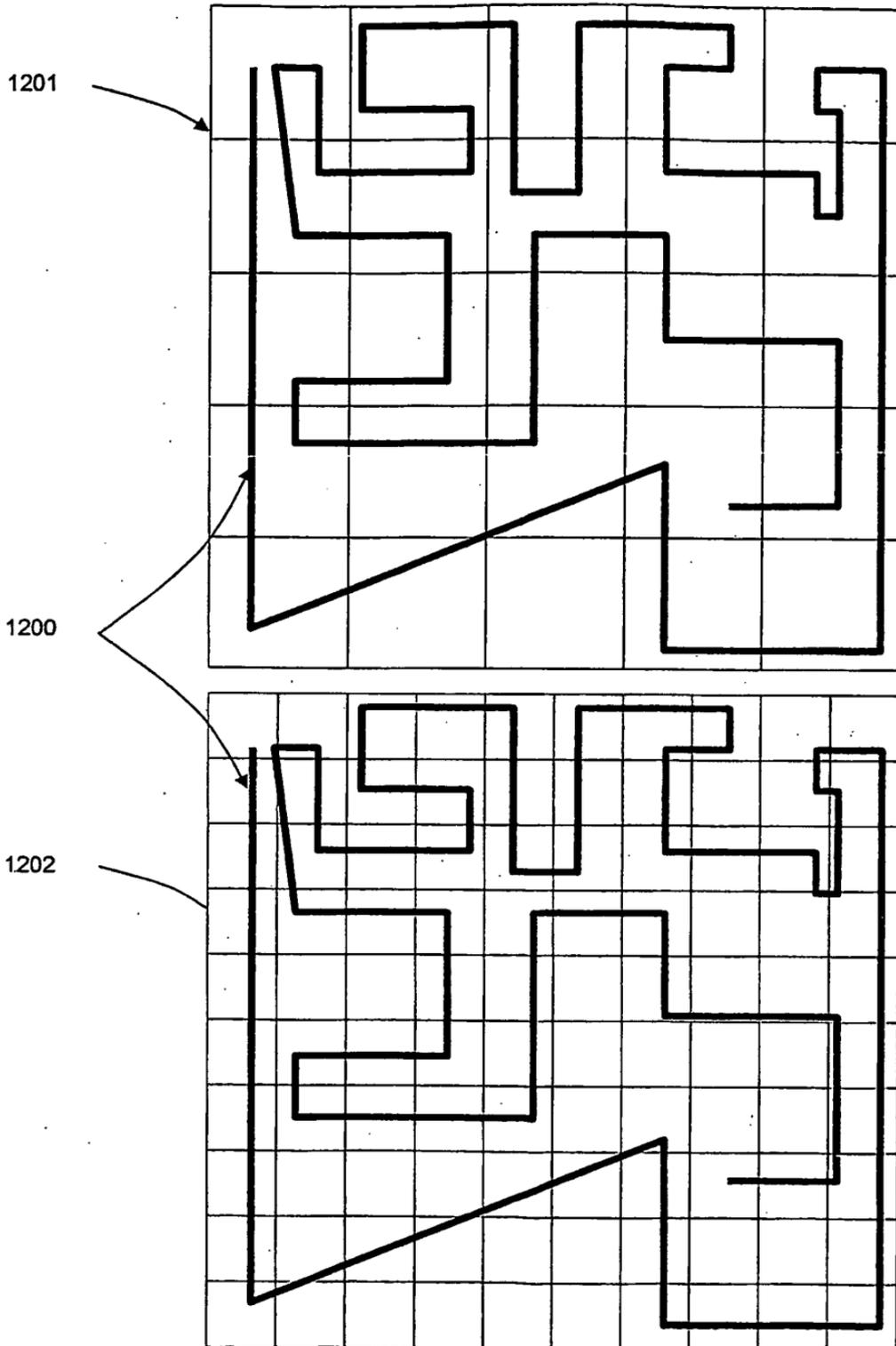


Fig. 12

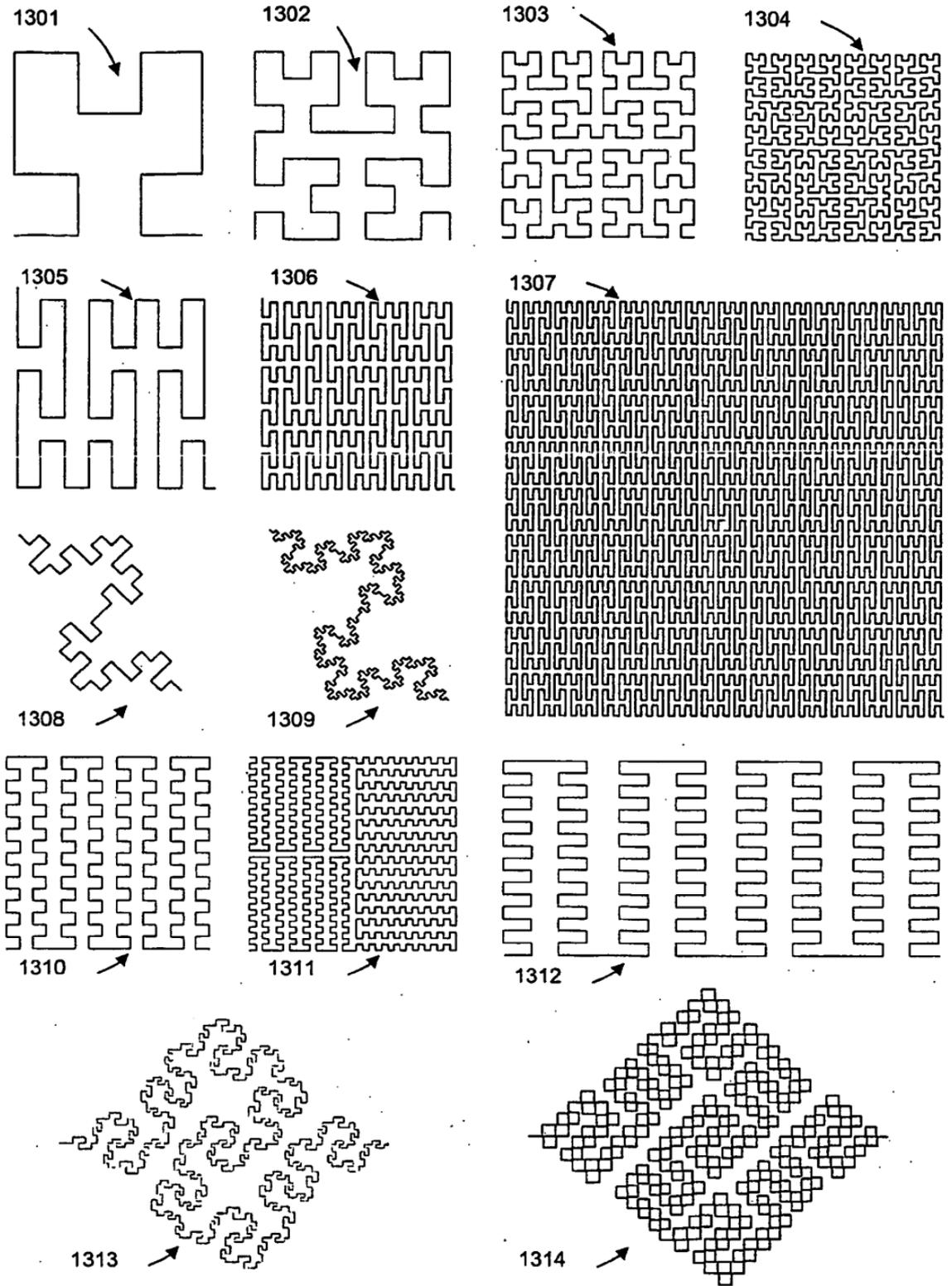


Fig. 13

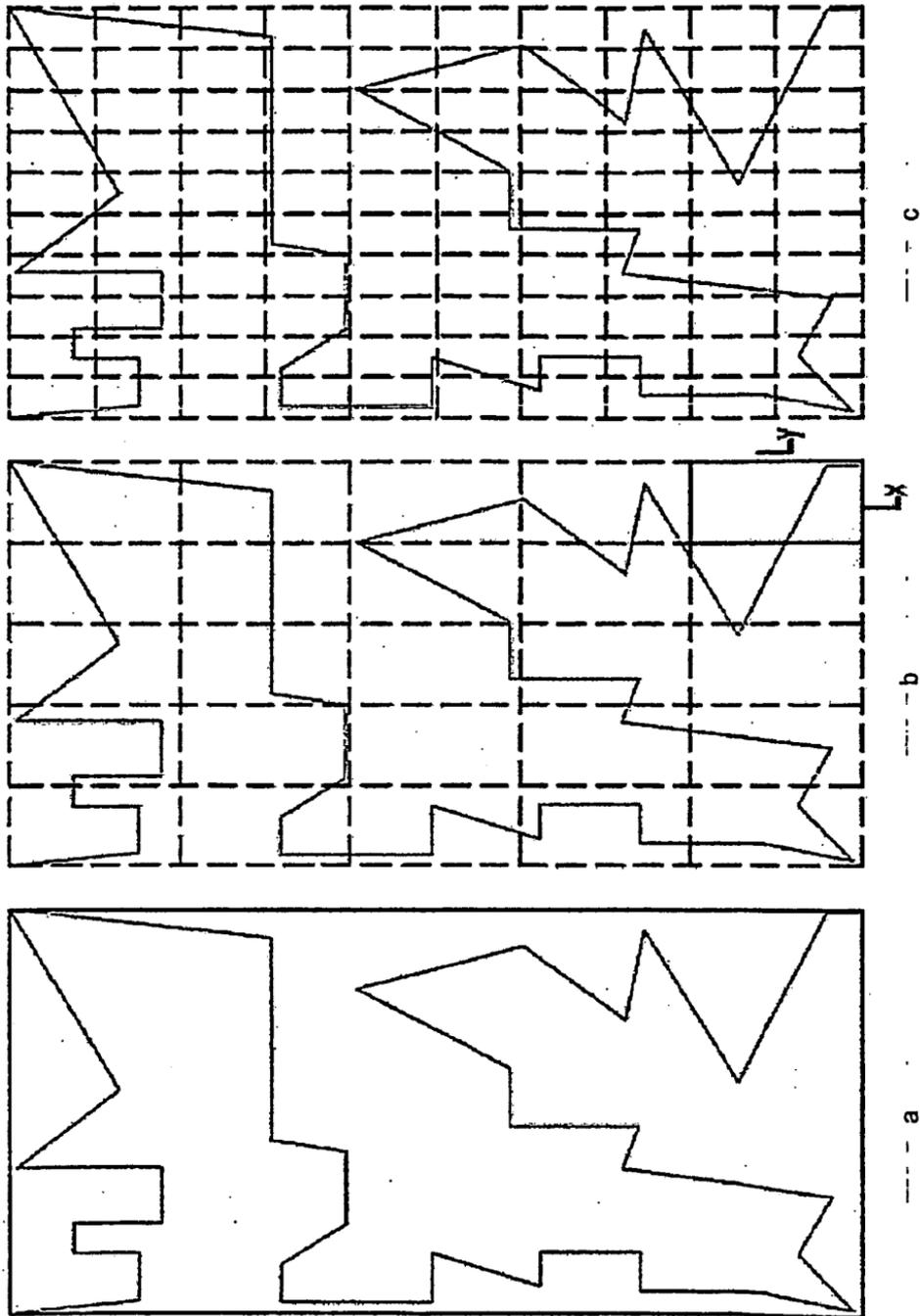
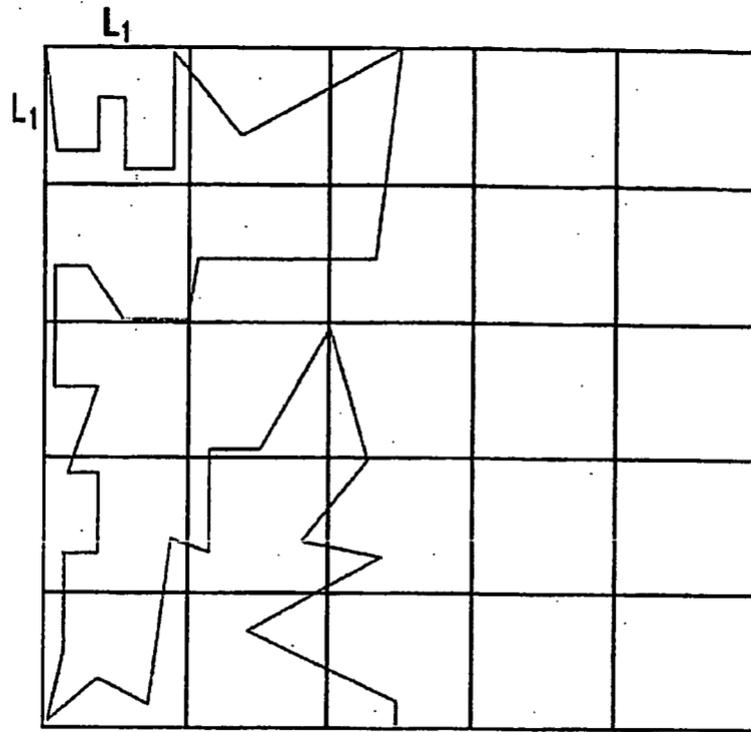
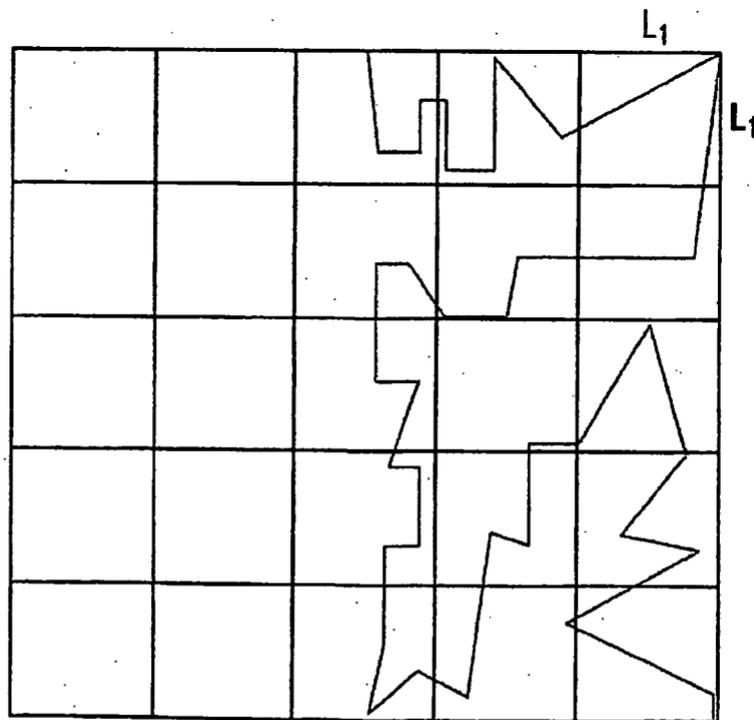


Fig. 14



a



b

Fig. 15

1600

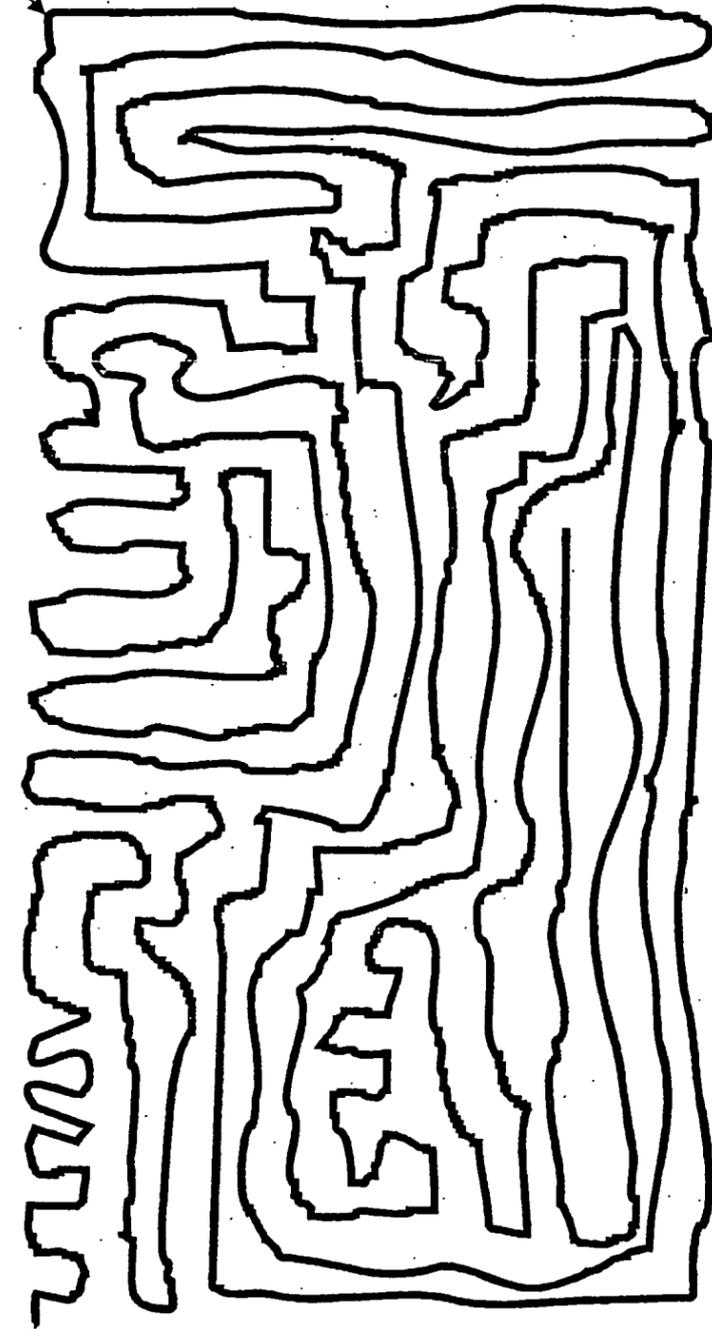


Fig. 16

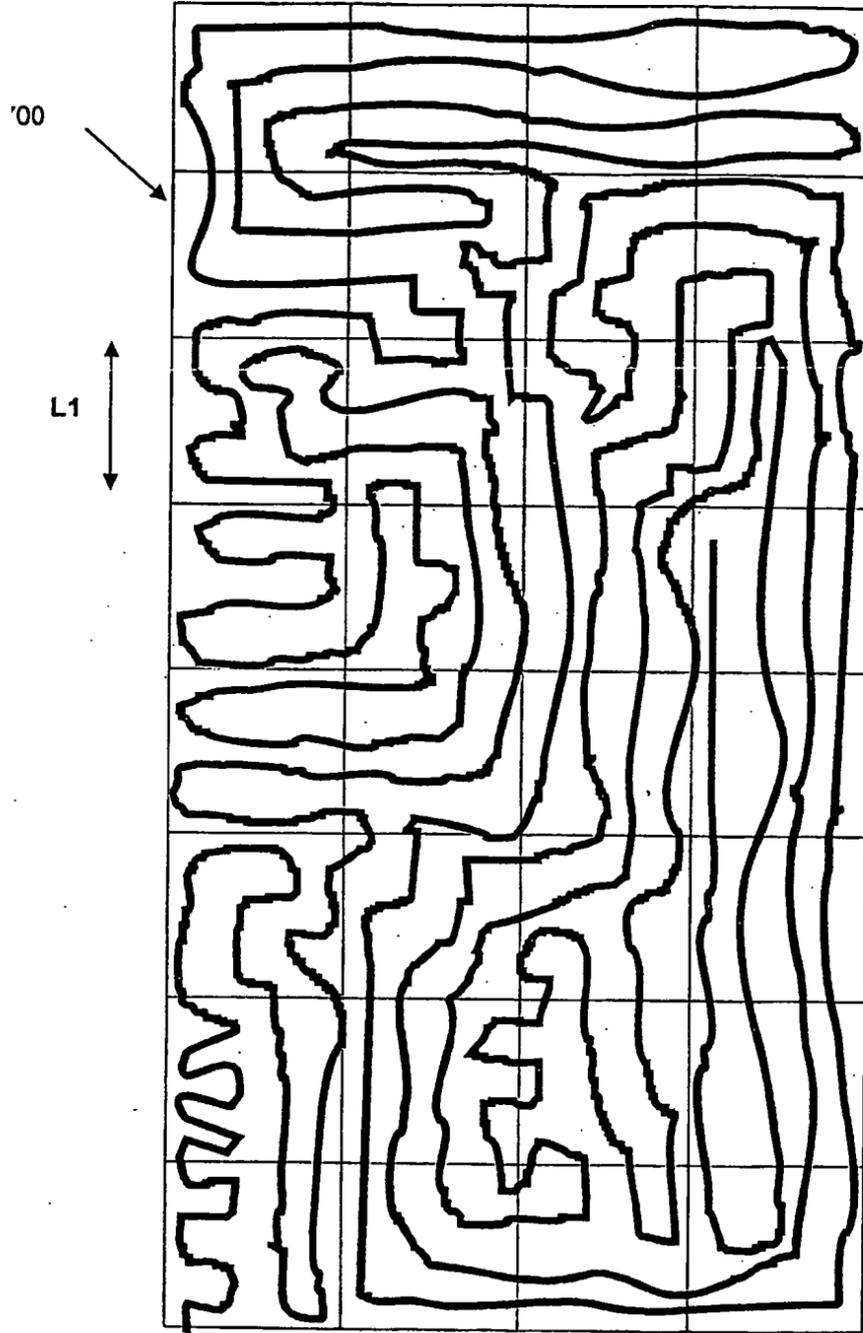


Fig. 17

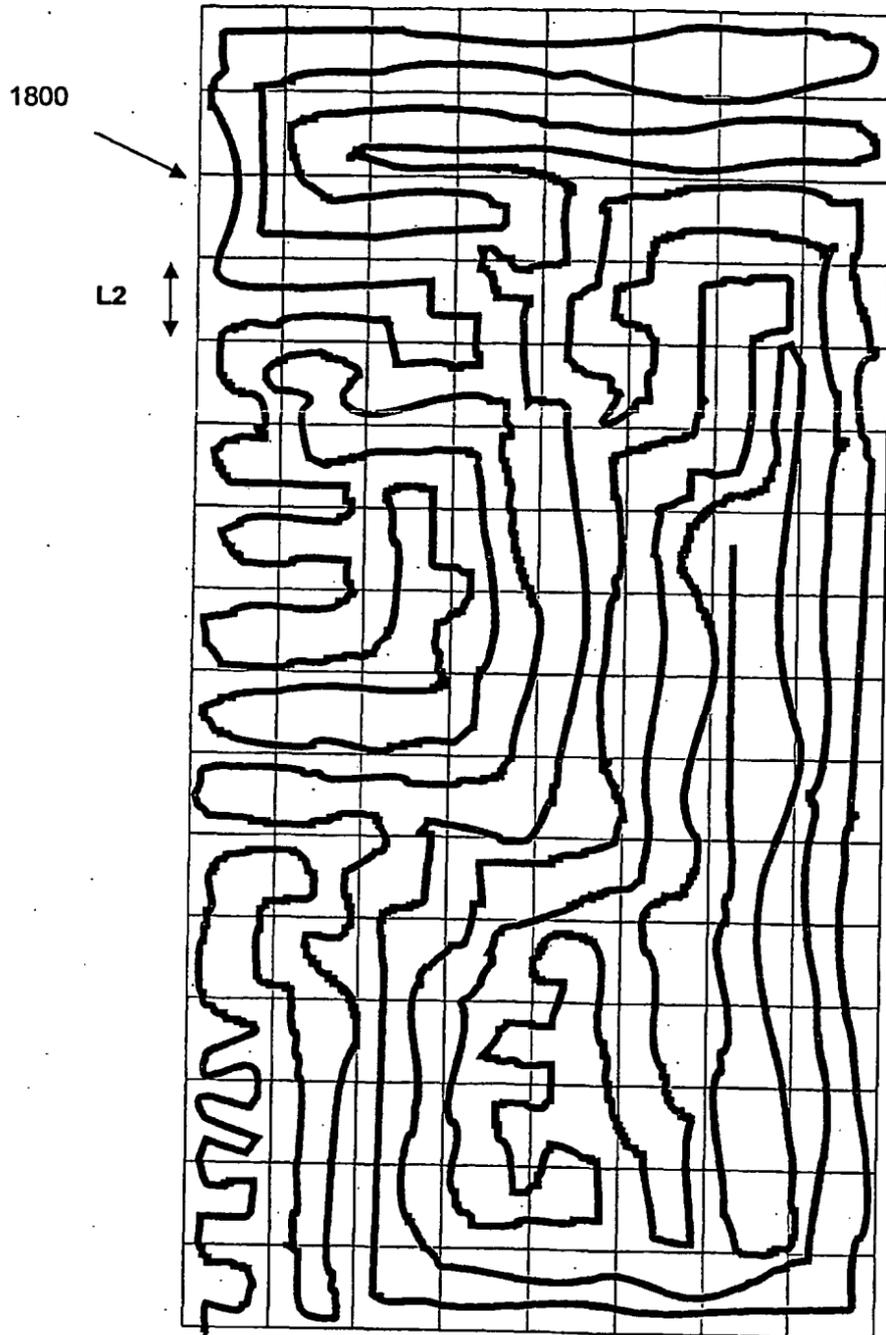


Fig. 18

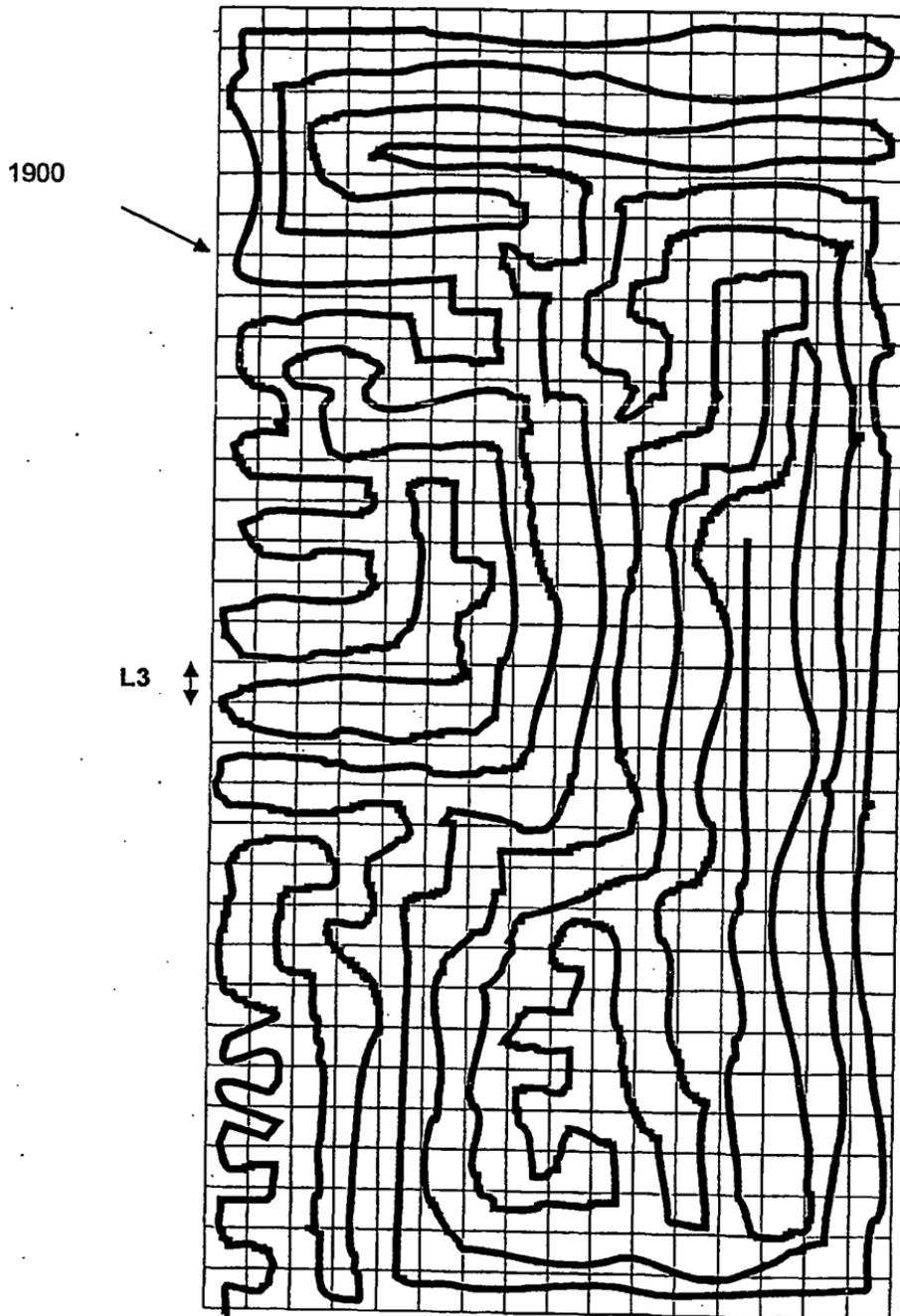


Fig. 19

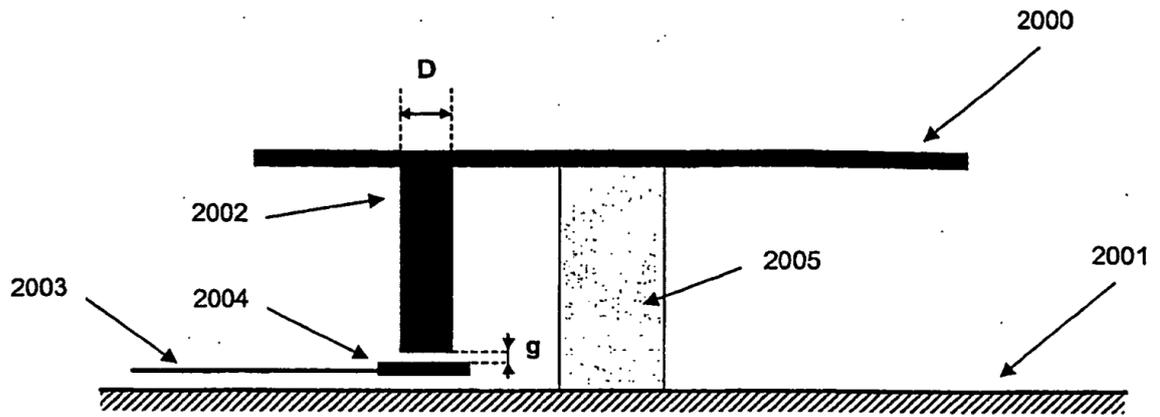


Fig. 20