(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 278 836**

(51) Int. Cl.:
H01Q 1/38 (2006.01)
H01Q 1/24 (2006.01)
H01Q 9/04 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Número de solicitud europea: **02013156 .1**
(86) Fecha de presentación : **14.06.2002**
(87) Número de publicación de la solicitud: **1267441**
(87) Fecha de publicación de la solicitud: **18.12.2002**

(54) Título: **Antena de montaje en superficie y aparato de comunicaciones que comprende dicha antena.**

(30) Prioridad: **15.06.2001 JP 2001-181549**
25.12.2001 JP 2001-391739

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.08.2007

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.08.2007

(73) Titular/es: **HITACHI METALS, Ltd.**
2-1, Shibaura 1-chome
Minato-ku, Tokyo, JP

(72) Inventor/es: **Aoyama, Hiroyuki;**
Kikuchi, Keiko;
Takaki, Yasunori y
Hagiwara, Hidetoshi

(74) Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Antena de montaje en superficie y aparato de comunicaciones que comprende dicha antena.

Campo de la invención

La presente invención se refiere a una antena pequeña que comprende un sustrato fabricado en un material dieléctrico o magnético, tal como la cerámica, la resina, etc., y se refiere en particular a una antena de montaje en superficie que presenta una función de adaptación de impedancias en el electrodo de alimentación de corriente, y a un aparato de comunicaciones que comprende dicha antena de montaje en superficie.

Antecedentes de la invención

Las antenas de montaje en superficie se utilizan para los sistemas de posicionamiento global (GPS), las redes de área local (LAN inalámbricas), etc. con ondas portadoras de una banda de frecuencias de GHz. La miniaturización de los equipos móviles avanza a una velocidad espectacular y, por ello, es necesario disponer de antenas de montaje en superficie de pequeño tamaño y altura reducida, que presenten una buena eficiencia de radiación sin direccionalidad y que además sean capaces de funcionar en una banda ancha. No obstante, la miniaturización y la reducción de la altura de las antenas de montaje en superficie convencionales no resultan necesariamente satisfactorias, puesto que dichas antenas presentan características que se deterioran con la miniaturización y la reducción de la altura.

En general, este tipo de antena está diseñada para funcionar con un electrodo de radiación, cuya longitud corresponde a 1/4 de la longitud de onda. Esto se debe al hecho de que la antena muestra su mayor eficiencia de radiación a 1/4 de la longitud de onda, siendo este requisito particularmente importante en los equipos móviles, que deberán ser capaces de funcionar durante el período de tiempo más largo permitido por una carga de la batería. Como bien se sabe, cuando se dispone un electrodo de radiación sobre un sustrato dieléctrico, se produce el denominado efecto de reducción de la longitud de onda, según el cual la longitud efectiva de dicho electrodo es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la constante dieléctrica ε_T. Con el efecto de la reducción de la longitud de onda, puede fabricarse un electrodo de radiación más corto que permitirá miniaturizar y reducir la altura de la antena.

Cuanto más lenta sea la propagación de la onda electromagnética a lo largo de la antena, menor podrá ser el tamaño de la antena fabricada, utilizando un material de alta constante dieléctrica ε_T para el sustrato. No obstante, en realidad existe un límite en el empleo de materiales de alta constante dieléctrica ε_T y, por lo tanto, en la práctica sólo se utilizan los sustratos dieléctricos que presentan constantes dieléctricas con un valor máximo de alrededor de 4, porque las constantes dieléctricas superiores al nivel indicado provocan el problema de la adaptación de las impedancias. Puesto que es probable que la impedancia de entrada en un punto de alimentación de corriente cambie en gran medida en una antena de montaje en superficie que presenta una alta constante dieléctrica, resulta difícil superar el problema de la adaptación de las impedancias con la miniaturización.

Por ejemplo, como se representa en la Figura 21, la antena de montaje en superficie descrita en la patente US nº 5.867.126 comprende un electrodo de radiación 92 situado sobre la cara superior 91 de un sustrato sustancialmente rectangular 90 y doblado en una forma sustancialmente de L o de U rectangular, que presenta un extremo abierto y el otro conectado a tierra, y un electrodo de alimentación de corriente 94 situado sobre la cara superior del sustrato 90 y separado por un espacio 96 para provocar la excitación del electrodo de radiación 92, estando conectado un extremo del electrodo de alimentación de corriente 94 a un cable de alimentación de corriente 99. Como se representa en la Figura 22, el circuito equivalente es un circuito de resonancia paralela que comprende la resistencia de radiación R y la inductancia L del electrodo de radiación 92, la capacitancia C formada entre el electrodo de radiación 92 y un conductor de tierra y la capacitancia Ci' formada entre el electrodo de radiación 92 y el electrodo de alimentación de corriente 94.

En esta antena, se transmite energía eléctrica de alta frecuencia desde un circuito de transmisión (no representado) hasta el electrodo de alimentación de corriente 94, por medio de un cable de alimentación de corriente 99 de una placa de circuitos, y dicha energía se introduce en un circuito de resonancia constituido por el electrodo de radiación 92 y el conductor de tierra para la resonancia en paralelo y se emite desde el electrodo de radiación 92 en forma de ondas electromagnéticas. Para que no se produzca ninguna reflexión de tensión en el punto de alimentación de corriente 98, deberá realizarse la adaptación de las impedancias.

Existen diversas propuestas para los medios de adaptación de las impedancias que permiten que la impedancia de entrada del electrodo de alimentación de corriente 94 percibida por el circuito de transmisión, es decir, la impedancia de entrada en el punto de alimentación de corriente 98, sea igual a la impedancia característica de 50 Ω. Por ejemplo, en la antena representada en la Figura 21, el electrodo de radiación 92 presenta un acoplamiento capacitivo con el electrodo de alimentación de corriente 94, y se establece la capacitancia Ci' entre el electrodo de radiación 92 y el electrodo de alimentación de corriente 94, de tal forma que la inductancia L del electrodo de radiación 92 se anula de la forma representada en el circuito equivalente de la Figura 22.

No obstante, en la antena convencional representada en la Figura 21, el electrodo de alimentación de corriente y el electrodo de radiación no presentan una conexión directa entre sí, sino un acoplamiento capacitivo, y no utilizan la inductancia para la adaptación de las impedancias. En consecuencia, si se reduce el tamaño y la altura de la antena,

ésta no podrá presentar unas características dieléctricas altas que facilitan la adaptación de las impedancias. Además, en las antenas para el sistema GPS, la red LAN inalámbrica, etc., la omnidireccionalidad es un requisito esencial, y también es necesario aumentar la eficiencia y la ganancia de radiación y ampliar el ancho de banda. Estos puntos no han sido tratados a fondo tradicionalmente.

Cuando se produce una desadaptación de las impedancias, a veces se inserta un nuevo circuito de adaptación entre el circuito de transmisión/recepción y la antena. No obstante, la adición de un nuevo circuito de adaptación aumenta el tamaño del aparato de la antena. Con respecto a un circuito de adaptación de impedancias, el documento nº JP 2000-286615 A da a conocer una antena de pequeño tamaño que comprende un sustrato de estructura laminada y un circuito de adaptación situado entre las capas laminadas. No obstante, esta antena tiene un coste de producción incrementado aparte de una estructura complicada.

En el documento WO 01/24316 A1 correspondiente al documento EP 1162688 A1 y la patente US nº 6.323.811, se da a conocer una antena que comprende un primer electrodo de radiación (electrodo de radiación del lado de alimentación de corriente) y un segundo electrodo de radiación (electrodo de radiación del lado sin alimentación de corriente) situados en la cara superior de un sustrato, entre los cuales se genera una resonancia compuesta, y comprende además un electrodo para un circuito de adaptación en una cara lateral del sustrato. En esta antena, el primer electrodo de radiación (el electrodo de radiación del lado de alimentación de corriente) está directamente conectado con el electrodo de adaptación en una posición de adaptación de impedancias, pero los electrodos de alimentación de corriente no tienen capacitancia. La adaptación de las impedancias se realiza, pues, ajustando sólo la inductancia. La estructura de electrodo que presenta dicho circuito de adaptación corresponde a una antena en F invertida convencional, que es una estructura de antena de por sí fácil para la adaptación de las impedancias.

Los documentos JP 8-186431 A y JP 11-340726 A dan a conocer unas tecnologías de adaptación de impedancias de una antena unidireccional, que presenta una estructura que comprende un conductor de radiación en la cara superior de un sustrato y un conductor de tierra que abarca toda la cara inferior del sustrato. No obstante, dicha antena no es adecuada para las aplicaciones que requieren omnidireccionalidad, tales como el servicio GPS, la red LAN inalámbrica, etc. Esto resulta obvio, por ejemplo, a partir del hecho de que esta antena presenta una estructura en la que el conductor de alimentación de corriente situado en la cara superior de un sustrato está rodeado por el conductor de radiación, formando un acoplamiento de gran capacitancia. Además, debido a que no se presta atención a la miniaturización, la eficiencia y la ganancia de radiación y el ancho de banda, todavía quedan algunos problemas por resolver para su utilización en el servicio GPS, etc.

El documento DE-A-100 30 402 da a conocer una antena de montaje n superficie con un electrodo de radiación directamente conectado a un circuito electrónico. El electrodo de radiación se dispone en zigzag sobre un sustrato.

La primera parte precaracterizadora de la reivindicación 1 se basa en la técnica anterior dada a conocer en el documento WO 01/24316 A1 mencionado anteriormente.

Exposición de la invención

Por consiguiente, uno de los objetivos de la presente invención consiste en proporcionar una antena de montaje en superficie, cuya adaptación de impedancias pueda llevarse a cabo con facilidad aun cuando se utilice un material que presenta una constante dieléctrica relativamente alta para la miniaturización, que proporcione alta ganancia, banda ancha y omnidireccionalidad y que resulte particularmente adecuada para el servicio GPS, la red inalámbrica LAN, etc.

Otro de los objetivos de la presente invención consiste en proporcionar un aparato de comunicaciones que comprenda esta antena de montaje en superficie para teléfonos celulares, auriculares, ordenadores personales, ordenadores portátiles, cámaras digitales, etc.

Estos objetivos son alcanzados mediante la antena según la reivindicación 1 y el aparato según la reivindicación 3. Las reivindicaciones subordinadas se refieren a las formas de realización preferidas de la presente invención.

Como consecuencia de los intensos trabajos de investigación realizados a la vista de los anteriores objetivos, los inventores han comprobado que, con la función de adaptación de impedancias proporcionada por una estructura de electrodo de alimentación de corriente que además de capacitancia presenta inductancia, es posible conseguir con facilidad la adaptación de las impedancias aun cuando se utilice un material que presenta una constante dieléctrica relativamente alta para el sustrato, obteniéndose una antena pequeña de montaje en superficie con omnidireccionalidad. La presente invención se basa en este hallazgo.

La antena de montaje en superficie de una forma de realización de la presente invención comprende un sustrato fabricado en un material dieléctrico o magnético, un electrodo de radiación dispuesto encima por lo menos de la cara superior de dicho sustrato, un electrodo de conexión a tierra dispuesto encima de dicho sustrato de tal forma que dicho electrodo de conexión a tierra presenta un acoplamiento capacitivo con un extremo de dicho electrodo de radiación, y un electrodo de alimentación de corriente dispuesto por lo menos encima de una cara lateral de dicho sustrato de tal forma que dicho electrodo de alimentación de corriente está orientado hacia dicho electrodo de radiación y separado de éste por un espacio. Dicho electrodo de alimentación de corriente presenta un punto de alimentación de corriente

en un extremo y un punto de conexión a tierra en el otro, así como una parte para llevar a cabo la adaptación de las impedancias mediante la capacitancia y la inductancia entre dicho punto de alimentación de corriente y dicho punto de conexión a tierra, siendo la proporción entre el área de dicho electrodo de conexión a tierra y el área de la cara inferior de dicho sustrato del 30% o inferior.

El electrodo de alimentación de corriente presenta una forma de portal con una parte de alimentación de corriente en un extremo y una parte de conexión a tierra en el otro, así como una parte alineada con dicho electrodo de radiación y separada de éste por un espacio.

En la presente invención, dicho electrodo de alimentación de corriente está constituido preferentemente por un primer y un segundo electrodos situados sobre las caras laterales opuestas de dicho sustrato, que están conectados por medio de un electrodo en forma de I situado sobre una cara terminal de dicho sustrato, presentando el primer electrodo una parte de alimentación de corriente en un extremo y el segundo electrodo, una parte de conexión a tierra en un extremo, constituyendo dicho electrodo en forma de I dicha parte alineada de tal forma que dicho electrodo de alimentación de corriente adopta una forma de portal y presentando dicho electrodo de radiación una parte de electrodo de conexión a tierra situada sobre una cara terminal o sobre una cara terminal y las caras laterales opuestas de dicho sustrato.

Por lo menos una parte de dicho electrodo de alimentación de corriente y dicho electrodo de radiación adopta preferentemente una forma de zigzag, de U rectangular, de L o de manivela.

Dicho electrodo de alimentación de corriente está situado sobre una cara lateral de dicho sustrato, de tal forma que está orientado hacia un extremo abierto de dicho electrodo de radiación y separado de éste por un espacio. En este caso, dicho electrodo de alimentación de corriente presenta una parte de alimentación de corriente situada cerca de un extremo abierto de dicho electrodo de radiación.

En una forma de realización preferida de la presente invención, por lo menos una parte de dicho electrodo de radiación se extiende de un extremo a otro de dicho sustrato en la dirección longitudinal, y su anchura se reduce sustancialmente de forma continua o escalonada. En otra forma de realización preferida de la presente invención, dicho electrodo de radiación se extiende de un extremo a otro de dicho sustrato en la dirección longitudinal, y su anchura se reduce sustancialmente de forma continua o escalonada, y se dobla adoptando sustancialmente una forma de U rectangular en el otro extremo.

En otra forma de realización preferida de la presente invención, dicho electrodo de radiación se extiende hasta la cara superior a través de una cara lateral diferente de la cara lateral donde está situado dicho electrodo de alimentación de corriente. En este caso, la cara inferior de dicho sustrato preferentemente no presenta sustancialmente ningún electrodo de conexión a tierra en el área comprendida debajo de dicho electrodo de radiación situado en la cara superior de dicho sustrato.

Dicho electrodo de radiación o dicho electrodo de alimentación de corriente presenta preferentemente esquinas redondeadas.

La antena de la presente invención puede comprender además un segundo electrodo de conexión a tierra opuesto al otro extremo de dicho electrodo de radiación y separado de éste por un espacio.

En una forma de realización particularmente preferida de la presente invención, la antena de montaje en superficie comprende un sustrato fabricado en un material dieléctrico o magnético, un electrodo de radiación en forma de cinta situado sobre dicho sustrato, un electrodo de conexión a tierra situado sobre dicho sustrato de tal forma que dicho electrodo de conexión a tierra presenta una conexión directa o un acoplamiento capacitivo con un extremo de dicho electrodo de radiación, y un electrodo de alimentación de corriente situado sobre por lo menos una cara lateral de dicho sustrato y separado de dicho electrodo de radiación por un espacio deseado; adoptando dicho electrodo de radiación una forma global de portal que comprende una parte de electrodo situada sobre una cara lateral de dicho sustrato en dirección longitudinal, que está conectada a una parte de electrodo en forma de L situada sobre la cara superior de dicho sustrato; comprendiendo dicho electrodo de alimentación de corriente una parte de alimentación de corriente y una parte de conexión a tierra cada una de las cuales se extiende sustancialmente en la dirección vertical sobre la otra cara lateral de dicho sustrato, y una parte alineada que se extiende entre dicha parte de alimentación de corriente y dicha parte de conexión a tierra sustancialmente en paralelo con dicho electrodo de radiación y separado de éste por dicho espacio; siendo la proporción entre el área de dicho electrodo de conexión a tierra y el área de dicha cara inferior de dicho sustrato del 30% o inferior, y siendo modificada la forma y la relación de las posiciones de dicho electrodo de alimentación de corriente y dicho electrodo de radiación para ajustar la capacitancia y la inductancia y permitir la adaptación de las impedancias.

Dicha parte de alimentación de corriente de dicho electrodo de alimentación de corriente está situada preferentemente cerca del extremo abierto de dicho electrodo de radiación, mientras que dicha parte de conexión a tierra de dicho electrodo de alimentación de corriente está situada preferentemente cerca del extremo del sustrato en la cara opuesta a dicho electrodo de conexión a tierra.

El sustrato de antena de la presente invención está fabricado preferentemente en un material dieléctrico que presenta una constante dieléctrica ε_T comprendida entre 6 y 50.

El aparato de comunicaciones de una forma de realización de la presente invención comprende un aparato de antena, en el que se monta la antena de montaje en superficie anterior sobre un área de una placa de circuitos donde no está presente el conductor de tierra, estando alineado dicho sustrato que presenta dicho electrodo de radiación que se extiende en dirección longitudinal con un borde de dicho conductor de tierra de dicha placa de circuitos y estando separado de éste por un espacio, y estando situado dicho electrodo de alimentación de corriente sobre la cara lateral de dicho conductor de tierra.

En otra forma de realización preferida de la presente invención, dicho electrodo de conexión a tierra, situado sobre dicha antena de montaje en superficie en la cara opuesta de dicho conductor de tierra de dicha placa de circuitos, está dispuesto cerca de una esquina de dicha placa de circuitos, y dicho electrodo de conexión a tierra está conectado a un conductor de dicha placa de circuitos mediante un conductor lineal.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista en perspectiva que representa una antena de montaje en superficie según un primer ejemplo utilizado para facilitar la comprensión de la presente invención;

la Figura 2 es una vista que representa un circuito equivalente de la antena del primer ejemplo;

la Figura 3 es una vista en perspectiva que representa una antena de montaje en superficie según un segundo ejemplo utilizado para facilitar la comprensión de la presente invención;

la Figura 4 es una vista desplegada del electrodo de radiación representado en la Figura 3;

la Figura 5 es una vista que representa un circuito equivalente de la antena del segundo ejemplo;

la Figura 6 es una vista que representa otro ejemplo del electrodo de alimentación de corriente;

la Figura 7 es una vista en perspectiva que representa una antena de montaje en superficie según un tercer ejemplo utilizado para facilitar la comprensión de la presente invención;

la Figura 8 es una vista en perspectiva que representa una antena de montaje en superficie según un cuarto ejemplo utilizado para facilitar la comprensión de la presente invención;

la Figura 9 es una vista en perspectiva que representa una antena de montaje en superficie según un quinto ejemplo utilizado para facilitar la comprensión de la presente invención;

la Figura 10(a) es una vista en perspectiva que representa una antena de montaje en superficie según una primera forma de realización de la presente invención;

la Figura 10(b) es una vista desplegada que representa la antena de montaje en superficie según la primera forma de realización de la presente invención;

la Figura 11(a) es una vista en perspectiva que representa una antena de montaje en superficie según una segunda forma de realización de la presente invención;

la Figura 11(b) es una vista desplegada que representa la antena de montaje en superficie según la segunda forma de realización de la presente invención;

la Figura 12(a) es una vista en perspectiva que representa una antena de montaje en superficie según una tercera forma de realización de la presente invención;

la Figura 12(b) es una vista desplegada que representa la antena de montaje en superficie según la tercera forma de realización de la presente invención;

la Figura 13(a) es una vista en perspectiva que representa una antena de montaje en superficie según un sexto ejemplo utilizado para facilitar la comprensión de la presente invención;

la Figura 13(b) es una vista desplegada que representa la antena de montaje en superficie según el sexto ejemplo;

la Figura 14(a) es una vista en perspectiva que representa una antena de montaje en superficie según un séptimo ejemplo utilizado para facilitar la comprensión de la presente invención;

la Figura 14(b) es una vista desplegada que representa la antena de montaje en superficie según el séptimo ejemplo;

la Figura 15(a) es una vista en perspectiva que representa una antena de montaje en superficie según un octavo ejemplo utilizado para facilitar la comprensión de la presente invención;

la Figura 15(b) es una vista desplegada que representa la antena de montaje en superficie según el octavo ejemplo;

la Figura 16(a) es una vista en perspectiva que representa una antena de montaje en superficie según una cuarta forma de realización de la presente invención;

la Figura 16(b) es una vista desplegada que representa la antena de montaje en superficie según la cuarta forma de realización de la presente invención;

la Figura 17 es un gráfico que representa la relación entre la constante dieléctrica ***** y la impedancia de entrada;

la Figura 18 es una vista en perspectiva que representa una antena montada sobre una placa de circuitos;

la Figura 19 es una vista esquemática que representa un aparato de comunicaciones que comprende la antena;

la Figura 20(a) es una vista en planta que representa un ejemplo en el que la antena de la presente invención está montada sobre una placa de circuitos;

la Figura 20(b) es una vista lateral que representa el electrodo de alimentación de corriente de la antena de la Figura 20(a);

la Figura 20(c) es una vista lateral que representa el electrodo de radiación de la antena de la Figura 20(a);

la Figura 21 es una vista en perspectiva que representa un ejemplo de antena de montaje en superficie convencional;

la Figura 22 es una vista que representa un circuito equivalente de la antena de la Figura 21, y

la Figura 23 es una vista desplegada que representa el electrodo de radiación de la antena de montaje en superficie del ejemplo comparativo 1.

Descripción de las formas de realización preferidas

[1] *Adaptación de impedancias*

Cuando se aplica un electrodo de radiación, un electrodo de conexión a tierra y un electrodo de alimentación de corriente, etc. sobre un sustrato, se produce una capacitancia entre estos electrodos. El incremento de la capacitancia entre el electrodo de alimentación de corriente y el electrodo de radiación provoca una reducción de la impedancia de entrada y una desadaptación de las impedancias. Debido a que la capacitancia aumenta en proporción con una constante dieléctrica ε_T, la desadaptación de impedancias llega a ser notable cuando se utiliza un material de alta constante dieléctrica ε_T para disminuir la frecuencia de propagación. En consecuencia, convencionalmente se han venido utilizando sustratos que presentan una constante dieléctrica ε_T baja de un valor máximo de alrededor de 4. La presente invención posibilita la utilización de materiales dieléctricos que presentan una constante dieléctrica de 6 o superior, preferiblemente de 8 o superior y, particularmente, de entre 20 y 50 o superior, aunque dichos valores no deben considerarse restrictivos.

La presente invención se basa en el hecho tecnológico de que, aunque la utilización de un material de alta constante dieléctrica como sustrato provoque el incremento de la capacitancia entre el electrodo de radiación y el electrodo de alimentación de corriente, dicho incremento de la capacitancia puede anularse alargando el electrodo de alimentación de corriente para incrementar su inductancia y adaptar de ese modo las impedancias. Aunque este tipo de antena convencional presenta un electrodo de alimentación de corriente con una estructura que sólo proporciona capacitancia en su circuito equivalente, la presente invención permite dar al electrodo de alimentación de corriente una forma capaz de proporcionar capacitancia e inductancia. En particular, el electrodo de alimentación de corriente adopta una forma de cinta para facilitar la obtención de la inductancia, y parte del electrodo de alimentación de corriente está alineado con el electrodo de radiación y separado de éste por un espacio intermedio, permitiendo de ese modo el ajuste de la capacitancia. Asimismo, con el electrodo de alimentación de corriente en forma de cinta que presenta una parte de alimentación de corriente en un extremo y una parte de conexión a tierra en el otro extremo, tal como se representa en la Figura 2, se proporciona un componente paralelo L_2 y unos componentes serie L_i y C_i, con lo cual se facilita el diseño de adaptación de las impedancias y se reduce el período de fabricación.

Debido a que la antena de montaje en superficie puede adoptar diversas formas dependiendo de su uso, las condiciones de adaptación de impedancias deberán adaptarse ampliamente para satisfacer esta diversidad. Como se ha descrito anteriormente, el electrodo de alimentación de corriente según la presente invención puede considerarse como una combinación de un componente paralelo L_2 y unos componentes serie L_1 y C_i. Con este electrodo de alimentación de corriente, realizado en forma de zigzag, U rectangular, L o manivela o una combinación de éstas, la inductancia y la capacitancia pueden establecerse de forma arbitraria sin ninguna limitación por las condiciones de adaptación de las impedancias. Por ejemplo, la capacitancia y la inductancia pueden ser sustancialmente iguales o una puede ser

mayor que la otra. La inductancia varía proporcionalmente con la longitud del electrodo de alimentación de corriente, y la capacitancia es una función de las longitudes opuestas del electrodo de alimentación de corriente y el electrodo de radiación. En consecuencia, cuando la adaptación de las impedancias se realiza con el electrodo de alimentación de corriente de la presente invención, en primer lugar, se determina cuál de los componentes L_1, L_2 y C_i del circuito equivalente debe ser incrementado o reducido y hasta qué nivel. A continuación, puede determinarse con facilidad la forma del electrodo de alimentación de corriente que satisface los parámetros deseados para la adaptación de las impedancias, basándose en el conocimiento de que L_1, L_2 son proporcionales a la longitud del electrodo de corriente de alimentación y de que C_i es una función de las longitudes opuestas del electrodo de corriente de alimentación y el electrodo de radiación.

[2] *Electrodo de radiación y electrodo de alimentación de corriente*

En la estructura de antena según una forma de realización de la presente invención, el electrodo de radiación está situado por lo menos sobre la cara superior del sustrato, uno de los extremos del electrodo de radiación está conectado a tierra y el otro es un extremo abierto. Aunque esta estructura de antena se parece mucho a una antena en forma de F invertida, en la que el electrodo de corriente de alimentación está conectado al electrodo de radiación cerca del extremo de conexión a tierra de éste, la estructura de antena de la presente invención difiere fundamentalmente de la estructura de F invertida, en la medida en que el electrodo de radiación presenta un acoplamiento capacitivo con el electrodo de alimentación de corriente en la presente invención, debido a que dichos electrodos están separados entre sí. El electrodo de alimentación de corriente está situado preferentemente sobre una cara lateral del sustrato, para que no se produzcan desalineaciones cuando se imprima el electrodo y facilitar de ese modo la formación de un electrodo con características estables.

En la presente invención, resulta fácil realizar la adaptación de las impedancias, estableciendo correctamente la distancia y la longitud de alineación entre el electrodo de radiación y el electrodo de alimentación de corriente o la longitud y la forma de las extremidades del electrodo de alimentación de corriente. Esto permite seleccionar arbitrariamente el ancho de banda BW. Debido a que se cumplen las relaciones BW ∞# 1/Q y $Q = R \times (C/L)^{1/2}$, el control de C o C/L basado en el grado de acoplamiento capacitivo y la longitud de un electrodo puede determinar el incremento de BW. Por ejemplo, cuando el electrodo de alimentación de corriente presenta una parte de alimentación de corriente situada cerca del extremo abierto del electrodo de radiación, la parte terminal de radiación puede considerarse como un inductor, mediante el cual podrá disponerse de una alta inductancia L. En un diseño de la misma frecuencia de resonancia, la capacitancia C puede reducirse de conformidad con el incremento de la inductancia, obteniéndose por resultado un valor Q más alto e incrementándose, de ese modo, el ancho de banda.

[3] *Electrodo de conexión a tierra*

La antena de montaje en superficie de la presente invención se caracteriza porque el electrodo de conexión a tierra no ocupa sustancialmente la cara inferior para proporcionar una excelente omnidireccionalidad. Cuando el electrodo de conexión a tierra ocupa toda la cara inferior, la antena pierde omnidireccionalidad, debido al acoplamiento capacitivo con el electrodo de radiación en la cara superior. En particular, la proporción entre el área total del electrodo de conexión a tierra situado en la cara inferior y el área total de la cara inferior es preferentemente del 30% o inferior y más preferentemente del 20% o inferior. Asimismo, es preferible que el electrodo de conexión a tierra no ocupe sustancialmente un área de la cara inferior situada debajo del electrodo de radiación que se halla en la cara superior.

Puede disponerse un segundo electrodo de conexión a tierra opuesto al extremo abierto del electrodo de radiación y separado de éste por un espacio. En este caso, debido al fuerte acoplamiento capacitivo con el electrodo de conexión a tierra opuesto, la disposición del electrodo de alimentación de corriente cercano tiene una influencia relativamente pequeña. En consecuencia, para realizar un ajuste general de la frecuencia de propagación, el ajuste principal se obtiene cambiando el grado de acoplamiento entre el electrodo de radiación y el segundo electrodo de conexión a tierra, y el ajuste fino se obtiene cambiando el grado de acoplamiento entre el electrodo de radiación y el electrodo de alimentación de corriente.

[4] *Límite superior de la constante dieléctrica*

En la presente invención, la constante dieléctrica ε_T del sustrato se halla preferentemente comprendida en el rango de 6 a 50. Esta constante dieléctrica ε_T se determina teniendo en cuenta el coeficiente de temperatura del material dieléctrico, la precisión de trabajo del sustrato, etc. Entonces, un aumento de la calidad del material, la precisión de trabajo, etc. provocará, como es obvio, un incremento del límite superior de la constante dieléctrica ε_T. Un sustrato con dicha constante dieléctrica ε_T puede ser una cerámica dieléctrica fabricada, por ejemplo, sometiendo a sinterización un material que comprende el 22% en peso de MgO, el 5,13% en peso de $CaCO_3$, el 48,14% en peso de TiO_2 y el 24,51% en peso de ZnO. Esta cerámica dieléctrica, que tiene una constante dieléctrica ε_T de 21, comprende el 36,6% en moles de MgO, el 3,4% en moles de CaO, el 40% en moles de TiO_2 y el 20,0% en moles de ZnO.

Cuando se utiliza un sustrato fabricado en un material de constante dieléctrica alta, la eficiencia de radiación del electrodo de radiación se reduce. Para impedir la reducción de la eficiencia de radiación, se forma un electrodo de radiación y un electrodo de conexión a tierra que incrementan la radiación hacia el espacio, o se utiliza un sustrato compuesto de un material de constante dieléctrica alta y un material de constante dieléctrica baja.

[5] *Ejemplos particulares de antenas de montaje en superficie*

La Figura 1 es una vista en perspectiva que representa una antena de montaje en superficie, según un primer ejemplo utilizado para facilitar la comprensión de la presente invención. Esta antena 1A comprende un electrodo de radiación 2 situado sobre la cara superior de un sustrato rectangular 1, un electrodo de conexión a tierra 3 conectado a un extremo del electrodo de radiación 2 y un electrodo de alimentación de corriente 4 situado en una cara lateral y separado del electrodo de radiación 2 por un espacio predeterminado G1. El otro extremo del electrodo de radiación 2 es un extremo abierto 20. Aunque la antena 1A presenta una estructura similar a la de una antena en F invertida, difiere de ésta porque el electrodo de alimentación de corriente 4 está orientado hacia el electrodo de radiación 2 y separado de éste por un espacio G1. La cara inferior 1a del sustrato 1 sólo comprende electrodos de soldadura, y la antena 1A se monta sobre un área de la placa de circuitos donde el conductor de tierra no está presente. En consecuencia, la antena 1A presenta omnidireccionalidad con un diagrama de radiación de campo eléctrico que es sustancialmente uniforme en cualquier dirección.

El electrodo de alimentación de corriente 4 es un electrodo en forma de cinta doblada por dos puntos formando un portal, que presenta una parte 41 opuesta al electrodo de radiación 2 y alineada sustancialmente con el borde 23 de éste. El electrodo de alimentación de corriente 4 presenta una parte de alimentación de corriente 43 en un extremo, cuyo punto de alimentación de corriente 40 está conectado a un cable de alimentación de corriente de un circuito de transmisión/recepción (no representado), y una parte de conexión a tierra 44 en el otro extremo, cuyo punto de conexión a tierra 42 está conectado a un conductor de tierra. La parte de alimentación de corriente 43 y la parte de conexión a tierra 44 del electrodo de alimentación de corriente 4 generan principalmente inductancia, mientras que el electrodo de radiación 2 y la parte alineada 41 generan principalmente capacitancia. En consecuencia, la antena de montaje en superficie de la presente invención presenta el circuito equivalente representado en la Figura 2.

La inductancia L_1, L_2 es generada por las partes de las extremidades 43, 44 del electrodo de alimentación de corriente 4, mientras que la capacitancia C_i es generada entre el electrodo de radiación 2 y la parte alineada 41 del electrodo de alimentación de corriente 4. En consecuencia, modificando correctamente la longitud y la forma de las partes de las extremidades 43, 44 y la parte alineada 41 para cambiar L_1, L_2 y C_i, puede conseguirse que la impedancia de entrada Z_{in} (observando el electrodo de radiación 2 desde el punto de alimentación de corriente 40) sea igual a 50 Ω. Por consiguiente, una de las características más importantes de la presente invención es que la adaptación de la impedancias de entrada puede ser llevada a cabo de forma independiente, no tan sólo cambiando la capacitancia entre el electrodo de radiación 2 y el electrodo de alimentación de corriente 4, sino también cambiando la inductancia del electrodo de alimentación de corriente 4. Debe tenerse en cuenta que las posiciones del punto de alimentación de corriente 40 y el punto de conexión a tierra 42 pueden invertirse lateralmente, siendo esto aplicable a las formas de realización subsiguientes. No es necesario que la parte alineada 41 esté alineada con el electrodo de radiación 2 y separada de éste por un espacio, ni tampoco es necesario que ambos estén situados en paralelo.

La Figura 3 es una vista en perspectiva que representa una antena de montaje en superficie según el segundo ejemplo, la Figura 4 es una vista desplegada de su electrodo de radiación y la Figura 5 es una vista que representa un circuito equivalente de esta antena.

La antena de montaje en superficie 1B utilizada para el servicio GPS comprende un sustrato rectangular 1, un electrodo de radiación 2 situado encima de la cara superior 1c y la cara lateral adyacente 1d, un electrodo de conexión a tierra 3 conectado a un extremo del electrodo de radiación 2, y un electrodo de alimentación de corriente 4 en forma de portal situado sobre el sustrato 1, que se extiende desde la cara lateral 1b hasta la cara superior 1c en la dirección longitudinal. El electrodo de alimentación de corriente 4 puede estar situado sólo sobre la cara lateral 1b. La disposición y la forma del electrodo de alimentación de corriente en forma de portal 4 pueden determinarse tomando en consideración el equilibrio de la adaptación de impedancias y el incremento de ancho de banda.

El electrodo de radiación 2 adopta una forma que se extiende desde un extremo del sustrato 1 en la dirección longitudinal y que decrece en anchura sustancialmente de forma continua o escalonada. Como se representa en la vista desplegada de la Figura 4, el electrodo de radiación 2 está constituido por una parte de electrodo de radiación 21 situada en la cara superior 1c del sustrato 1, y una parte de electrodo de radiación 22 que se extiende de forma continua sobre una cara lateral adyacente 1d, y la parte de electrodo de radiación 22 presenta además una anchura que decrece ligeramente en dirección a uno de los extremos. Por lo tanto, es posible inducir una resonancia múltiple formando un electrodo de radiación 2, cuya anchura decrezca gradualmente no tan solo sobre la cara superior 1c del sustrato 1, sino también sobre la cara lateral adyacente 1d del mismo, formando de ese modo una antena de menor tamaño y mayor omnidireccionalidad.

El electrodo de conexión a tierra 3 puede estar conectado con el electrodo de radiación 2 mediante un acoplamiento capacitivo sin contacto. El electrodo de conexión a tierra 3 puede abarcar las cuatro superficies que rodean una cara terminal 1e del sustrato 1. El electrodo de conexión a tierra 3 situado en la cara inferior 1a también actúa como electrodo de soldadura, que se conecta a un conductor de tierra en la placa de circuitos. El electrodo de alimentación de corriente 4 también presenta una parte de electrodo de conexión a tierra 50 en la cara inferior 1a del sustrato 1, que actúa como electrodo soldado a la placa de circuitos.

El electrodo de alimentación de corriente 4 adopta una forma de portal (U rectangular) que presenta una anchura de 1 mm y una longitud equivalente de 10 mm. Las Figuras 6(a) a (c) representan las diversas formas del electrodo de

alimentación de corriente 4. La Figura 6(a) representa un ejemplo del electrodo de alimentación de corriente en forma de U rectangular 4, en cuyas partes de las extremidades laterales se generan inductancias sustancialmente iguales L_1, L_2. Las Figuras 6(b) y (c) representan las formas de unas partes de extremidades laterales que presentan longitudes diferentes, que constituyen ejemplos del ajuste de la inductancia por medio de la longitud del conductor. En la Figura 6(b), la parte de la extremidad del lado derecho presenta una forma zigzagueante, siendo $L_1 < L_2$. Asimismo, en la Figura 6(c), la parte de la extremidad izquierda presenta una forma de manivela, mientras que la parte de la extremidad derecha presenta una forma zigzagueante, siendo $L_1 > L_2$. Cuando se realiza un ajuste por medio de la inductancia, L_1 se incrementa para incrementar la impedancia de entrada, mientras que L_2 se incrementa para reducir la impedancia de entrada.

La parte central alineada 41 del electrodo de alimentación de corriente 4 es una de las características de la presente invención. Las capacitancias C y C_i pueden ajustarse de forma arbitraria mediante la parte central alineada 41. Es decir, la capacitancia C_i es sustancialmente proporcional a la longitud W de la parte alineada 41 e inversamente proporcional a la distancia G_1 entre la parte alineada 41 y el electrodo de radiación 2. En consecuencia, cuando C_i se incrementa, se alarga la parte alineada 41 o se reduce la distancia G_1 entre la parte alineada 41 y el electrodo de radiación 2. En cambio, cuando C_i se reduce, se adopta la medida contraria. Por lo tanto, C_i puede ajustarse cambiando la longitud W de la parte alineada 41 y la distancia G_1 entre la parte alineada 41 y el electrodo de radiación 2.

El electrodo de radiación 2 adopta una forma básica en la que la longitud en la dirección perpendicular al flujo de la corriente de alta frecuencia (la dirección longitudinal del sustrato 1), es decir su anchura, no es constante, sino que se reduce gradualmente a medida que se acerca al extremo abierto 20. La corriente de alta frecuencia suministrada desde una fuente de alimentación hasta el electrodo de alimentación de corriente 4 se somete a resonancia, a una frecuencia determinada mediante la inductancia del electrodo de radiación 2 y la capacitancia generada entre el electrodo de radiación 2 y la toma de tierra, y se emite al espacio como energía electromagnética. En este caso, existe un modo de distribución de corriente cuyo nodo y bucle se hallan en el electrodo de conexión a tierra 3 y el extremo abierto 20. Cuando el electrodo de radiación 2 presenta una anchura constante, sólo existe un modo de distribución de corriente. En cambio, cuando el electrodo de radiación 2 no presenta una anchura constante, se forma un circuito de resonancia equivalente en la antena, que posee una pluralidad de inductancias L_{r1}, L_{r2}, L_{r3},... y de capacitancias C_{r1}, C_{r2}, C_{r3},..., como el representado en la Figura 5. Debido a que estos circuitos de resonancia presentan frecuencias de resonancia considerablemente cercanas, existe una pluralidad de resonancias equivalentes que cambian de forma continua y dan por resultado unas características de resonancia de banda ancha.

La Figura 7 representa una antena de montaje en superficie según el tercer ejemplo utilizado para facilitar la comprensión de la presente invención. Dado que se asignan los mismos símbolos y números de referencia a las partes que son iguales a las de las figuras anteriores, se omitirá la descripción de éstas. El electrodo de radiación 24 presenta una forma sustancialmente trapezoidal que se extiende de un extremo al otro del sustrato 1 en la dirección longitudinal y se reduce en anchura de forma sustancialmente continua o escalonada, y el electrodo de alimentación de corriente 4 está situado sobre el sustrato 1 y se extiende desde una cara lateral 1b hasta la cara superior 1c. Debido a que el electrodo de alimentación de corriente 4 adopta la forma de una U, el espacio entre la parte alineada 41 y el electrodo de radiación 24 no es constante y la capacitancia es relativamente pequeña. No es necesario que dicho electrodo de radiación 24 y dicho electrodo de alimentación de corriente 4 sean paralelos entre sí, sino que estén parcialmente alineados solamente.

La Figura 8 representa una antena de montaje en superficie según el cuarto ejemplo utilizado para facilitar la comprensión de la presente invención. Dado que se asignan los mismos símbolos y números de referencia a las partes que son iguales a las de las figuras anteriores, se omitirá la descripción de éstas. El electrodo de radiación 25 adopta la forma de una línea microtira, uno de cuyos extremos está conectado a tierra y el otro 20 es un extremo abierto. Aunque en cualquiera de los ejemplos anteriores el electrodo de radiación 2 abarca la longitud completa del sustrato dieléctrico 1 y la cara superior 1c de éste, la longitud del electrodo de radiación puede establecerse en 1/4 de la longitud de onda de la frecuencia deseada, que no es necesariamente la longitud completa del sustrato 1. El electrodo de radiación 25 es más corto que el sustrato 1, lo cual permite disponer de un margen de ajuste para disminuir la frecuencia central de la señal de propagación. Asimismo, las irregularidades de tamaño, grietas, etc. existentes en los bordes del sustrato 1 no suponen ningún problema para la formación del electrodo de radiación 25.

La Figura 9 representa una antena de montaje en superficie según el quinto ejemplo utilizado para facilitar la comprensión de la presente invención. Dado que se asignan los mismos símbolos y números de referencia a las partes que son iguales a las de las figuras anteriores, se omitirá la descripción de éstas. Un segundo electrodo de conexión a tierra 5 está situado sobre el sustrato 1, en una posición opuesta al extremo abierto 20 del electrodo de radiación 16 y separada de éste por un espacio G2. Esto permite proporcionar una capacitancia alta y estable entre el extremo abierto 20 del electrodo de radiación 26 y el conductor de tierra y proporcionar de ese modo un ajuste general de la frecuencia. El ajuste fino puede ser realizado mediante la inductancia y la capacitancia del electrodo de alimentación de corriente 4.

De conformidad con la capacitancia proporcionada por medio del espacio G2 comprendido entre el extremo abierto 20 del electrodo de radiación 26 y el segundo electrodo de conexión a tierra 5, podrá obtenerse la frecuencia deseada aunque el electrodo de radiación 26 sea corto, proporcionando una baja inductancia. En consecuencia, la antena de montaje en superficie que presenta dicha estructura es adecuada para la miniaturización.

Aunque el electrodo de alimentación de corriente 4 situado sobre el sustrato 1 se extiende desde la cara lateral 1b hasta la cara superior 1c, puede extenderse sólo por la cara lateral 1b dependiendo de las condiciones. Esto se aplica a cualquiera de los ejemplos anteriores. Cuando el electrodo de alimentación de corriente 4 está situado sólo en la cara lateral 1b, no es necesario prestar atención a la precisión de la junta, etc. durante la formación del electrodo de alimentación de corriente 4 mediante impresión serigráfica, etc., reduciéndose de ese modo el número de etapas, hecho deseable desde el punto de vista de la producción.

Las Figuras 10 a 12 representan antenas de montaje en superficie según las formas de realización primera a tercera de la presente invención. Dado que se asignan los mismos símbolos y números de referencia a las partes que son iguales a las de las figuras anteriores, se omitirá la descripción de éstas. En estas formas de realización, cada electrodo de radiación en forma de cinta 2 está situado encima del sustrato 1 y se extiende desde la cara lateral 1d hasta la cara superficial 1c.

En la primera forma de realización representada en la Figura 10, la parte de electrodo en forma de L 27 está situada en una parte terminal de la cara superior 1c y el electrodo en forma de L 28 se extiende de manera continua por la cara lateral adyacente 1d del sustrato 1. El electrodo de alimentación de corriente 4 adopta la forma de un portal que presenta unas partes de extremidades 43, 44, cada una de las cuales posee un extremo de alimentación de corriente, un extremo de conexión a tierra y una parte central 41 alineada con el electrodo de radiación, situado en la cara lateral 1b del sustrato 1 cerca del extremo abierto de la parte del electrodo en forma de L 27.

En la segunda forma de realización representada en la Figura 11, la parte de electrodo en forma de L 27 está situada en una parte terminal de la cara superior 1c del sustrato 1, y el electrodo en forma de L 29 se extiende de forma continua por la cara lateral adyacente 1d. En la tercera forma de realización representada en la Figura 12, la parte del electrodo en forma de L 27 está situada en una parte terminal de la cara superior 1c del sustrato 1, y el electrodo en forma de I 30 se extiende de forma continua por la cara lateral adyacente 1d. Con respecto a la forma del electrodo de alimentación de corriente 4, la segunda y la tercera forma de realización pueden ser sustancialmente iguales a la primera forma de realización.

Los electrodos 51 son electrodos soldados para sujetar la antena a la placa de circuitos, y las formas de realización representadas en las Figuras 11 y 12 comprenden electrodos adicionales 52 soldados para incrementar la adherencia a la placa de circuitos. Los electrodos 51, 52 no están conectados al conductor de tierra de la placa de circuitos. En las formas de realización representadas en las Figuras 10 a 12, el electrodo de radiación adopta la forma de una L para una mayor inductancia. En las formas de realización representadas en la Figura 11, tanto la parte del electrodo de radiación en forma de L 29 como la parte del electrodo de alimentación de corriente en forma de portal 4 presentan una parte doblada redondeada. El radio de curvatura R puede aplicarse sólo al electrodo de radiación. Cuando se proporciona un sustrato 1 de baja altura, como el representado en la Figura 12, el electrodo de soldadura 52 puede conectarse directamente con el electrodo de radiación 30 por medio de un electrodo de conexión 31 para estabilizar las características de la antena sin experimentar grandes variaciones.

Cuando la parte del electrodo en forma de L 29 presenta una parte doblada redondeada R como la representada en la Figura 11, la ganancia de radiación se incrementa. En un electrodo de radiación convencional que presenta una parte doblada que adopta sustancialmente una forma de L, U rectangular, zigzag o manivela, la parte recta y la parte doblada tienen anchuras diferentes y se conectan en rectángulo. Esto significa que la impedancia cambia de manera discontinua, provocando la reflexión parcial de la onda de propagación. En consecuencia, se produce una gran pérdida por reflexión en la señal de alta frecuencia de entrada, lo cual, a su vez, determina una reducción de la ganancia. Se ha comprobado que, cuando la parte doblada se redondea para proporcionar un electrodo lineal de sustancialmente la misma anchura, es posible evitar la discontinuidad de la impedancia. También se ha comprobado que el biselado de la parte doblada resulta efectivo. Si se pudiera suprimir la pérdida por reflexión de la parte doblada, la pérdida de transmisión de la corriente de resonancia que fluye a través del electrodo de radiación de la antena se reduciría y la ganancia se incrementaría.

Las Figuras 13 y 14 representan antenas de montaje en superficie según el sexto y el séptimo ejemplo utilizados para facilitar la comprensión de la presente invención. Dado que se asignan los mismos símbolos y números de referencia a las partes que son iguales a las de las figuras anteriores, se omitirá la descripción de éstas. Estos ejemplos se caracterizan por un electrodo de radiación 33 y un electrodo de alimentación de corriente 4. El electrodo de radiación 33 está situado principalmente en la cara superior 1c del sustrato 1 y, como en el ejemplo representado en la Figura 3, está constituido por una parte de electrodo de radiación 33a que se extiende en la dirección longitudinal desde un extremo conectado a un electrodo de conexión a tierra 3 hasta el otro extremo y se reduce en anchura sustancialmente de forma continua o escalonada, y una parte de electrodo de radiación 33b que se dobla por la parte terminal izquierda formando una U rectangular o una U normal. Con dicho electrodo de radiación 33, pueden obtenerse características de resonancia de banda ancha mediante la parte de electrodo de radiación 33a que adopta una forma trapezoidal, y la inductancia es complementada por la parte doblada del electrodo de radiación 33b. Los electrodos 51, que están soldados para fijar la antena a la placa de circuitos, tienen el tamaño mínimo.

Existe un espacio de alrededor de 0,2 a 0,5 mm entre la periferia externa del electrodo de radiación 33 y un borde del sustrato 1. Con este espacio, la impresión de los electrodos resulta más fácil y menos propensa a la desalineación. Este espacio impide también la abrasión de la superficie de los electrodos debido a la deformación y el agrietamiento de los bordes del sustrato 1, etc. Impidiendo la desalineación y la abrasión de los electrodos impresos, será posible

suprimir las variaciones de las frecuencias de propagación. La estructura en la que el electrodo de radiación 33 sólo abarca la cara superior 1c del sustrato 1 presenta un acoplamiento capacitivo con el conductor de tierra de la placa de circuitos más débil que el de la estructura en la que el electrodo de radiación 33 abarca también una cara lateral; en consecuencia, la primera estructura proporciona una ganancia superior.

Como se representa en la Figura 13, el electrodo de alimentación de corriente en forma de portal 4 situado en la cara lateral 1b está orientado hacia el extremo abierto 20 de la parte de electrodo de radiación 33b. El electrodo de alimentación de corriente 4 representado en la Figura 14 comprende una parte de electrodo en forma de L 41 que presenta un extremo de alimentación de corriente 43 en un extremo y está situado en la cara lateral 1b, una parte de electrodo en forma de I 42 formada en una cara terminal 1 f y una parte de electrodo en forma de L 45 que presenta un extremo de conexión a tierra 44 en un extremo y está situado en la cara lateral 1d. El electrodo de alimentación de corriente en forma de portal 4 comprende una parte alineada en forma de U rectangular 41 constituida por las partes de electrodo 41, 42, 45 situadas en las dos caras laterales 1b, 1d y una cara terminal 1f, y la parte alineada 41 está orientada hacia el electrodo de radiación en forma de U rectangular 33b. Con dicho electrodo de alimentación de corriente 4, el acoplamiento capacitivo puede realizarse sustancialmente en toda la parte en forma de U rectangular del electrodo de radiación 33, lo cual resultará ventajoso para la miniaturización de la antena. Asimismo, se puede proporcionar un espacio más amplio entre el electrodo de alimentación de corriente 4 y el electrodo de radiación 33 para obtener la misma capacitancia y reducir las variaciones de la capacitancia debidas a la desalineación de la impresión, etc. y las variaciones de la frecuencia de propagación.

La Figura 15 representa una antena de montaje en superficie según un octavo ejemplo utilizado para facilitar la comprensión de la presente invención. Este ejemplo difiere de las otras formas de realización y ejemplos en la estructura del electrodo de alimentación de corriente 4. Es decir, el electrodo de alimentación de corriente 4 está constituido por una parte de electrodo en forma de F 41 situada en la cara lateral 1b del sustrato 1, que presenta un extremo de alimentación de corriente 43, un extremo de conexión a tierra 44 y unas partes de electrodo rectas 42, 45 situadas en la cara terminal 1f y la cara lateral 1d. El electrodo de alimentación de corriente de este ejemplo puede obtener la adaptación de impedancias e incrementar el ancho de banda utilizando la resonancia compuesta.

La Figura 16 representa una antena de montaje en superficie según una cuarta forma de realización de la presente invención. El electrodo de radiación en forma de cinta 133 está constituido por una parte de electrodo en forma de manivela 133d situada en la cara lateral 1d en dirección longitudinal y una parte de electrodo en forma de L 133c situada en la cara superior 1c, que adoptan globalmente una forma de portal. La longitud de todo el electrodo de radiación 133 puede incrementarse, debido a que el electrodo de radiación 133 se extiende desde la cara superior 1c del sustrato 1 hasta la cara lateral 1d por medio de un doblez. Como consecuencia, el sustrato 1 de la antena puede reducirse con el mismo ancho de banda.

La relación de posiciones de la parte de alimentación de corriente 143 y la parte de conexión a tierra 144 del electrodo de alimentación de corriente 104 es opuesta a la de las formas de realización y ejemplos anteriores, estando situado el punto de alimentación de corriente 140 sustancialmente en el centro del sustrato, y la parte de alimentación de corriente 143, cerca del extremo abierto del electrodo de radiación 133. Por lo tanto, cuando la parte del electrodo en forma de L 133c situada en la cara superior 1c se proyecta sobre la cara inferior 1a, no se superpone al electrodo de conexión a tierra 32. Esta disposición proporciona características de antena muy equilibradas para el servicio GPS, mayor ancho de banda y buena omnidireccionalidad. El extremo abierto del electrodo de radiación 133 está cerca de la parte alineada 141 del electrodo de alimentación de corriente 104. Con la parte alineada ancha 141, es fácil conseguir la adaptación de las impedancias, dando por resultado una ligera mejora de la ganancia.

Aunque la parte alineada 141 adopta una forma rectangular ancha en esta forma de realización, la forma del electrodo de alimentación de corriente 104 puede cambiarse de diversas maneras dependiendo de la posición de la antena montada sobre la placa de circuitos, la disposición del recorrido de los conductores sobre la placa de circuitos, la estructura del electrodo de radiación, etc. Aunque las especificaciones de la placa de circuitos y el electrodo de radiación 133 cambien, la inductancia y la capacitancia pueden ajustarse correctamente estableciendo la disposición, la forma, el tamaño, etc. adecuados del electrodo de alimentación de corriente 104 situado entre el punto de alimentación de corriente 140 y el punto de conexión a tierra 142, para llevar a cabo con facilidad la adaptación de las impedancias.

La Figura 17 representa las relaciones entre la impedancia de entrada Z_{in}, determinada mediante simulación, y la constante dieléctrica ε_T del sustrato, con respecto a la antena de montaje en superficie de la Figura 1 y la antena de montaje en superficie (ejemplo convencional) de la Figura 21. Como puede observarse, el incremento de la capacitancia debido a la utilización de un sustrato de constante dieléctrica alta puede ser anulado correctamente mediante la inductancia, permitiendo de ese modo utilizar un material de constante dieléctrica alta ε_T de un valor máximo de alrededor de 50. Por lo tanto, es posible utilizar un material dieléctrico que presente una constante dieléctrica ε_T 5 veces más alta o más (alrededor de 4 veces) que la constante de los materiales dieléctricos convencionales, lo cual resulta efectivo en la miniaturización de la antena. Si se pudieran conseguir materiales dieléctricos estables en una zona de altas temperaturas o si se pudieran proporcionar técnicas de trabajo mejoradas, el límite superior de la impedancia de entrada Z_{in} se incrementaría todavía más. Además, es de esperar que, si se pudieran conseguir materiales compuestos de materiales de constante dieléctrica alta y materiales de constante dieléctrica baja, el límite superior también se incrementaría.

[6] *Aparato de comunicaciones*

La Figura 18 representa la antena 1B de la Figura 3 montada sobre una placa de circuitos 6. En la Figura 18 se omiten otras partes diferentes que la antena. La antena 1B se dispone en un área expuesta 65 de la placa de circuitos 6 donde el conductor de tierra no está presente, de tal forma que queda alineada con un borde 63 del conductor de tierra 62 en la dirección longitudinal y separada de éste por un pequeño espacio. En este caso, el electrodo de alimentación de corriente 4 está situado en el lado del conductor de tierra 62, y el extremo abierto 20 del electrodo de radiación 2 está situado en una posición alejada del conductor de tierra 62. Uno de los extremos del electrodo de alimentación de corriente en forma de portal 4 está conectado a un cable de alimentación de corriente 61 y el otro extremo del electrodo de alimentación de corriente en forma de portal 4 está conectado al conductor de tierra 62. Con esta estructura, la señal de alta frecuencia suministrada desde una fuente de alimentación 60 es enviada al electrodo de alimentación de corriente 4 por medio del cable de alimentación de corriente 61, y la corriente de la señal se divide en una corriente que fluye desde el extremo de alimentación de corriente 40 hasta el electrodo de radiación 2 por medio de la parte alineada 41, y una corriente que fluye hasta el conductor de tierra 62 por medio del extremo de conexión a tierra 42, obteniéndose de ese modo la adaptación de las impedancias y la excitación del electrodo de radiación 2. Como consecuencia de lo anterior, las ondas electromagnéticas se emiten al espacio desde el extremo abierto 20 del electrodo de radiación 2.

La mayoría de antenas convencionales se disponen perpendicularmente a un borde del conductor de tierra 62. En este caso, se dispone de un gran espacio muerto en la placa de circuitos, hecho que determina inevitablemente poca libertad en el diseño. No obstante, si en la placa de circuitos la antena se dispone en paralelo con un borde del conductor de tierra 62 y ligeramente separada de éste, el área (incluido el espacio muerto) sustancialmente ocupada por la antena se reducirá drásticamente, permitiendo una mayor libertad y densidad de diseño de montaje y reduciendo, por lo tanto, el espacio para el aparato de antena.

La disposición lateral de la parte de alimentación de corriente 43 y la parte de conexión a tierra 44 del electrodo de alimentación de corriente 4 puede cambiarse dependiendo de la disposición del cable de alimentación de corriente 61 y el conductor de tierra 62 sobre la placa 6, aunque es necesario que por lo menos el electrodo de alimentación de corriente 4 esté situado en el lado del cable de alimentación de corriente 61, y que el conductor de tierra 62 y el sustrato de la antena 1 estén situados en paralelo entre sí en la dirección longitudinal, para obtener los beneficios de la presente invención con una pequeña área ocupada. Para que la antena sea omnidireccional, ésta debe montarse preferentemente en un área expuesta 65 sin presencia del conductor de tierra 62.

Si se ensambla en un teléfono celular, un ordenador personal, etc., representados esquemáticamente en la Figura 19, la antena montada de esta manera sobre la placa de circuitos 6, ésta puede ser utilizada como un aparato de comunicaciones provisto de las funciones del sistema GPS y una LAN inalámbrica.

La Figura 20 representa un ejemplo en el que la antena representada en la Figura 16 se monta sobre una placa de circuitos 6 distinta de la representada en la Figura 18. Se asignan los mismos números de referencia a las mismas partes que la Figura 18. La antena IL se dispone sobre un área expuesta 65 de la placa de circuitos 6 que carece del conductor de tierra 62, de tal forma que el sustrato de la antena 1 queda alineado con el borde 63 del conductor de tierra 62 y separado de éste por un pequeño espacio.

El electrodo de alimentación de corriente 4 está situado en la cara lateral 1b del sustrato 1 en el lado del conductor de tierra 62, con el extremo de alimentación de corriente 140 del electrodo de alimentación de corriente 104 conectado al cable de alimentación de corriente 61 y el extremo de conexión a tierra 142 conectado al conductor de tierra 62. Una parte del electrodo de conexión a tierra 32 conectado al electrodo de radiación 133, que está situada cerca de una esquina de la placa de circuitos 6, está conectada al conductor de tierra 62 de la placa de circuitos 6 por medio de un electrodo lineal 66. El electrodo lineal 66 actúa como una inductancia, facilitando la miniaturización del sustrato 1 de la antena. Para el mismo sustrato 1, el ancho de banda puede ampliarse utilizando un material de constante dieléctrica inferior Se proporcionan áreas metálicas 51' y 53' para sujetar el sustrato 1 de la antena a la placa de circuitos 6 mediante soldadura.

Con respecto al ejemplo 2 representado en la Figura 3, el ejemplo 7 representado en la Figura 11 y el ejemplo 12 representado en la Figura 16, se han realizado comprobaciones de las características de las antenas. Asimismo, para comprobar las características de la antena, se ha utilizado como ejemplo comparativo 1 una antena igual a la representada en la Figura 3, excepto porque la parte del electrodo de radiación 2 adopta una forma de zigzag como la representada en la Figura 23. El sustrato de la antena está constituido por una cerámica dieléctrica con una constante dieléctrica ε_T igual a 21. Las dimensiones del sustrato son: 15 mm de largo x 3 mm de ancho x 3 mm de grueso en el ejemplo 2 y el ejemplo comparativo 1, y 10 mm de largo x 3 mm de ancho x 2 mm de grueso en los ejemplos 7 y 12. Con una frecuencia de propagación cuyo valor central se halla en 1,575 GHz ± 1 MHz, se ha medido el ancho de banda BW (MHz), la ganancia media (dBi) y la direccionalidad a una relación de onda estacionaria (VSWR) de 2.

Con el terminal de alimentación de corriente situado en una parte terminal de la placa de montaje de la antena conectado a un terminal de entrada del analizador de red por medio de un cable coaxial (impedancia característica: 50 Ω), se ha medido el parámetro de distribución de la antena en el terminal de alimentación de corriente observado desde el analizador de red. La VSWR se ha calculado a partir de los valores resultantes de la medición. La ganancia se ha medido conectando un generador de señales al terminal de alimentación de corriente de la antena que se desea

comprobar (lado de transmisión) en una cámara anecoica, y recibiendo la energía eléctrica emitida desde la antena que se desea comprobar a través de una antena receptora de referencia. La ganancia Ga de la antena que se va a comprobar se expresa mediante la ecuación Ga = Gr x Pa/Pr, siendo Pa la energía eléctrica recibida desde la antena que se va a comprobar, y Pr la energía eléctrica recibida medida por una antena transmisora de referencia que presenta una ganancia Gr conocida. Con respecto a la direccionalidad, la antena que se va a comprobar se sitúa en una mesa giratoria y se hace girar alrededor de los ejes X, Y y Z, respectivamente, como se indica en la Figura 18, para medir la ganancia en cada ángulo de rotación. Además, teniendo en cuenta que la antena se monta en un aparato de comunicaciones tal como un teléfono celular, etc., como se representa en la Figura 19, se ha estudiado la dependencia con el metal de las características de la antena. Los resultados de la medición se representan en la Tabla 1.

TABLA 1

N.º	Fig.	Ancho de banda (MHz)	Ganancia media (dBi)	Dependencia con metal
Ejemplo 2	3	40	-4,5	Poca (estable, ganancia alta)
Forma de realización 2	11	35	-5,5	Poca (estable, ganancia alta)
Forma de realización 4	16	45	-4,5	Poca (estable, ganancia alta)
Ejemplo comparativo 1	23	45	-6,0	Mucha (se deteriora rápidamente con aproximación de metal)

A partir de los resultados anteriores, es evidente que la antena del ejemplo 2 y las formas de realización 2 y 4 permiten adaptar las impedancias con facilidad, a pesar de que el sustrato posee una constante dieléctrica relativamente alta. Aunque las antenas del ejemplo 2 y la forma de realización 2 presentan un ancho de banda ligeramente inferior al del ejemplo comparativo 1, éstas presentan una alta ganancia de radiación y características estables y sólo experimentan una pequeña reducción de la ganancia con la aproximación de un metal. Las antenas de las formas de realización 2 y 4 presentan un buen ancho de banda y ganancia, aunque el tamaño del sustrato es pequeño (alrededor de 2/3). Con respecto a la omnidireccionalidad, tres de las antenas anteriores tienen una ganancia sustancialmente cercana a la de un círculo en tres ejes, lo cual indica que carecen de direccionalidad y, por lo tanto, presentan características omnidireccionales. A partir de lo anterior, es evidente que la antena de la forma de realización 2 y, particularmente, la antena de la forma de realización 4 presentan una combinación bien equilibrada de ancho de banda, ganancia de radiación, direccionalidad y dependencia con el metal. Parece ser que el motivo por el cual la antena del ejemplo comparativo 1 presenta una baja ganancia de radiación radica en el hecho de que, debido a la dificultad para realizar la adaptación de las impedancias, el electrodo de radiación adopta una forma de zigzag para incrementar la inductancia de adaptación.

Por lo tanto, es evidente que, utilizando un electrodo de radiación con la forma representada en las Figuras 10 a 16, podrá fabricarse una antena de tamaño pequeño de 10 mm de largo o menos, alrededor de 3 mm de ancho o menos y alrededor de 2 mm de grueso o menos.

La forma del sustrato de la antena no está limitada a un cuerpo sólido rectangular, sino que puede ser cualquier forma adecuada, pudiéndose utilizar un cuerpo o laminado magnético o un cuerpo o laminado de resina. Asimismo, para ampliar el ancho de banda y ajustar la frecuencia, resulta efectivo recortar la parte alineada 23a o el sustrato 1 cerca del extremo del electrodo de radiación 2.

Aunque el electrodo de radiación puede adoptar diversas formas, tales como una forma trapezoidal, una forma escalonada, una forma curva, una forma zigzagueante, una forma parcialmente zigzagueante, una forma de manivela, etc., es deseable que el electrodo de radiación presente una forma cuya anchura se estrecha sustancialmente de forma continua o escalonada en la dirección longitudinal. No es necesario que uno de los extremos del electrodo de radiación esté conectado de forma continua al electrodo de conexión a tierra, sino que puede unirse a éste mediante un acoplamiento capacitivo discontinuo.

Es de esperar que, cuando la antena de la presente invención se monte sobre un área de la placa de circuitos que carece del conductor de tierra, se obtengan las características máximas de la antena; en cambio, es de esperar que, cuando ésta se monte sobre un área en la que está presente el conductor de tierra, se pierdan parte de las características de la antena. Las estructuras de las antenas de los ejemplos y las formas de realización anteriores pueden combinarse, siendo posible realizar diversas modificaciones a las mismas dentro del alcance de la presente invención.

Como se ha descrito anteriormente, según la presente invención, la adaptación de impedancias resulta fácil particularmente cuando se utiliza un material de constante dieléctrica alta para el sustrato, que proporciona una antena de montaje en superficie pequeña, de poco peso, de alta ganancia y omnidireccional. La antena de montaje en superficie de la presente invención, utilizada para el servicio GPS, la red LAN inalámbrica, etc., funciona como un aparato de comunicaciones que presenta por completo todas sus características.

REIVINDICACIONES

1. Antena de montaje en superficie que comprende:

un sustrato rectangular (1) que comprende una cara superior, una cara inferior y unas caras laterales, y está constituido por un material dieléctrico o magnético,

un electrodo de radiación en forma de cinta (2, 133) situado encima de dicho sustrato,

un electrodo de conexión a tierra (32) situado encima de dicho sustrato, que presenta una conexión directa o un acoplamiento capacitivo con uno de los extremos de dicho electrodo de radiación, y

un electrodo de alimentación de corriente (4, 104) que comprende una parte de alimentación de corriente (43, 143) y una parte de conexión a tierra (44, 144), cada una de las cuales se extiende sustancialmente en la dirección vertical sobre una cara lateral longitudinal (1b) de dicho sustrato, y una parte alineada (41, 141) que se extiende entre dicha parte de alimentación de corriente y dicha parte de conexión a tierra,

caracterizada porque:

el área de dicho electrodo de conexión a tierra (32) situada en la cara inferior (1a) de dicho sustrato es el 30% o menos de dicha cara inferior,

el conjunto del electrodo de radiación (2, 133) presenta una forma de cinta que comprende una parte de electrodo (28, 29, 30, 133d) situada en la otra cara lateral longitudinal (1d) de dicho sustrato y conectada a una parte de electrodo en forma de L (27, 133c) situada en la cara superior (1c) de dicho sustrato,

dicha parte alineada (41, 141) se extiende entre dicha parte de alimentación de corriente (43, 143) y dicha parte de conexión a tierra (44, 144) sustancialmente en paralelo con una parte de dicha parte de electrodo en forma de L (27, 133c), y dicho electrodo de alimentación de corriente (4, 104) está separado de dicho electrodo de radiación (2, 133) por un espacio comprendido entre dicha parte alineada (41, 141) y dicha parte de electrodo en forma de L (27, 133c), y, de ese modo, la forma y la relación de posiciones de dicho electrodo de alimentación de corriente (4, 104) y dicho electrodo de radiación (2, 133) proporcionan una capacitancia y una inductancia ajustadas para la adaptación de las impedancias.

2. Antena según la reivindicación 1, en la que dicha parte de alimentación de corriente (143) está situada cerca de un extremo abierto de dicho electrodo de radiación (133), mientras que dicha parte de conexión a tierra (144) está situada cerca de un extremo del sustrato (1) que está opuesto a dicho electrodo de conexión a tierra (32).

3. Aparato de comunicaciones que comprende una antena según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, montada sobre un área (65) de una placa de circuitos (6) donde no está presente el conductor de tierra (62), en el que dicho sustrato (1) con dicho electrodo de radiación (133) que se extiende en la dirección longitudinal está alineado con uno de los bordes de dicho conector de tierra y separado de éste por un espacio, y dicho electrodo de alimentación de corriente (104) está dispuesto sobre dicha antena en la cara orientada hacia dicho conductor de tierra.

4. Aparato según la reivindicación 3, en el que dicho electrodo de conexión a tierra (32) está dispuesto sobre dicha antena en la cara opuesta al conductor de tierra (62), cerca de una de las esquinas de dicha placa de circuitos (6), y está conectado a un conductor de dicha placa de circuitos mediante un conductor lineal (66).

Fig. 1

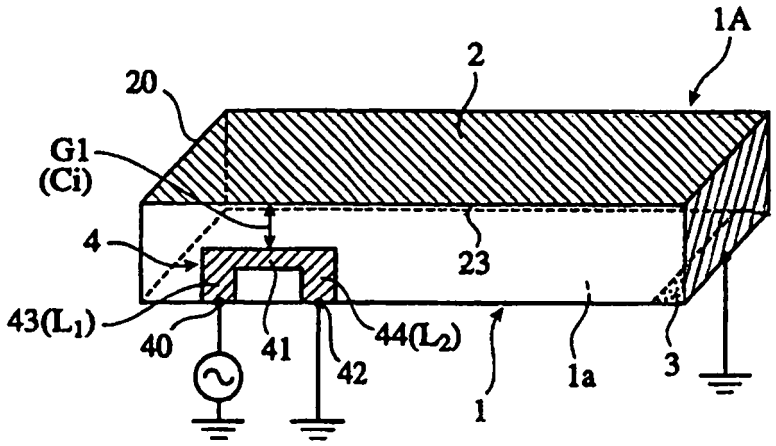

Fig. 2

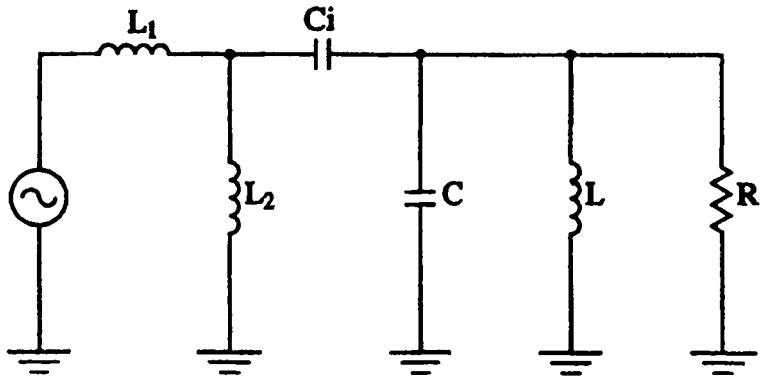

Fig. 3

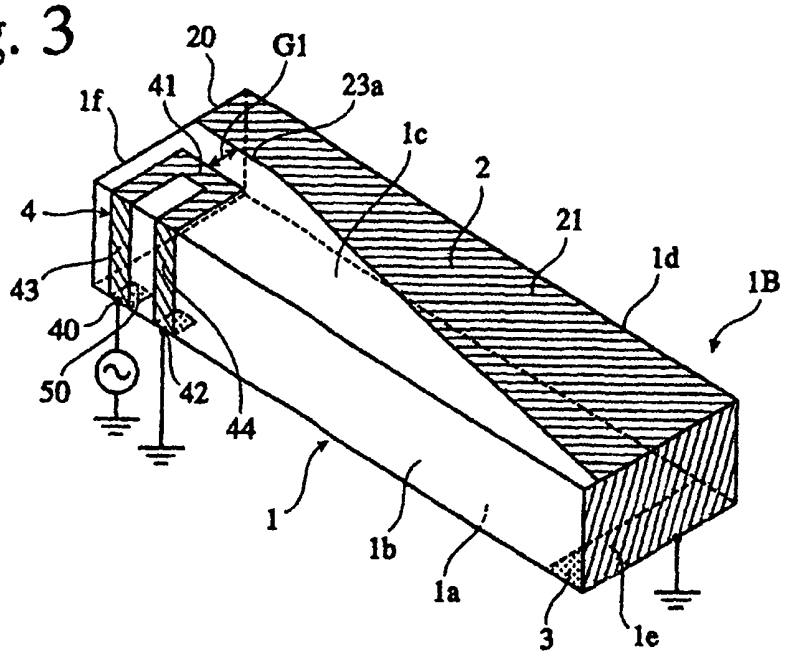

Fig. 4

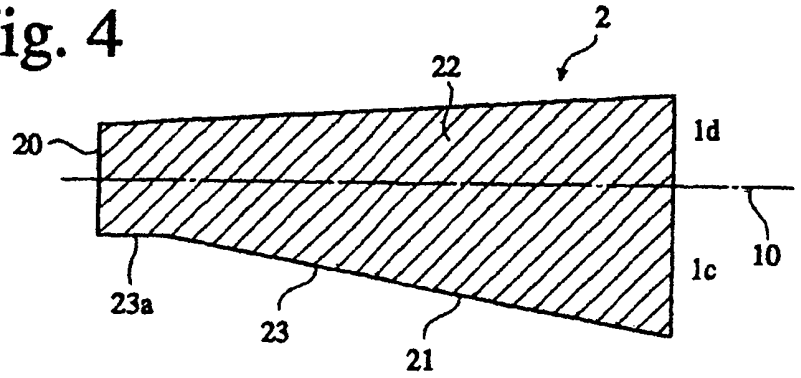

Fig. 5

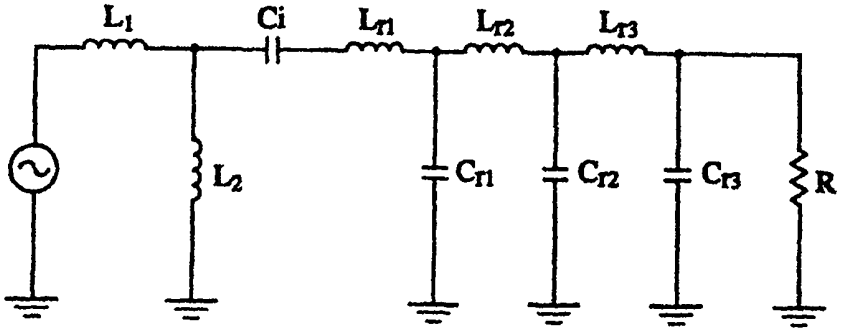

Fig. 6(a)

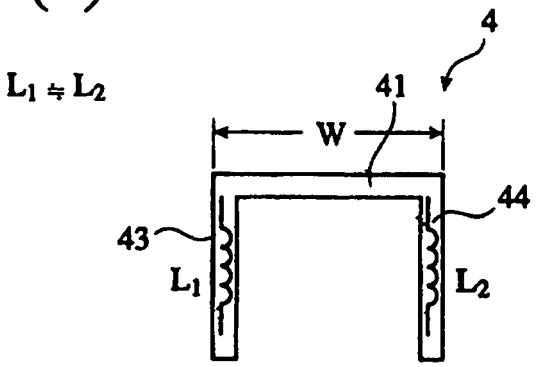

Fig. 6(b)

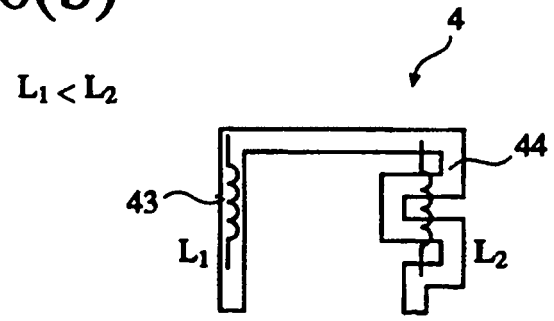

Fig. 6(c)

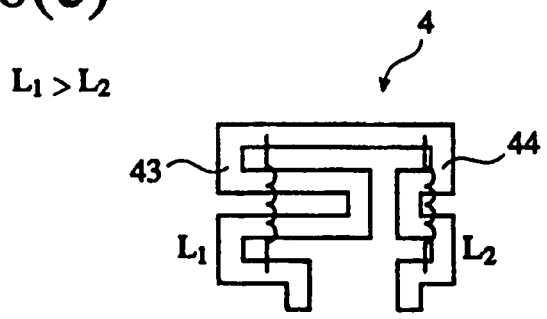

Fig. 7

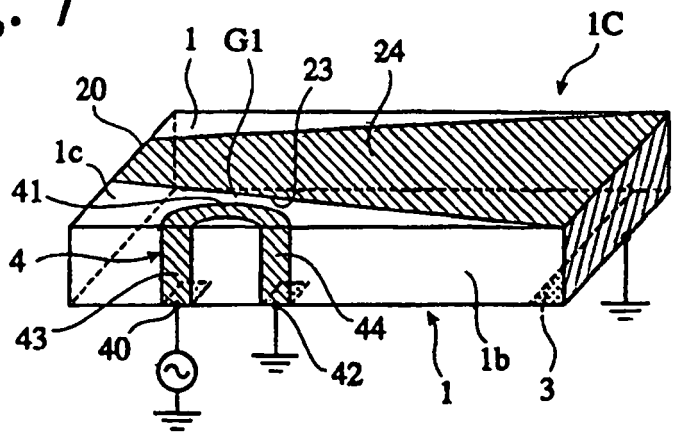

Fig. 8

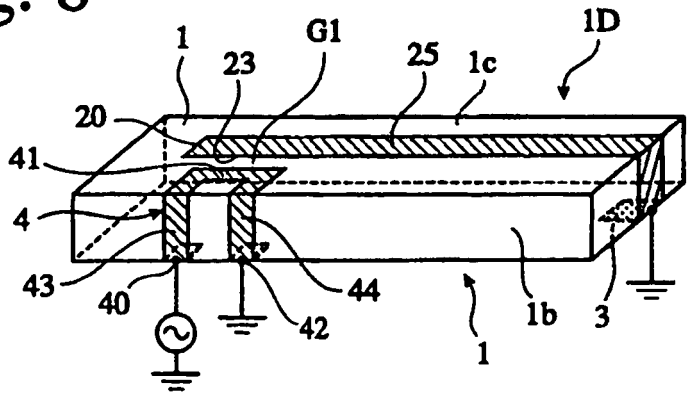

Fig. 9

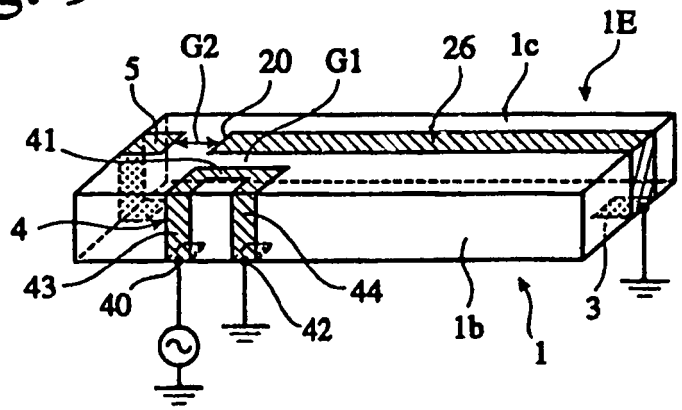

Fig. 10(a)

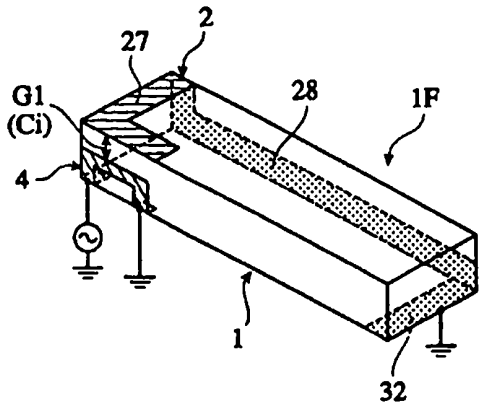

Fig. 10(b)

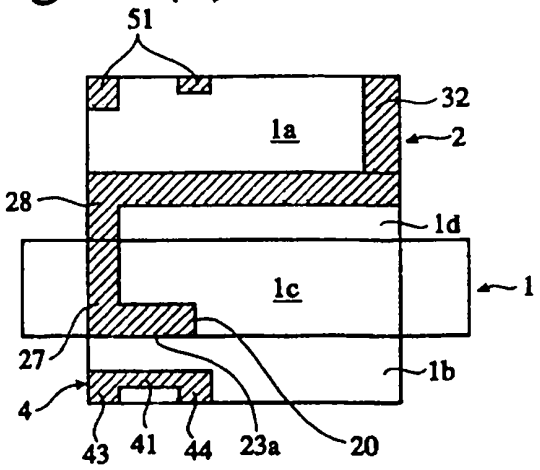

Fig. 11(a)

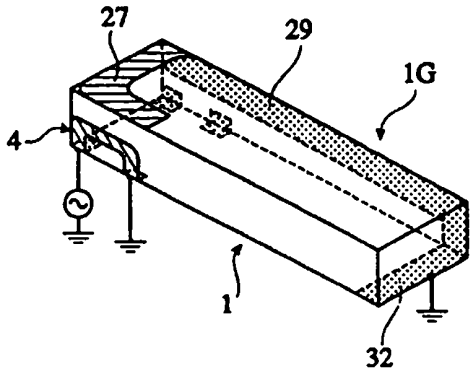

Fig. 11(b)

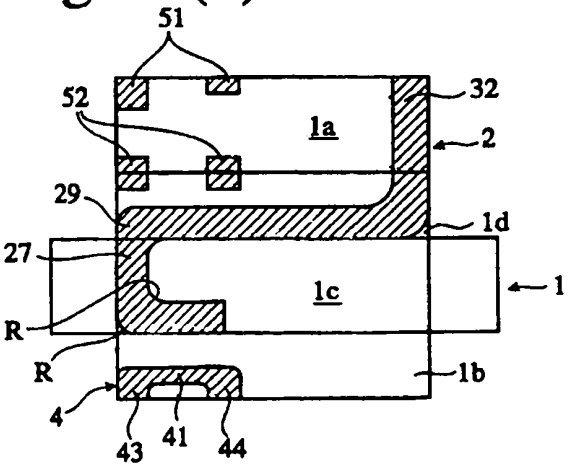

Fig. 12(a)

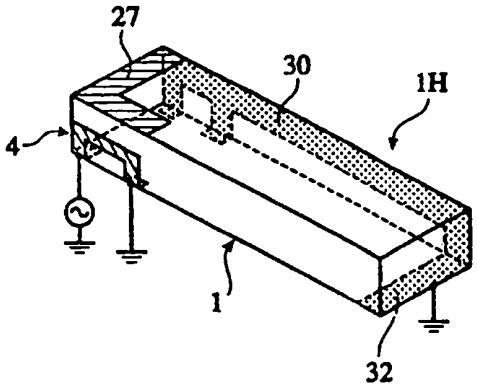

Fig. 12(b)

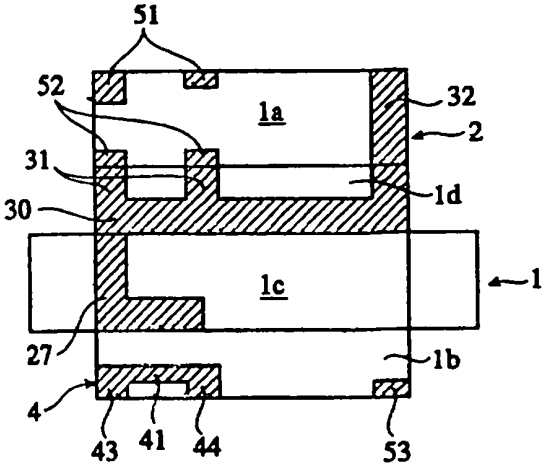

Fig. 13(a)

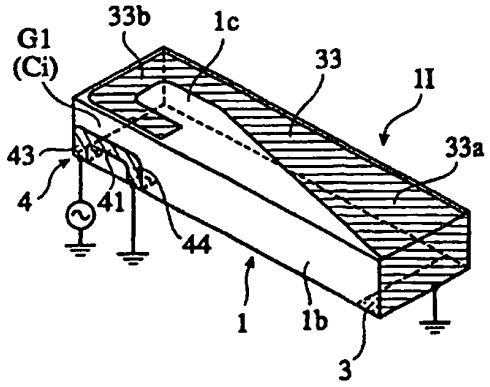

Fig. 13(b)

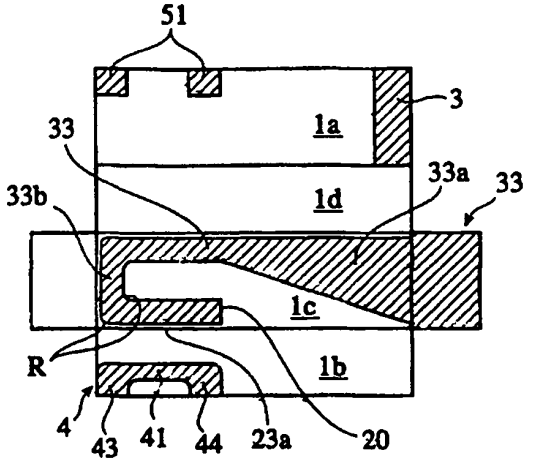

Fig. 14(a)

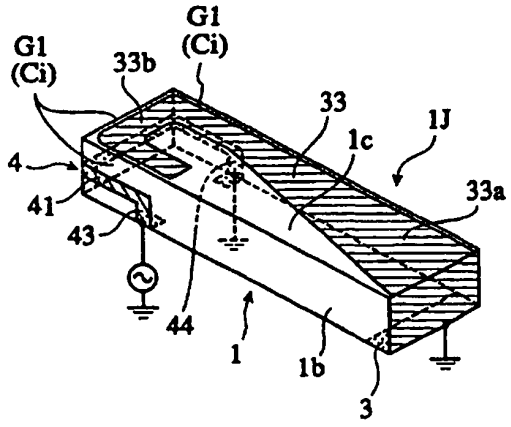

Fig. 14(b)

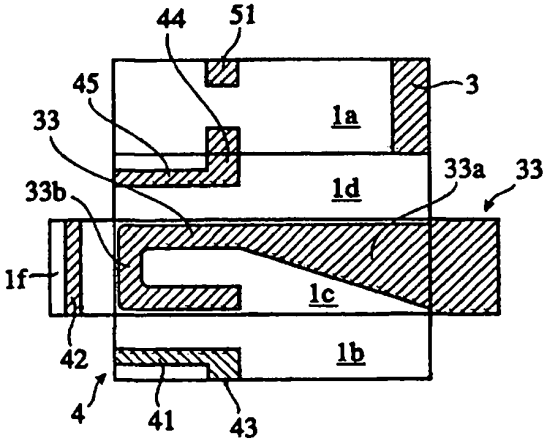

Fig. 15(a)

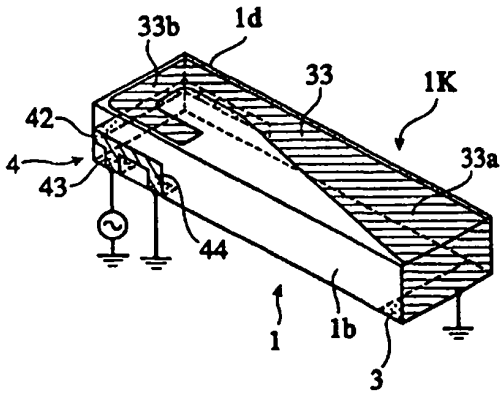

Fig. 15(b)

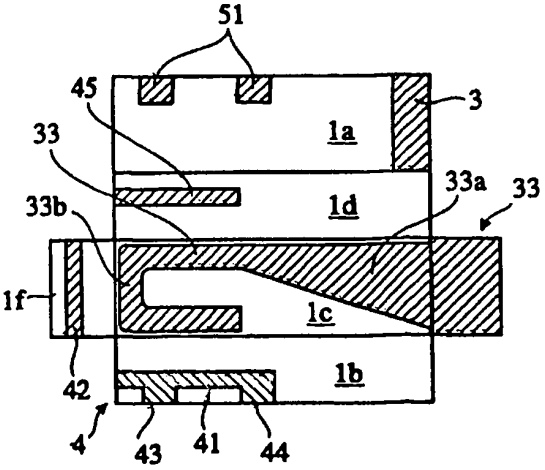

Fig. 16(a)

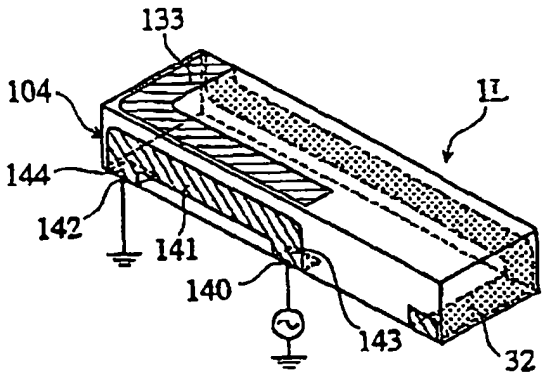

Fig. 16(b)

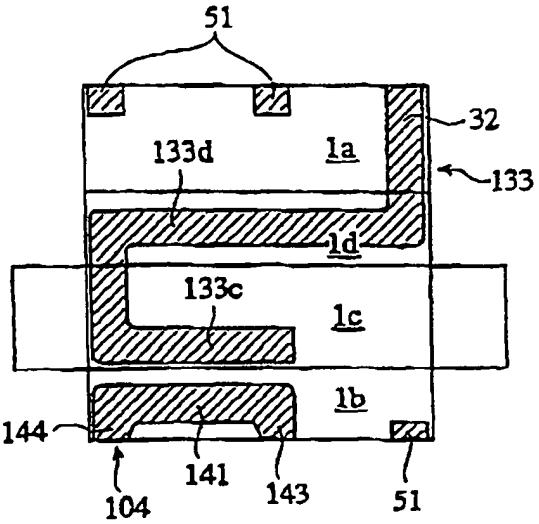

Fig. 17

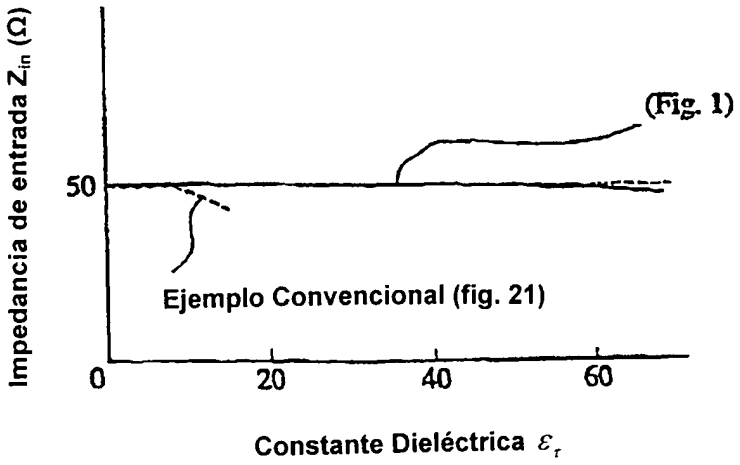

Fig. 18

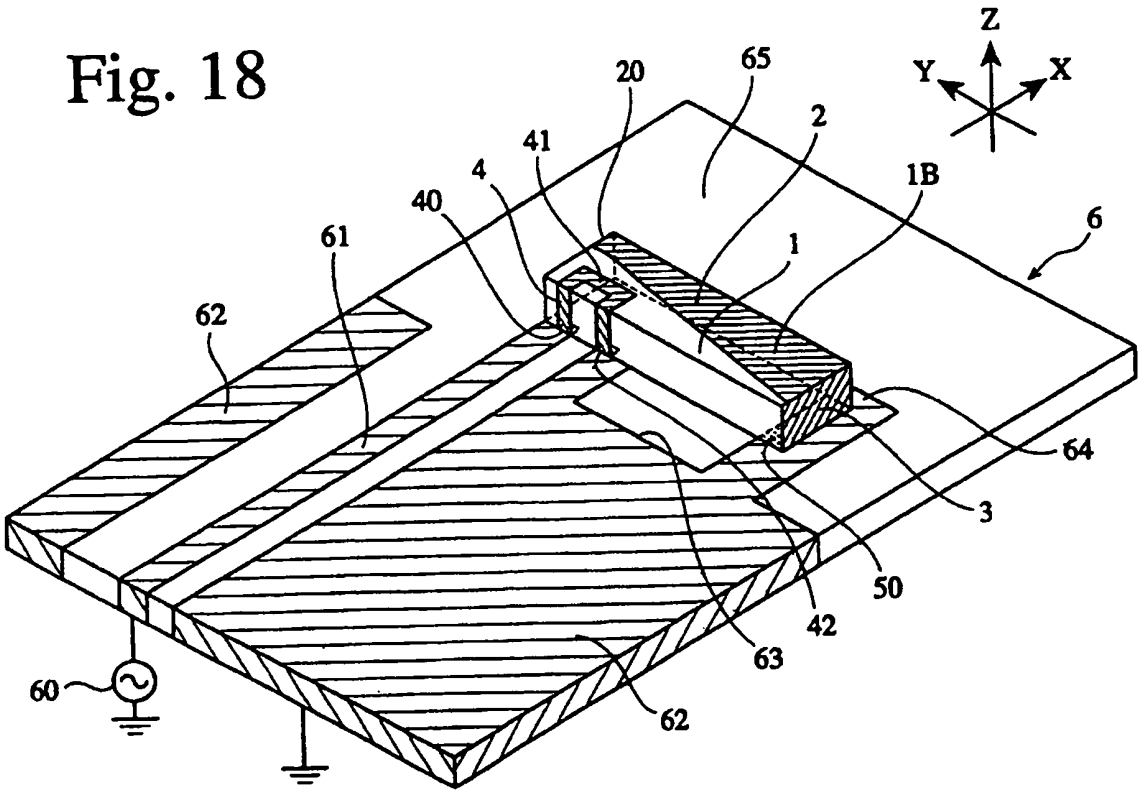

Fig. 19

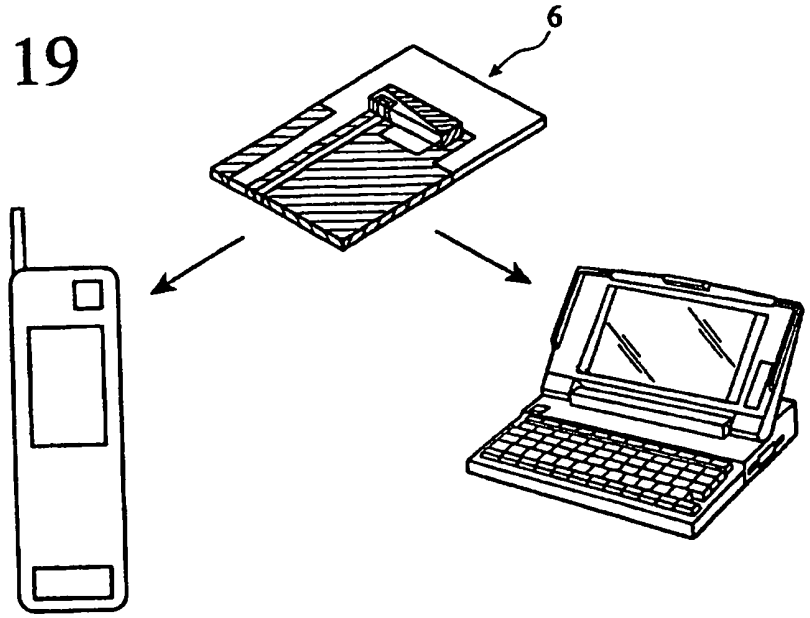

Fig. 20(a)

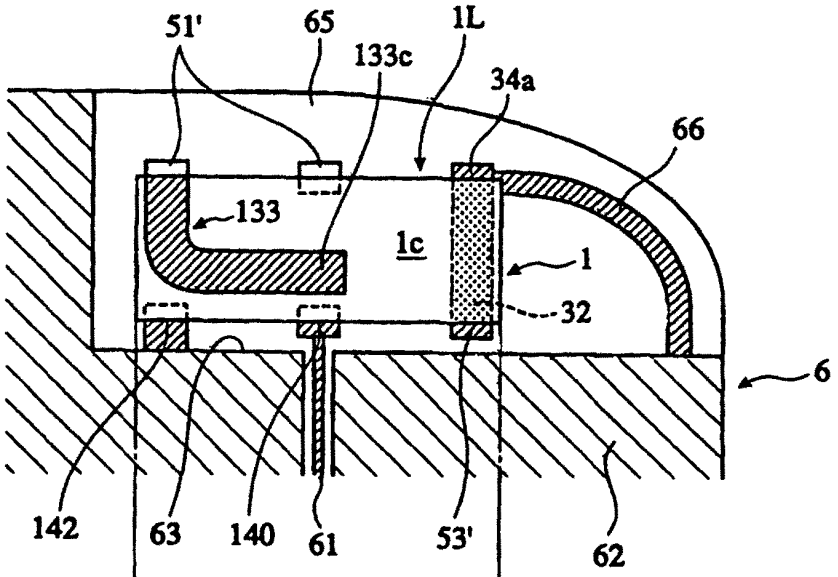

Fig. 20(b)

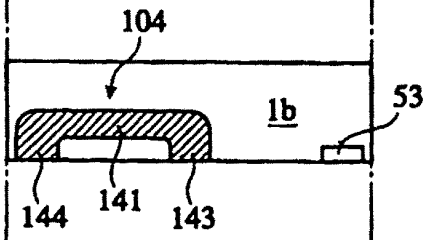

Fig. 20(c)

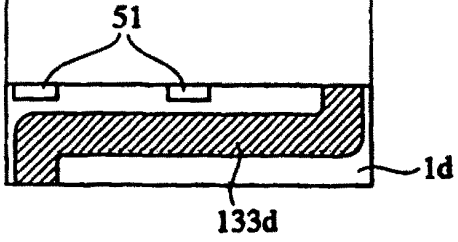

Fig. 21

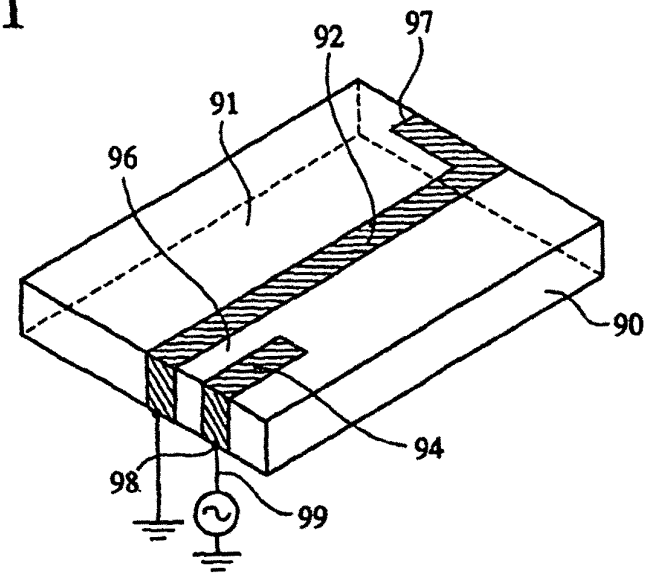

Fig. 22

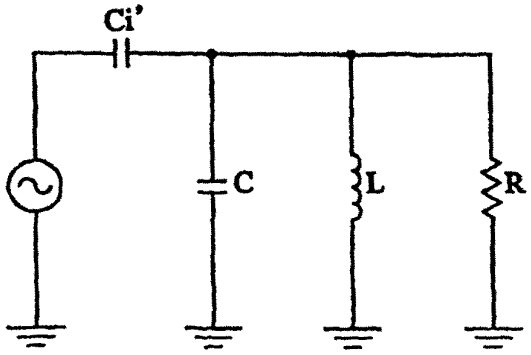
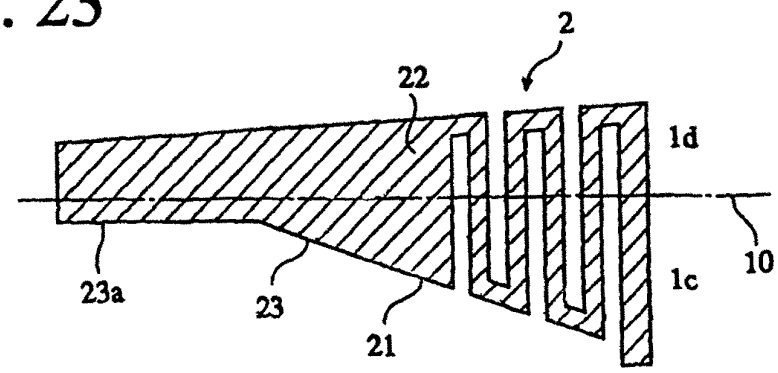
Fig. 23