



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 338 029**

51 Int. Cl.:  
**H01P 5/107** (2006.01)  
**H01P 1/15** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05777137 .0**  
96 Fecha de presentación : **15.06.2005**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1766719**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.03.2007**

54 Título: **Dispositivo de transición entre una guía de ondas y dos circuitos redundantes acoplados a sendas líneas coplanares.**

30 Prioridad: **17.06.2004 FR 04 06596**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**03.05.2010**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**03.05.2010**

73 Titular/es: **CENTRE NATIONAL D'ETUDES  
SPATIALES (C.N.E.S.)  
2, place Maurice Quentin  
75039 Paris Cédex 01, FR**

72 Inventor/es: **Lapierre, Luc;  
Puech, Jerome;  
Picon, Odile;  
Ramdane, Ahlem y  
Richalot-Taisne, Elodie**

74 Agente: **Mir Plaja, Mireia**

ES 2 338 029 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

Dispositivo de transición entre una guía de ondas y dos circuitos redundantes acoplados a sendas líneas coplanares.

5 La invención se refiere a un dispositivo de transición entre una guía de ondas y al menos dos circuitos redundantes, llamados circuitos de tratamiento, para el tratamiento de señales recibidas y/o emitidas por la guía de ondas, estando cada circuito de tratamiento acoplado a una línea coplanar que le es propia.

10 El dispositivo según la invención está por ejemplo destinado a estar asociado a una guía de ondas de una antena de recepción de ondas electromagnéticas de hiperfrecuencia (por ejemplo dentro de la banda Ka) dentro del marco de un conjunto de recepción, en el terreno de la comunicación espacial. Los circuitos de tratamiento son entonces por ejemplo circuitos amplificadores de bajo ruido (llamados LNA, "Low Noise Amplifier"), que están destinados a amplificar una señal recibida por la guía de ondas de la antena. El dispositivo según la invención es igualmente conveniente para otras aplicaciones (particularmente terrestres) de recepción de ondas electromagnéticas, dentro de  
15 otras bandas de frecuencias. Dicho dispositivo es igualmente conveniente para aplicaciones de emisión de ondas electromagnéticas (eventualmente a largas distancias) por medio de una guía de ondas a partir de señales tratadas por un circuito de tratamiento.

20 De manera habitual se designa como "guía de ondas" un tubo hueco de sección interna rectangular o eventualmente circular, por ejemplo, hecho de un material eléctricamente conductor, cuyo tubo es apto para confinar y transportar ondas electromagnéticas según una dirección longitudinal de dicho tubo, llamada dirección longitudinal de propagación.

25 Por otro lado, la expresión "línea coplanar" designa de manera habitual un circuito de hiperfrecuencia que comprende tres bandas paralelas de material conductor que discurren todas ellas en un mismo plano sobre una capa de sustrato de material dieléctrico: una banda central llamada tira central de transmisión, y dos bandas laterales conectadas a la masa, llamadas bandas laterales de masa. Las líneas coplanares están adaptadas para vehicular una energía electromagnética hacia y/o desde circuitos integrados semiconductores. Existen otros tipos de circuitos de hiperfrecuencia aptos para vehicular una energía electromagnética de manera planar; pero las líneas coplanares son particularmente apreciadas por su estructura coplanar que facilita la conexión de los circuitos de tratamiento (montaje en  
30 "flip-chip" ...) y que ofrece escasas pérdidas de alta frecuencia.

35 Estas dos tecnologías (guía de ondas/línea coplanar), cuyos modos de funcionamiento son distintos, se codean en el seno de un conjunto de recepción y/o de emisión: las ondas transmitidas a través del espacio son recibidas y/o emitidas por una antena hecha con la tecnología de las guías de ondas; y la transmisión de una señal correspondiente hasta y/o desde un circuito de tratamiento es asegurada por una línea coplanar. Entre estos dos tipos de transmisión de energía es necesario un dispositivo de transmisión que transforme el modo de guía de ondas en modo coplanar (o a la inversa).

40 La WO 93/22802 describe un dispositivo de transición entre una guía de ondas receptora, de sección rectangular, y una línea coplanar única que puede por ejemplo alimentar a un circuito amplificador. La línea coplanar está dispuesta ortogonalmente con respecto a la dirección longitudinal de propagación de la guía de ondas, en el exterior de la misma, y en el interior de la guía de ondas está prolongada por una sonda que asegura la transición de la señal.

45 Un dispositivo de transición de este tipo entre una guía de ondas y un circuito de tratamiento por medio de una línea coplanar única presenta el inconveniente de no asegurar redundancia alguna. El conjunto de recepción deviene totalmente inoperante en caso de avería de un componente del único circuito amplificador alimentado por dicha línea coplanar, o en caso de imperfecciones de la línea coplanar o de daños sufridos por la misma.

50 La invención pretende paliar este inconveniente proponiendo un dispositivo redundante de transición entre una guía de ondas y al menos dos circuitos de tratamiento redundantes acoplados a sendas líneas coplanares de transición que les son propias. Tanto en recepción como en emisión, la señal no debe ser tratada más que por un solo circuito de tratamiento a la vez, y la transmisión de la señal no debe en todo instante ser asegurada más que por una sola línea coplanar a la vez, a la que entonces se denomina línea coplanar activa. En recepción, esta constricción supone que sea posible elegir, en función del estado de cada uno de los circuitos de tratamiento, la línea coplanar que se desee que sea activa y neutralizar la otra línea coplanar, a la que entonces se denomina línea coplanar inactiva. El documento  
55 US 6573810, al que se considera como el estado de la técnica más cercano, describe un dispositivo redundante de transición entre una guía de ondas y dos circuitos redundantes acoplados a interfaces de microondas situadas lado a lado sobre la misma cara.

60 Por otro lado son ya conocidas topografías redundantes de líneas coplanares, llamadas topografías de polo simple y línea doble, tales como las descritas en la publicación "Original MEMS-based single pole double throw topology for millimeter wave space communication" (David Dubuc *et al.*, LAAS-CNRS, UPS y Alcatel Space Industries, Conferencia europea sobre las microondas, Munich 2003). La topografía descrita comprende una línea coplanar anterior según la dirección de propagación de la señal que se escinde en dos ramas paralelas sobre una misma cara de un sustrato, formando cada rama una línea coplanar posterior según la dirección de propagación de la señal. Una de las líneas  
65 posteriores según la dirección de propagación de la señal, llamada línea coplanar paralela, está provista de un inversor de cuarto de onda seguido de un conmutador microelectromecánico, llamado MEMS o conmutador MEM, montado en paralelo. La otra línea posterior según la dirección de propagación de la señal, llamada línea coplanar serie, está

## ES 2 338 029 T3

provista de un MEMS montado en serie. Cada línea coplanar posterior según la dirección de propagación de la señal lleva y alimenta, posteriormente al MEMS según la dirección de propagación de la señal, un circuito amplificador que se compone de un filtro y dos amplificadores de bajo ruido. En funcionamiento normal, ninguno de los dos MEMS está activado (o en otras palabras, ninguno de los MEMS está bajo tensión), y el circuito amplificador operante es el alimentado por la línea coplanar paralela. En caso de avería de este circuito amplificador, los dos MEMS son activados (puestos bajo tensión) para permitir la utilización del circuito amplificador de la línea serie: la línea coplanar paralela, puesta en cortocircuito, es entonces neutralizada, y la línea coplanar serie, cerrada por su MEMS, deviene pasante y por lo tanto activa.

Una topografía de este tipo es utilizada en calidad de circuito frontal redundante de bajo ruido en un repetidor espacial de alta fiabilidad. Dicha topografía realiza un dispositivo redundante de transición entre una línea coplanar anterior según la dirección de propagación de la señal y los dos circuitos amplificadores de bajo ruido que lleva.

Además del hecho de que no realiza una transición entre una guía de ondas y dos circuitos amplificadores, esta topografía conocida presenta una anchura relativamente importante que resulta de la presencia lado a lado de las dos líneas coplanares posteriores según la dirección de propagación de la señal. Hay que señalar que en toda la exposición que se hace de aquí en adelante el vocablo “anchura” de una línea coplanar o de una topografía formada por líneas coplanares, o de un elemento de una línea coplanar, designa una dimensión de dicha línea o dicha topografía o dicho elemento según una dirección, llamada dirección transversal, ortogonal con respecto a la dirección longitudinal de la(s) línea(s) coplanar(es) y paralela al plano de dicha(s) línea(s).

La anchura de esta topografía conocida (de polo simple y línea doble) es incompatible con su integración en ciertos conjuntos espaciales de recepción que no disponen más que de un espacio restringido para la integración de un sistema amplificador redundante. Hay pues necesidad de dispositivos redundantes de transición de dimensiones exteriores reducidas, necesidad que no ha sido satisfecha hasta la fecha.

En este contexto, la invención pretende proponer un dispositivo redundante de transición entre una guía de ondas y al menos dos circuitos de tratamiento independientes y redundantes, acoplados a sendas líneas coplanares, cuyo dispositivo de transición permita asegurar una redundancia con vistas a paliar los inconvenientes de una eventual avería de uno de los circuitos de tratamiento o de un eventual daño sufrido por una de las líneas coplanares, y presente además unas dimensiones exteriores reducidas.

Hay que señalar que la invención pretende aportar tanto dispositivos redundantes de transición adaptados a aplicaciones de recepción de ondas electromagnéticas -asegurando entonces el dispositivo la transición hasta el circuito operante de tratamiento de una señal recibida por la guía de ondas-, como dispositivos redundantes de transición adaptados a aplicaciones de emisión de ondas electromagnéticas -asegurando entonces el dispositivo la transición hasta la guía de ondas de una señal emitida por el circuito de tratamiento operante-.

Un objetivo de la invención es particularmente el de aportar un dispositivo redundante de transición entre una guía de ondas de una antena satélite de recepción de ondas de hiperfrecuencia y dos circuitos amplificadores de bajo ruido.

La invención pretende además aportar un dispositivo de transición más compacto y particularmente apto para ser integrado en un conjunto de recepción dotado de una antena múltiple, tal como una antena llamada antena FAFR (“Focal Array Fed Reflector”). Para hacer esto, la guía de ondas y el dispositivo redundante de transición asociado a la misma deben tener una dimensión transversal inferior al paso entre las antenas elementales de la antena FAFR. En particular, la invención pretende aportar una guía de ondas y un dispositivo redundante de transición asociado a la misma cuya sección transversal presente una dimensión inferior a una decena de milímetros al estar los mismos destinados a una antena múltiple de recepción de ondas de frecuencias comprendidas entre 27 y 31 GHz (banda Ka).

Otro objetivo de la invención es el de aportar un dispositivo redundante de transición que presente características funcionales mejoradas en cuanto a la calidad de la transición y a la transmisión de la señal a los circuitos de tratamiento o desde éstos últimos (pérdidas reducidas, bajo ruido, ...). En particular, la invención pretende aportar un dispositivo en el cual las pérdidas en la transición entre la guía de ondas y cada línea coplanar y las pérdidas a lo largo de dichas líneas coplanares sean muy reducidas. La invención pretende ofrecer un dispositivo que responda a las particularmente severas exigencias de la comunicación espacial.

Otro objetivo de la invención es el de aportar un dispositivo redundante de transición que presente una banda de frecuencias de funcionamiento ensanchada. La invención pretende igualmente proponer una gama de dispositivos de transición adaptados cada uno a una banda de frecuencias predeterminada.

Otro objetivo de la invención es el de aportar un dispositivo redundante de transición para conjunto de recepción que sea apto no tan sólo para no transmitir una señal más que a uno solo de los circuitos de tratamiento a la vez, sino también para transmitir la misma señal sea cual fuere el circuito de tratamiento operante. En particular, la invención propone un dispositivo de transición que es apto para proporcionar el mismo término de fase de campo eléctrico y la misma impedancia a la entrada de los dos circuitos de tratamiento (fase e impedancia vistas desde dichos circuitos), así como el mismo término de fase de campo eléctrico a la entrada de la guía de ondas (fase vista desde dicha guía de ondas).

## ES 2 338 029 T3

La invención pretende por otro lado alcanzar todos estos objetivos proponiendo un dispositivo de transición poco oneroso cuyos costes de fabricación (procedimientos y materiales utilizados ...) sean limitados.

5 La invención se refiere a un dispositivo redundante de transición entre una guía de ondas electromagnéticas y al menos dos circuitos redundantes, llamados circuitos de tratamiento, comprendiendo este dispositivo de transición dos líneas coplanares formadas sobre una placa, llamada sustrato, hecha de un material dieléctrico. Cada línea coplanar comprende, en un mismo plano, una tira central de transmisión y dos bandas laterales de masa a uno y otro lado de dicha tira, separadas de ésta última por ranuras de guiado de ondas electromagnéticas, cuya tira y cuyas bandas discurren principalmente según una dirección llamada dirección longitudinal de línea. Cada línea coplanar presenta  
10 un extremo longitudinal, llamado extremo de conexión, que está destinado a ser acoplado a uno de los circuitos de tratamiento que es propio de dicha línea coplanar.

El dispositivo según la invención está *caracterizado por el hecho de que:*

15 - las dos líneas coplanares discurren por uno y otro lado de un mismo sustrato, sobre dos caras opuestas principales del mismo,

- las dos líneas coplanares discurren, al menos en parte, por el interior de la guía de ondas,

20 - cada línea coplanar presenta un extremo longitudinal, llamado extremo de transferencia, opuesto a su extremo de conexión, adaptado para canalizar una onda electromagnética entre la guía de ondas y las ranuras de dicha línea coplanar,

25 - cada línea coplanar está provista de medios, llamados medios desfasadores, adaptados para invertir la fase de un campo eléctrico de un lado de la tira central de transmisión de dicha línea coplanar, con vistas a una transmisión de energía eléctrica esencialmente según un modo coplanar a lo largo de dicha tira de transmisión entre los medios desfasadores y el circuito de tratamiento, y a una transmisión de energía eléctrica esencialmente según un modo guía dentro de la guía de ondas más allá del extremo de transferencia.

30 En aras de la sencillez, la presente descripción se dedica a describir la propagación de campos eléctricos en el dispositivo según la invención, sin olvidar que una onda electromagnética se compone de un campo eléctrico y de un campo magnético y que la mayor parte de los fenómenos descritos es igualmente de aplicación a los campos magnéticos.

35 Hay que señalar que la expresión “invertir la fase de un campo eléctrico” significa aumentar o disminuir en  $\pi$  el término de fase de dicho campo. En “modo coplanar”, los campos eléctricos que se propagan en las ranuras de la línea coplanar presentan fases invertidas e inducen una corriente eléctrica en la tira central de transmisión de dicha línea coplanar. La expresión “modo guía” se refiere a un modo de propagación de un campo eléctrico en una guía de ondas, tal como el modo llamado TE<sub>10</sub>, por ejemplo. La expresión “más allá del extremo de transferencia” significa, respectivamente, antes del mismo según la dirección de propagación de la señal en recepción y después del mismo según la dirección de propagación de la señal en emisión (es decir, fuera de la línea coplanar), refiriéndose las expresiones “anterior (antes) según la dirección de propagación de la señal” y “posterior (después) según la dirección de propagación de la señal” al sentido de propagación de las ondas y por consiguiente de la señal. En recepción, un campo eléctrico recibido se propaga por consiguiente en modo guía en la guía de ondas, y después es conducido hacia  
45 las ranuras de una línea coplanar según la invención por medio del extremo de transferencia de dicha línea, ranuras en las cuales los campos resultantes se propagan en modo coplanar después de los medios desfasadores según la dirección de propagación de la señal. Antes de los medios desfasadores según la dirección de propagación de la señal, se presentan dos casos de figura según la posición de dichos medios. Si los medios desfasadores de la línea están situados a distancia de su extremo de transferencia, después del mismo según la dirección de propagación de la señal, los campos eléctricos que entran en las ranuras de la línea a la salida del extremo de transferencia se propagan hasta los medios desfasadores según un modo llamado modo ranura, en el cual presentan la misma fase y no inducen corriente alguna en la tira. El modo ranura es un modo parásito que los medios desfasadores según la invención permiten transformar al menos parcialmente en modo coplanar (siendo la proporción de energía eléctrica transmitida en modo coplanar por la línea, después de los medios desfasadores según la dirección de propagación de la señal, preponderante con respecto a la transmitida en modo ranura). Si los modos desfasadores de la línea están situados en su extremo de transferencia, el campo se propaga en modo guía antes de los medios desfasadores según la dirección de propagación de la señal. En otras palabras, el paso del modo guía al modo coplanar se efectúa ya sea directamente (si los medios desfasadores están dispuestos en el extremo de transferencia), o bien por medio del modo ranura (si los medios desfasadores están dispuestos a distancia del extremo de transferencia después del mismo según la dirección de propagación de la señal).  
60 Las observaciones precedentes son igualmente válidas en emisión, mediante una inversión del sentido de propagación del campo y de las expresiones “anterior (antes) según la dirección de propagación de la señal” y “posterior (después) según la dirección de propagación de la señal”.

65 El dispositivo según la invención comprende por consiguiente en esencia dos líneas coplanares formadas (por ejemplo grabadas) en uno y otro lado de un sustrato, dispuestas (al menos parcialmente) en el interior de una guía de ondas. Utilizar una arquitectura de este tipo en calidad de dispositivo redundante de transición va totalmente en contra de los prejuicios del experto en la materia.

En efecto, son ya conocidas topografías que comprenden dos líneas coplanares formadas una enfrente de la otra, en uno y otro lado de una capa de material dieléctrico. Pero estas topografías conocidas (llamadas acopladores) son utilizadas únicamente para aprovechar los fenómenos de acoplamiento que sobrevienen entre las dos líneas coplanares, eventualmente con vistas a una transmisión de una señal de una línea a la otra.

Estos fenómenos de acoplamiento han sido ilustrados y cuantificados en particular en la publicación "Fast and accurate analytic formulas for calculating the parameters of a general boardside-coupled coplanar waveguide for (M) MIC applications" (Said S. Bedair *et al.*, IEEE Transactions On Microwave Theory And Techniques, Vol. 37, N° 5, mayo de 1989), en el caso de dos líneas coplanares simétricas sobre las que están montadas -a distancia- sendas placas metálicas, pudiendo el espacio entre el sustrato dieléctrico y cada placa metálica ser llenado por otro material dieléctrico. La publicación "Analysis of bilateral coplanar waveguides printed on anisotropic substrates for use in monolithic MICs" (Yinchao Chen *et al.*, IEEE Transactions On Microwave Theory And Techniques, Vol. 41, N° 9, setiembre 1993) estudia más en particular los efectos de la anisotropía del sustrato en las propiedades de dispersión (acoplamiento) de una guía de ondas coplanar bilateral abierta o protegida.

Ahora bien, el acoplamiento de las dos líneas coplanares se opone totalmente a su utilización dentro del marco de un dispositivo redundante de transición, cuyo funcionamiento impone que la energía eléctrica recibida (de la guía de ondas o de los circuitos de tratamiento) por la línea coplanar activa sea transmitida a lo largo de esta línea con un mínimo de pérdidas posible, y particularmente con un mínimo de pérdidas por transferencia parcial a la otra línea coplanar.

Así pues, es del todo sorprendente poder utilizar dos líneas coplanares formadas sobre dos caras opuestas de un sustrato, dentro del marco de un dispositivo redundante de transición. Contra todo lo esperado, los inventores han demostrado que los fenómenos de acoplamiento podían revelarse despreciables, particularmente según las dimensiones de las líneas coplanares y del sustrato.

En función de la banda de frecuencias (o de longitudes de onda) de funcionamiento deseada para el dispositivo de transición, es así posible definir particularmente una gama de espesores de sustrato -según el material elegido y su permitividad eléctrica  $\xi_r$ - así como una gama de longitudes de línea coplanar, para las cuales el acoplamiento de las dos líneas coplanares puede ser considerado como despreciable o aceptable con respecto a la aplicación considerada. Por ejemplo, tratándose de un dispositivo según la invención destinado a una aplicación -particularmente exigente- de comunicación espacial, las líneas coplanares y el sustrato presentan ventajosamente una naturaleza y unas dimensiones adaptadas para que un parámetro, que es conocido por el nombre de parámetro de acoplamiento  $S_{41}$ , sea inferior a -20 dB.

Además, en el dispositivo según la invención una señal recibida (en forma de ondas electromagnéticas) por la guía de ondas es directamente transferida a una de las líneas coplanares (y transmitida en forma de corriente eléctrica al circuito de tratamiento). Recíprocamente, una señal emitida (en forma de corriente eléctrica) por un circuito de tratamiento es directamente transferida (en forma de ondas electromagnéticas) a la guía de ondas por la línea coplanar asociada a dicho circuito. La longitud total del dispositivo de transición es así minimizada. En particular, para asegurar la transición entre la guía de ondas y la línea coplanar activa no es necesaria línea coplanar intermedia suplementaria alguna (tal como una línea anterior según la dirección de propagación de la señal a la manera de la topografía de polo simple y línea doble conocida a la que se ha hecho referencia en la introducción). Se da como resultado de ello una significativa disminución de las pérdidas que sobrevienen a lo largo de las líneas coplanares. Además, al estar las dos líneas coplanares según la invención formadas en uno y otro lado de un sustrato, una menor longitud de las líneas presenta la ventaja de limitar los riesgos de acoplamiento y la eventual parte de energía eléctrica transmitida por la línea activa a la otra línea.

Es decir, la dimensión transversal máxima de un dispositivo de transición según la invención corresponde a la anchura máxima de una y una sola línea coplanar. El dispositivo según la invención, más compacto que las topografías redundantes conocidas, puede por lo tanto ser integrado en una guía de ondas de muy reducida dimensión transversal. Dicho dispositivo es conveniente para las antenas múltiples del tipo FAFR.

Ventajosamente y según la invención, las dos líneas coplanares discurren una enfrente de la otra por uno y otro lado de un sustrato.

Ventajosamente y según la invención, las dos líneas coplanares discurren según una dirección de propagación de la guía de ondas. En otras palabras, la dirección longitudinal de cada línea coplanar es paralela a la dirección de propagación de la guía de ondas.

Ventajosamente y según la invención, el sustrato se extiende en un plano longitudinal medio de la guía de ondas. Se entiende por plano longitudinal medio de la guía de ondas un plano que contiene la dirección longitudinal de propagación de la guía de ondas y que delimita dos partes iguales de la guía de ondas. Esta característica participa en las características funcionales del dispositivo según la invención, teniendo en cuenta que la amplitud de un campo eléctrico transportado por la guía de ondas es máxima en una región central de dicha guía.

Ventajosamente y según la invención, cada línea coplanar está igualmente provista de un conmutador para una activación o una desactivación de dicha línea coplanar. Cuando el dispositivo de transición está destinado a un conjunto

## ES 2 338 029 T3

de recepción de ondas electromagnéticas, dichos conmutadores están además adaptados para poder ser gobernados de forma tal que las líneas coplanares presenten en cada instante estados opuestos, respectivamente activo e inactivo, y ello a fin de que la señal recibida no sea transmitida más que por una sola línea a la vez, con destino a un solo circuito de tratamiento. Cuando el dispositivo de transición está destinado a un conjunto de emisión de ondas electromagnéticas, los eventuales conmutadores están además adaptados para poder ser gobernados de forma tal que activen en cada instante al menos la línea coplanar asociada al circuito de tratamiento operante (no queda excluido activar las dos líneas coplanares).

Hay que señalar que una línea coplanar es denominada activa cuando es pasante, es decir, cuando es apta para transmitir una energía eléctrica por propagación de un campo eléctrico (es decir, de una onda electromagnética) en sus ranuras esencialmente en modo coplanar (y por consiguiente por generación y circulación de una corriente eléctrica en su tira central de transmisión). Una línea coplanar es denominada inactiva cuando no puede transmitir energía eléctrica.

Ventajosamente y según la invención, el dispositivo de transición presenta la siguiente combinación de características:

- una de las líneas coplanares, llamada línea coplanar serie, presenta una tira central de transmisión que está interrumpida, estando formada por dos partes distantes que discurren en la prolongación una de la otra, presentando la otra línea coplanar, llamada línea coplanar paralela, una tira central continua de transmisión,

- el conmutador de la línea coplanar serie, llamado conmutador serie, está montado en serie para así conectar (estructuralmente) las dos partes distantes de la tira central de transmisión, de forma tal que la línea coplanar serie es activa cuando el conmutador serie está en un estado, llamado estado pasante, en el cual realiza una conexión eléctrica entre las dos partes de la tira central de transmisión; y en particular, la línea coplanar serie es activa cuando está aplicado a dicho conmutador una tensión superior -en valor absoluto- a una tensión umbral de activación del conmutador serie, siendo dicha línea serie inactiva en el caso contrario (es decir, cuando la tensión aplicada al conmutador serie es inferior -en valor absoluto- a dicha tensión umbral de activación); y la línea serie es en particular inactiva cuando no está aplicada al conmutador serie tensión alguna,

- el conmutador de la línea coplanar paralela, llamado conmutador paralelo, está montado en paralelo para así poder conectar la tira central de transmisión a al menos una de las bandas -y preferiblemente a las dos bandas- laterales de masa de dicha línea coplanar paralela, de forma tal que la línea coplanar paralela es inactiva, porque queda neutralizada por cortocircuito, cuando el conmutador paralelo está en un estado, llamado estado pasante, en el cual realiza una conexión eléctrica entre la tira central de transmisión y la(s) banda(s) lateral(es) de masa; y en particular, la línea paralela es inactiva cuando está aplicada a dicho conmutador una tensión superior -en valor absoluto- a una tensión umbral de activación del conmutador paralelo, siendo dicha línea paralela activa en el caso contrario (es decir, cuando la tensión aplicada al conmutador paralelo es inferior -en valor absoluto- a dicha tensión umbral de activación); y dicha línea paralela es en particular activa cuando no está aplicada al conmutador paralelo tensión alguna.

En una versión de la invención, al menos un -y preferiblemente cada- conmutador comprende un diodo. En particular, el conmutador serie está formado por un diodo; y el conmutador paralelo está formado por un primer diodo que conecta la tira central de transmisión de la línea coplanar paralela a una de sus bandas laterales de masa, y por un segundo diodo que conecta dicha tira a la otra banda lateral de masa de dicha línea coplanar paralela.

Como variante o en combinación, al menos un -y preferiblemente cada- conmutador es un conmutador microelectromecánico, llamado conmutador MEM.

Preferiblemente, los dos conmutadores son de un mismo tipo (diodo o MEMS).

Ventajosamente y según la invención, en el caso en el que las líneas coplanares están una enfrente de la otra, los conmutadores de las dos líneas coplanares están decalados, según una dirección longitudinal del sustrato (que coincide con las direcciones longitudinales de las dos líneas cuando las caras opuestas del sustrato son paralelas), a una distancia relativa que es sensiblemente igual al cuarto de una longitud de onda llamada longitud de onda guiada del dispositivo ( $\lambda/4$ ). La expresión "longitud de onda guiada del dispositivo ( $\lambda$ )" designa una longitud de onda central (en la banda de frecuencias) que la línea coplanar es apta para y está destinada a transportar, cuya longitud de onda guiada depende de la banda de frecuencias de recepción y/o de emisión de la guía de ondas y de la permitividad del sustrato.

Una disposición relativa así de los conmutadores permite imponer un mismo término de fase a la entrada de la guía de ondas (fase vista desde la guía de ondas) al campo eléctrico reflejado por las dos líneas coplanares, particularmente en recepción y en el caso en el que las dos líneas coplanares serían inactivas (la línea coplanar paralela está entonces cerrada por un cortocircuito, mientras que la línea coplanar serie está abierta).

Como variante, las líneas coplanares están decaladas, según la dirección longitudinal del sustrato, a una distancia relativa sensiblemente igual a  $\lambda/4$ , mientras que la distancia entre cada conmutador y el extremo de transferencia de la línea coplanar correspondiente es sensiblemente la misma para las dos líneas coplanares.

## ES 2 338 029 T3

Ventajosamente y según la invención, al menos una banda lateral de masa de al menos una -y preferiblemente de cada- línea coplanar presenta, en el extremo de transferencia de dicha línea, un canto de extremo, llamado canto de transferencia de dicha banda, que discurre al bias alejándose transversal y longitudinalmente de una parte central de la línea coplanar. En otras palabras, la banda lateral de masa termina en un extremo, llamado extremo de transferencia de dicha banda, que está hecho en forma de punta biselada hacia el exterior (la punta está en un borde lateral de la banda).

En una versión preferida de la invención, cada una de las dos bandas laterales de masa de cada línea coplanar presenta un canto de transferencia al bias como el que se ha descrito anteriormente. Cada uno de estos cantos discurre preferiblemente en saledizo con respecto a la tira central de transmisión según la dirección longitudinal de la línea.

El (los) canto(s) de transferencia al bias de las bandas laterales de masa asegura(n) un guiamiento progresivo de la onda electromagnética entre las paredes de la guía de ondas y las ranuras de la línea coplanar, y permite(n) pasar de un modo de transmisión a otro (modo guía en la guía de ondas, modo ranura o coplanar en la línea coplanar).

El canto al bias puede ser rectilíneo o por el contrario curvo según una forma (redondeada, exponencial o preferiblemente hiperbólica ...) optimizada para limitar los fenómenos de reflexión del campo eléctrico.

Asimismo, la tira de transmisión de al menos una -y preferiblemente de cada- línea coplanar presenta en el extremo de transferencia de dicha línea un canto de extremo, llamado canto de transferencia de la tira, que forma una punta. Hay que señalar que al extremo longitudinal de la tira, delimitado por este canto de transferencia, se le denomina extremo de transferencia de la tira.

En una versión preferida, la tira central presenta un canto de transferencia que está realizado en forma de punta, y las dos bandas laterales presentan cantos de transferencia al bias. Una configuración de este tipo es particularmente ventajosa en recepción, considerando que permite limitar notablemente la parte del flujo de campo eléctrico (transmitido por la guía de ondas) que es reflejada hacia la guía de ondas por el canto frontal de la línea coplanar en su extremo de transferencia, cuyo canto frontal está formado por los cantos de transferencia de las bandas laterales y de la tira central. Dicha configuración es igualmente ventajosa en emisión, favoreciendo la transferencia del campo eléctrico desde las ranuras de la línea coplanar activa hacia la guía de ondas y el paso de un modo de transmisión a otro.

Ventajosamente y según la invención, los medios desfasadores de las líneas coplanares están adaptados para invertir la fase de un campo eléctrico en lados opuestos de las tiras centrales de transmisión. En otras palabras, si se considera un plano medio longitudinal que es sensiblemente ortogonal a las caras del sustrato y pasa por las dos tiras centrales de las líneas coplanares (cuyas tiras discurren sensiblemente una enfrente de la otra), los medios desfasadores de una de las líneas actúan en el campo eléctrico de un lado de este plano medio, mientras que los medios desfasadores de la otra línea actúan en el campo eléctrico del otro lado de este plano medio. Los inventores han demostrado que una disposición así de los medios desfasadores permitía reducir todavía más los eventuales fenómenos de acoplamiento.

Ventajosamente y según la invención, los medios desfasadores presentan una o varias de las características siguientes:

- los medios desfasadores de al menos una -y preferiblemente de cada- línea coplanar comprenden una extensión lateral de la tira central de transmisión de dicha línea coplanar, llamada extensión lateral de desfasaje,

- en particular, los medios desfasadores de la línea coplanar están formados por una única extensión lateral de desfasaje de su tira central de transmisión, que es apta para imponer un desfasaje del orden de  $\pi$ ,

- como variante, los medios desfasadores de la línea coplanar están formados por dos extensiones laterales consecutivas (según la dirección longitudinal de línea) de su tira central de transmisión, que se extienden a un mismo lado de dicha tira. Cada extensión lateral de desfasaje está en este caso adaptada para imponerle al campo eléctrico un desfasaje del orden de  $\pi/2$ , lo cual permite prever extensiones laterales de menor anchura (dimensión transversal). Una línea coplanar de este tipo presenta por lo tanto unas dimensiones transversales exteriores reducidas, lo cual permite su integración en guías de ondas de muy reducidas dimensiones transversales. En cambio, la presencia de dos extensiones de desfasaje consecutivas obliga a concebir una línea coplanar más larga. Las pérdidas suplementarias imputables a la longitud de la línea son en parte compensadas por la disminución de las imputables a la excentricidad (es decir, a la anchura) de los medios desfasadores. Además, para limitar el acoplamiento (que aumenta con la longitud de las líneas), basta con aumentar el espesor del sustrato, si ello fuese necesario,

- al menos una extensión lateral de desfasaje de una tira central de transmisión presenta una forma de rectángulo,

- como variante o en combinación, al menos una extensión lateral de desfasaje de una tira central de transmisión presenta una forma de trapecio,

- como variante o en combinación, al menos una extensión lateral de desfasaje de una tira central de transmisión presenta una forma de una parte de un disco, y por ejemplo una forma de semidisco. Esta forma parece mejorar de manera inesperada las características funcionales de la línea coplanar (notable disminución de la proporción residual - después de la extensión según la dirección de propagación de la señal- del modo ranura con respecto al modo coplanar, reducción de las pérdidas ...).

## ES 2 338 029 T3

Como variante, el extremo de transferencia de al menos una -y preferiblemente de cada- línea coplanar es asimétrico: En este extremo, una de las bandas laterales de masa de la línea forma una extensión longitudinal en sentido, según la dirección longitudinal de línea, con respecto a la otra banda lateral de masa y a la tira central de transmisión de la línea coplanar. En otras palabras, las bandas laterales de masa de la línea presentan cantos de transferencia (que son preferiblemente los dos al bies, como se ha explicado anteriormente) que están decalados según la dirección longitudinal. Los medios desfasadores de una línea coplanar de este tipo comprenden, por una parte, la susodicha extensión longitudinal de la banda lateral de masa, y por otra parte, un puente de material conductor, llamado puente aéreo, que pasa por encima de la tira central de transmisión y conecta las dos bandas laterales de masa, cuyo puente está preferiblemente dispuesto en las inmediaciones del extremo de transferencia de la tira.

De todas formas, los medios desfasadores de las dos líneas coplanares son preferiblemente de un mismo tipo (extensión lateral única o extensión lateral doble de la tira o asimetría del extremo de transferencia de la línea asociada a un puente aéreo).

De manera general, las líneas coplanares son preferiblemente idénticas (con excepción de la eventual discontinuidad de la tira central de una de las líneas) para así obtener una idéntica recepción o una idéntica emisión de señales sea cual fuere el circuito de tratamiento operante. Asimismo, el sustrato es preferiblemente homogéneo e isótropo, o por lo menos simétrico con respecto a un plano medio longitudinal que se extiende entre sus caras principales, para así presentar la misma permitividad eléctrica en cada una de sus caras.

Cuando el dispositivo de transición está destinado a un conjunto de recepción en el terreno espacial, los circuitos de tratamiento comprenden cada uno al menos un amplificador de bajo ruido, llamado amplificador LNA, montado en "flip-chip" en la línea coplanar correspondiente, en el extremo de conexión de la misma.

Ventajosamente y según la invención, la tira central de transmisión y las ranuras de cada línea coplanar presentan respectivas anchuras nominales adaptadas para que la impedancia a la entrada del circuito de tratamiento sea óptima en cuanto a la limitación del ruido, cuyas anchuras dependen de la permitividad eléctrica del sustrato. En particular, la tira central de transmisión y las ranuras de cada línea coplanar presentan respectivas anchuras nominales adaptadas para que la impedancia a la entrada del amplificador LNA sea sensiblemente igual a  $50 \Omega$ . Hay que señalar que la expresión "anchura nominal de una ranura" designa una anchura media de la ranura, y que la expresión "anchura nominal de una tira central de transmisión" designa una anchura media de la tira fuera de su(s) eventual(es) extensión(es) lateral(es) de desfasaje.

Las tiras centrales de transmisión, y respectivamente las ranuras, de las dos líneas coplanares presentan preferiblemente la misma anchura, con vistas a imponer la misma impedancia a la entrada de los dos circuitos de tratamiento, para una idéntica recepción de la señal sean cuales fueren la línea coplanar activa y el circuito de tratamiento operante.

En una versión preferida de la invención, en el caso de un dispositivo de transición específicamente adaptado a una antena de recepción de microondas de frecuencias comprendidas entre 27 y 31 GHz (banda Ka):

- el sustrato presenta una permitividad eléctrica  $\epsilon_r$  inferior a 5 y un espesor superior a 0,5 mm,

- cada línea coplanar presenta una tira central de transmisión de longitud inferior a 3,5 mm entre los medios desfasadores y un primer punto de conexión de la tira al circuito de tratamiento (la parte de la tira a lo largo de la cual la propagación se efectúa en modo coplanar); y hay que señalar que una longitud así de transmisión coplanar de la tira es igualmente conveniente para un dispositivo de emisión,

- cada línea coplanar presenta una tira central de transmisión de anchura nominal comprendida entre 10 y  $170 \mu\text{m}$  y ranuras de anchura nominal comprendida entre 10 y  $150 \mu\text{m}$ , para obtener una impedancia de  $50 \Omega$  a la entrada del circuito de tratamiento; y la línea puede presentar mayores anchuras nominales de tira y de ranuras para una impedancia superior (de 75 o  $100 \Omega$ , por ejemplo).

En el caso de un dispositivo de transición específicamente adaptado a una antena de recepción de microondas de frecuencias comprendidas entre 45 y 50 GHz (banda Q):

- el sustrato presenta una permitividad eléctrica  $\epsilon_r$  inferior a 5 y un espesor superior a 0,5 mm,

- cada línea coplanar presenta una tira central de transmisión de longitud inferior a 3 mm entre los medios desfasadores y un primer punto de conexión al circuito de tratamiento,

- cada línea coplanar presenta una tira central de transmisión de anchura comprendida entre 10 y  $170 \mu\text{m}$ , y ranuras de anchura comprendida entre 10 y  $150 \mu\text{m}$ .

La invención se refiere igualmente a un dispositivo de transición caracterizado en combinación por la totalidad o parte de las características que se han mencionado anteriormente y que se mencionan de aquí en adelante.

## ES 2 338 029 T3

Otras finalidades, características y ventajas de la invención quedarán de manifiesto al proceder a la lectura de la descripción siguiente, que se refiere a las figuras adjuntas que representan formas de realización preferenciales de la invención que se dan únicamente a título de ejemplos no limitativos, y en las cuales:

- 5 - la figura 1 es una vista esquemática en sección de un dispositivo de transición según la invención, en la que la sección ha sido practicada por un plano transversal (plano ortogonal a la dirección longitudinal de propagación de la guía de ondas) que pasa por los circuitos de tratamiento,
- la figura 2 es una vista esquemática desde arriba del dispositivo de la figura 1, presentado fuera de toda guía de ondas,
- 10 - la figura 3 es una reproducción de la figura 2 en la cual están referenciadas cotas de dimensionado,
- la figura 4 es una vista esquemática desde arriba del dispositivo de la figura 1, presentado fuera de toda guía de ondas,
- 15 - la figura 5 es una vista esquemática en sección del dispositivo de la figura 1, en la que la sección ha sido practicada por un plano transversal que pasa por los medios desfasadores de las líneas coplanares del dispositivo,
- 20 - la figura 6 es una reproducción de la figura 5 en la cual están referenciadas cotas de dimensionado,
- la figura 7 es una vista esquemática desde arriba de una parte de una línea coplanar de otro dispositivo según la invención,
- 25 - la figura 8 es una vista esquemática desde arriba de una parte de una línea coplanar de otro dispositivo según la invención,
- la figura 9 ilustra un esquema de funcionamiento electrónico del cuadripolo que forman dos líneas coplanares dispuestas una enfrente de la otra según la invención.

30 Las figuras 1 a 6 ilustran un dispositivo según la invención, que es un dispositivo de transición entre una guía de ondas receptora 1, de sección transversal rectangular, o incluso sensiblemente cuadrada, y dos circuitos de tratamiento 2 y 3 que están constituidos por sendos amplificadores de bajo ruido, llamados amplificadores LNA.

35 El dispositivo según la invención comprende dos líneas coplanares 5 y 6 de material conductor que han sido formadas por metalización sobre una placa 4 de material dieléctrico llamada sustrato. Las líneas coplanares 5 y 6 discurren por sobre caras paralelas opuestas 27, 28 del sustrato, y discurren una enfrente de la otra según una dirección ortogonal a dichas caras.

40 Las líneas coplanares 5, 6 están dispuestas dentro de la guía de ondas 1 de forma tal que la dirección longitudinal de las líneas es paralela a la dirección longitudinal de propagación de dicha guía de ondas, y que al menos una parte anterior de dichas líneas según la dirección de propagación de la señal discurre dentro de la guía de ondas. Tratándose de un dispositivo destinado a un conjunto de recepción, las expresiones “posterior (después) según la dirección de propagación de la señal” y “anterior (antes) según la dirección de propagación de la señal” son utilizadas con referencia a la dirección de propagación de la señal, que es paralela a las direcciones longitudinales de la guía de ondas y de las líneas coplanares, y haciendo referencia al sentido de propagación de la señal, cuya señal se desplaza desde la guía de ondas y los extremos de transferencia de las líneas coplanares hacia los circuitos de tratamiento 2, 3.

45 Las líneas coplanares 5, 6 discurren preferiblemente por entero dentro de la guía de ondas 1.

50 Por otro lado, las líneas coplanares 5, 6 están dispuestas dentro de la guía de ondas 1 en un plano medio de la misma, para que sea máxima la recepción de ondas.

55 Cada línea coplanar 5 (y respectivamente 6) comprende una tira central de transmisión 7 (y respectivamente 10) y dos bandas laterales de masa 8 y 9 (y respectivamente 11 y 12) conectadas a una masa.

60 Cada línea coplanar 5 presenta un extremo de conexión 17 en el cual el amplificador LNA 2 está montado según una técnica llamada “flip-chip”, y un extremo de transferencia 16 opuesto que está adaptado para asegurar un guiado del campo eléctrico (es decir, de la onda electromagnética) desde la guía de ondas 1 hacia las ranuras 21, 22 de la línea coplanar. Con este fin, las bandas laterales de masa 8 y 9 de la línea coplanar 5 presentan, en el extremo de transferencia 16 de dicha línea, respectivos cantos de transferencia 13, 14 que discurren al bies hacia el exterior de la línea (estos cantos discurren al bies alejándose de una parte central de la línea a la vez según la dirección longitudinal y según la dirección transversal). Los cantos de transferencia 13 y 14 realizan así una garganta de entrada del campo eléctrico en las ranuras 21, 22.

65 En el ejemplo ilustrado, los cantos de transferencia 13, 14 al bies discurren en saledizo, según la dirección longitudinal, con respecto a la tira central de transmisión 7. Por otro lado, la tira central de transmisión 7 termina en un canto de transferencia 15 realizado en forma de punta. La forma al bies de los cantos de transferencia 13, 14 y la forma pun-

## ES 2 338 029 T3

tiaguda del canto de transferencia 15 permiten limitar la parte del flujo incidente (transmitido por la guía de ondas) que es reflejada por la línea coplanar 5. Hay que señalar que el extremo de transferencia de la línea coplanar 5, tal como el definido según la invención, corresponde a la parte de dicha línea que discurre (según la dirección longitudinal) desde las dos puntas extremas laterales de sus bandas de masa hasta la punta extrema 15 de su tira central.

La línea coplanar 6 presenta extremos de conexión y de transferencia idénticos a los de la línea coplanar 5. En cambio, mientras que la tira 7 de la línea coplanar 5 es continua, la tira central de transmisión 10 de la línea coplanar 6 es discontinua. Dicha tira central está formada por dos partes 29, 30 separadas, alineadas (según la dirección longitudinal) en la prolongación una de la otra.

La línea coplanar 5, llamada línea coplanar paralela, está provista de un conmutador microelectromecánico 18, llamado conmutador MEM paralelo, que pasa por encima de la tira central 7 y conecta las dos bandas laterales 8, 9 de la línea. Cuando está aplicada a dicho conmutador una tensión superior a una tensión umbral de activación del conmutador MEM 18, el mismo se hunde hasta quedar en contacto con la tira central 7; la tira 7 y las bandas de masa 8, 9 están entonces conectadas eléctricamente, y la línea coplanar paralela 5 está neutralizada por cortocircuito (y por consiguiente inactiva). Cuando no está aplicada tensión alguna al conmutador MEM 18, la tira de transmisión 7 puede vehicular, hasta el amplificador LNA 2, toda corriente generada por la propagación de un campo eléctrico en modo coplanar en las ranuras 21, 22. La línea coplanar paralela 5 es entonces activa.

La línea coplanar 6, llamada línea coplanar serie, está provista de un conmutador microelectromecánico 19, llamado conmutador MEM serie, que forma un puente que conecta las dos partes 29, 30 de la tira central 10 de la línea. Cuando está aplicada a dicho conmutador una tensión superior a una tensión umbral de activación del conmutador MEM 19, el mismo se hunde hasta quedar en contacto con la cara 28 del sustrato y llenar el espacio 20 que separa las dos partes 29, 30 de la tira 10. El conmutador MEM 19 realiza entonces una parte de empalme de la tira central de transmisión 10, que por una parte permite la propagación de un campo eléctrico en las ranuras 23, 24 entre las dos partes 29, 30 de la tira, y por otra parte conecta eléctricamente dichas partes. Una corriente es así generada en la tira, y la línea coplanar serie está activada. Cuando no está aplicada tensión alguna al conmutador MEM serie 19, no puede propagarse campo eléctrico alguno en las ranuras 23, 24 entre las partes 29, 30 de la tira 10 (globalmente, los campos eléctricos en oposición de fase se superponen y se anulan en el espacio 20), y la línea coplanar serie 6 es entonces inactiva.

Cada línea coplanar 5, 6 comprende por otro lado medios desfasadores 25, 26 que están formados por una extensión lateral con forma de trapecio de la tira central de transmisión 7, 10. Una extensión lateral 25, 26 de este tipo, llamada extensión lateral de desfasaje, permite retardar el campo eléctrico que se propaga en la ranura 22, 24 adyacente a la misma, para así invertir la fase de este campo con respecto al campo eléctrico que se propaga en la ranura 21, 23 opuesta, del otro lado de la tira de transmisión. Después de la extensión lateral de desfasaje 25 (y respectivamente 26) según la dirección de propagación de la señal, una corriente puede así ser generada en la tira central de transmisión 7 (y respectivamente 10) por los campos en oposición de fase que se propagan en las ranuras 21, 22 (y respectivamente 23, 24), si la línea es activa. Las extensiones laterales de desfasaje 25, 26 se extienden en lados opuestos de las tiras de transmisión 7, 10, tal como se ilustra en la figura 5. En otras palabras, dichas extensiones laterales no están enfrentadas en uno y en otro lado del sustrato (según una dirección ortogonal a los planos de las líneas coplanares).

El conmutador MEM paralelo 18 está dispuesto según la dirección de propagación de la señal inmediatamente después de la extensión lateral de desfasaje 25 de la línea coplanar paralela. El conmutador MEM serie 19 está dispuesto según la dirección de propagación de la señal después de la extensión lateral de desfasaje 26 de la línea coplanar serie, a una distancia sensiblemente igual a  $\lambda/4$  de un punto imaginario tomado en la línea coplanar serie de forma tal que la distancia entre este punto y la extensión lateral 26 corresponde sensiblemente a la distancia entre el conmutador MEM paralelo 18 y la extensión lateral 25 de la línea coplanar paralela. En otras palabras, los dos conmutadores MEM están decalados en  $\lambda/4$  en las líneas coplanares, designando  $\lambda$  una longitud de onda guiada central transportada por la línea coplanar. Cuando las dos líneas coplanares son inactivas, la tasa de ondas estacionarias es equivalente en las dos líneas coplanares.

El dispositivo ilustrado está destinado a un conjunto de recepción de microondas de frecuencias comprendidas entre 27 y 31 GHz. El sustrato y las líneas coplanares están dimensionados a la vez para poder transportar microondas de este tipo, y de forma tal que sean minimizados los fenómenos de acoplamiento de las dos líneas coplanares. Las dimensiones que se indican a continuación están referenciadas en las figuras 3 y 6, en las cuales no necesariamente se han respetado los proporciones relativas de estas dimensiones:

- la anchura  $\ell$  de las líneas coplanares 5, 6, que corresponde igualmente a la anchura (lado menor) interna de la guía de ondas 1, está comprendida entre 3 y 4,5 mm, lo cual permite la integración del dispositivo según la invención en una antena múltiple FAFR; siendo dicha anchura por ejemplo del orden de 4 mm,

- la longitud L de cada línea coplanar, llamada longitud de transmisión coplanar de dicha línea, tomada entre la extensión lateral 25 de la tira central de transmisión y un primer punto de conexión del amplificador LNA (en el extremo de conexión 17 de la línea), es inferior a 3,5 mm y es por ejemplo del orden de 2,5 mm. Hay que señalar que los fenómenos de acoplamiento de las dos líneas disminuyen al disminuir la longitud de las líneas coplanares,

## ES 2 338 029 T3

- la anchura nominal  $w$  (la anchura fuera de la extensión lateral de desfase 25, 26) de la tira de transmisión 7, 10 de cada línea coplanar está comprendida entre 10 y 170  $\mu\text{m}$ ; siendo dicha anchura nominal por ejemplo de 40  $\mu\text{m}$ ,

5 - la anchura nominal de cada una de las ranuras 21-24 de las líneas coplanares está comprendida entre 10 y 150  $\mu\text{m}$ ; siendo dicha anchura nominal por ejemplo de 50  $\mu\text{m}$ ,

- siendo las anteriores dimensiones  $w$  y  $s$  así elegidas para imponer una impedancia de 50  $\Omega$  a la entrada del LNA; el dispositivo según la invención puede no obstante ser dimensionado para circuitos de tratamiento (y particularmente amplificadores LNA) que exijan otras impedancias (de 25, 75, 100  $\Omega$ ); siendo las anchuras  $w$  y  $s$  adaptadas en consecuencia,

15 - la anchura  $d$  de la extensión lateral de desfase 25, 26 de cada línea coplanar está comprendida entre 1 y 3 mm, y es por ejemplo de 2,80 mm; el ángulo  $\theta$  de la extensión lateral trapezoidal está comprendido entre 10 y 40°, y es por ejemplo del orden de 25°,

- la dimensión  $p$ , según la dirección longitudinal, del canto de transferencia al bias 13, 14 de las bandas laterales de masa de cada línea coplanar es superior a 5 mm y está particularmente comprendido entre 5 y 13 mm, siendo por ejemplo de 11 mm,

20 - el espesor  $t$  de metalización de las líneas coplanares (tira central de transmisión y bandas laterales de masa) está comprendido entre 9 y 35  $\mu\text{m}$  y es por ejemplo del orden de 17,5  $\mu\text{m}$ ,

- el espesor  $e$  del sustrato es superior a 0,200 mm, y es elegido según la permitividad eléctrica  $\epsilon_r$  del material del que está hecho dicho sustrato; a título de ejemplo, el sustrato es de un material sintético conocido bajo el nombre TMM4 de permitividad eléctrica  $\epsilon_r$  igual a 4,5, y su espesor  $e$  es de 0,508 mm o 0,762 mm. Hay que señalar que los fenómenos parásitos de acoplamiento de las dos líneas disminuyen cuando se aumenta el espesor  $e$  del sustrato y/o cuando se disminuye su permitividad eléctrica  $\epsilon_r$ . Pero el aumento del espesor de sustrato y la elección de un material que dé mejor resultado hacen que aumente el coste de fabricación del dispositivo. A la inversa, el acoplamiento disminuye cuando se reduce la longitud  $L$  de transmisión de la línea. El dimensionado del sustrato y de las líneas coplanares es por consiguiente el resultado de una solución de compromiso entre las características funcionales perseguidas, las constricciones económicas y financieras y las constricciones geométricas impuestas por la estructura de la antena.

35 El funcionamiento de este dispositivo según la invención ha sido simulado por medio del programa informático de simulación HFSS comercializado por la sociedad ANSOFT, para una banda de frecuencias de ondas que va de 27 a 31 GHz. Estas simulaciones han demostrado que:

- los parámetros de acoplamiento  $S_{41}$  y  $S_{14}$  (véase la figura 9) entre la entrada (extremo de transferencia) de una línea coplanar y la salida (extremo de conexión) de la otra línea coplanar toman valores inferiores a -10 dB en toda la banda de frecuencias, y en particular inferiores a -25 dB en la mayor parte de dicha banda,

40 - los parámetros de transmisión  $S_{21}$  y  $S_{12}$  entre la entrada y la salida de una misma línea coplanar toman valores superiores a -2 dB en toda la banda de frecuencias, y en particular superiores a -0,5 dB en la mayor parte de dicha banda,

45 - el parámetro de reflexión  $S_{11}$  a la entrada de las líneas coplanares toma valores inferiores a -20 dB en toda la banda de frecuencias, y en particular inferiores a -30 dB en la mayor parte de dicha banda,

- el parámetro de inserción entre la guía de ondas (en modo guía TE<sub>10</sub>) y las líneas coplanares (en modo coplanar) toda valores superiores a -1,5 dB en toda la banda de frecuencias.

50 La figura 7 ilustra una línea coplanar de otro dispositivo según la invención, cuyos medios desfasadores están constituidos por una extensión lateral 32 de la tira central de la línea, que presenta la forma de una parte de disco. Cuando el dispositivo está destinado a un conjunto de recepción de microondas de frecuencias comprendidas entre 27 y 31 GHz, esta extensión lateral presenta una dimensión transversal "a" superior a 0,5 mm y preferiblemente comprendida entre 1 y 2,8 mm, siendo por ejemplo del orden 2,40 mm, presentando el disco un radio del orden de 1,4 mm.

60 Por otro lado, esta línea coplanar presenta bandas laterales de masa cuyos cantos de transferencia 50, 51 son curvos y de forma hiperbólica, con vistas a un mejoramiento del parámetro de inserción o de salida del campo eléctrico (entre la guía de ondas y las ranuras de la línea coplanar activa).

65 La figura 8 ilustra una línea coplanar 33 de otro dispositivo según la invención, en la cual el desfase entre los campos que se propagan en las dos ranuras de dicha línea coplanar es asegurado por una geometría asimétrica de su extremidad de transferencia 37.

La línea coplanar 33 presenta una primera banda lateral de masa 36 cuyo canto de transferencia 38 discurre en saledizo, según la dirección longitudinal, con respecto a la tira central de transmisión 34 y a la segunda banda lateral de masa 35 de la línea. Como se ha explicado anteriormente, este canto 38 discurre igualmente al bias, entre un ángulo

## ES 2 338 029 T3

central 43 y una punta extrema lateral 42. La banda lateral de masa 36 comprende por consiguiente una extensión longitudinal 48 en saledizo con respecto a la otra banda de masa y a la tira de transmisión.

5 La tira central de transmisión 34 de la línea coplanar 33 presenta un canto de transferencia 39 con forma de punta, que discurre sensiblemente en la vertical (según la dirección transversal) del ángulo central 43 de la primera banda lateral de masa.

10 Por otro lado, la segunda banda lateral de masa 35 presenta un canto de transferencia 40 que discurre al bias alejándose longitudinal y transversalmente de un punto central de la línea coplanar, entre un ángulo central 45 y una punta lateral 44. Esta punta lateral 44 está situada en la vertical (según la dirección transversal) o hacia atrás (según la dirección longitudinal) de la punta de transferencia 39 de la tira de transmisión. Dicha punta lateral está además decalada, según la dirección longitudinal, con respecto a la punta lateral 42 de la otra banda de masa, a una distancia relativa sensiblemente igual a  $\lambda/2$  (donde  $\lambda$  designa la longitud de onda guiada -central- de la línea coplanar y del dispositivo).

15 Hay que señalar que el ángulo central 43, 45 de la banda lateral de masa 36, 35 está ventajosamente redondeado (contrariamente al ejemplo ilustrado) con vistas a facilitar la transferencia del campo a la ranura 46, 47 adyacente.

20 El extremo de transferencia 37 de la línea, tal como está definido según la invención, corresponde a la parte de dicha línea que discurre entre el punto extremo 42 de la primera banda lateral de masa y el ángulo central 45 de la segunda banda lateral de masa. En razón de su asimetría, los campos eléctricos que se propagan en las ranuras 46, 47 de la línea presentan fases sensiblemente opuestas desde el ángulo central 45 de la segunda banda lateral de masa. Los medios desfasadores comprenden sin embargo igualmente un puente aéreo 41 de material conductor que está dispuesto después de la entrada de la ranura 47 según la dirección de propagación de la señal, en las inmediaciones de la misma.

25 Este puente permite eliminar los eventuales modos parásitos (modo ranura ...) residuales, con vistas a una transmisión esencialmente en modo coplanar después de dicho puente 41 según la dirección de propagación de la señal.

30 Ni que decir tiene que la invención puede ser objeto de numerosas variantes con respecto a las formas de realización anteriormente descritas y representadas en las figuras.

35 En particular, la posición de los conmutadores del dispositivo ilustrado en las figuras 1 a 6 puede ser invertida según la disposición siguiente: el conmutador serie se dispone entre los medios desfasadores y el extremo de conexión de la línea coplanar serie, en las inmediaciones de dichos medios desfasadores; el conmutador paralelo se dispone entre los medios desfasadores y el extremo de conexión de la línea coplanar paralela, a una distancia de dichos medios desfasadores, y más exactamente de un punto de la línea paralela situado enfrente del conmutador serie, siendo dicha distancia sensiblemente igual al cuarto de una longitud de onda mediana de propagación de la guía de ondas. En otras palabras, el conmutador paralelo está decalado hacia la parte posterior según la dirección de propagación de la señal (en recepción) a una distancia igual a  $\lambda/4$  con respecto al conmutador serie.

40 Por otro lado, cada línea coplanar no necesariamente es simétrica (fuera de los medios desfasadores) con respecto a su tira central de transmisión. Por el contrario, la banda lateral de masa opuesta a los medios desfasadores (la banda 8 ilustrada) es ventajosamente de anchura reducida, con vistas a obtener un dispositivo de dimensiones exteriores reducidas.

45 Además, el dispositivo de transición según la invención puede ser integrado en un conjunto de emisión de ondas en el cual los circuitos de tratamiento están constituidos cada uno por un amplificador de potencia tipo SSPA ("Solid State power amplifier").

50 Por otro lado, es posible utilizar un dispositivo según la invención para otras aplicaciones de recepción (en hiperfrecuencia, y particularmente dentro de la banda V -en torno a los 60 GHz-, pero también dentro de otras frecuencias) o de emisión.

### Referencias citadas en la descripción

55 *Esta lista de referencias que cita el solicitante se aporta solamente en calidad de información para el lector y no forma parte del documento de patente europea. A pesar de que se ha procedido con gran esmero al compilar las referencias, no puede excluirse la posibilidad de que se hayan producido errores u omisiones, y la OEP se exime de toda responsabilidad a este respecto.*

### Documentos de patente citados en la descripción

- WO 9322802 A [0006]
- US 6573810 B [0008]

### Literatura no de patentes que se cita en la descripción

- David **Dubuc** *et al.* Original MEMS-based single pole double throw topology for millimeter wave space communication. *LAAS-CNRS, UPS et Alcatel Space Industries, Conférence européenne sur les micro-ondes, 2003* [0009]

## ES 2 338 029 T3

• **Said S. Bedair** *et al.* Fast and accurate analytic formulas for calculating the parameters of a general boardside-coupled coplanar waveguide for (M)MIC applications. *IEEE Transactions On Microwave Theory And Techniques*, Mai 1989, vol. 37 (5) [0027]

5 • **Yinchao Chen** *et al.* Analysis of bilateral coplanar waveguides printed on anisotropic substrates for use in monolithic MICs. *IEEE Transactions On Microwave Theory And Techniques*, Septembre 1993, col 41 (9) [0027]

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

5 1. Dispositivo redundante de transición entre una guía (1) de ondas electromagnéticas y al menos dos circuitos  
redundantes (2, 3), llamados circuitos de tratamiento, comprendiendo este dispositivo de transición dos líneas que dis-  
curren, al menos en parte, por el interior de la guía de ondas, **caracterizado** por el hecho de que las dos líneas son dos  
líneas coplanares (5, 6) formadas sobre una placa llamada sustrato y hecha de un material dieléctrico, comprendiendo  
cada línea coplanar, en un mismo plano, una tira central de transmisión (7; 10) y dos bandas laterales de masa (8, 9;  
11, 12) a uno y otro lado de dicha tira, estando dichas bandas laterales separadas de ésta última por ranuras (21, 22;  
10 23, 24) de guiado de ondas electromagnéticas, discurriendo dicha tira y dichas bandas principalmente según una  
dirección llamada dirección longitudinal de línea, presentando cada línea coplanar (5) un extremo longitudinal (17),  
llamado extremo de conexión, que está destinado a ser acoplado a uno (2) de los circuitos de tratamiento que es propio  
de dicha línea coplanar,

15 - las dos líneas coplanares (5, 6) discurren por uno y otro lado de un mismo sustrato (4), por sobre dos caras  
principales opuestas (27, 28) de éste,

20 - cada línea coplanar (5) presenta un extremo longitudinal (16), llamado extremo de transferencia, opuesto a su  
extremo de conexión, adaptado para canalizar una onda electromagnética entre la guía de ondas y las ranuras (21, 22)  
de dicha línea coplanar,

25 - cada línea coplanar (5, 6) está provista de medios (25, 26), llamados medios desfasadores, adaptados para invertir  
la fase de un campo eléctrico de un lado de la tira central de transmisión (7, 10) de dicha línea coplanar, con vistas a  
una transmisión de energía eléctrica esencialmente según un modo coplanar a lo largo de dicha tira de transmisión entre  
los medios desfasadores y el circuito de tratamiento, y a una transmisión de energía eléctrica esencialmente según un  
modo guía dentro de la guía de ondas más allá del extremo de transferencia.

30 2. Dispositivo de transición según la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que las dos líneas coplanares  
(5, 6) discurren una enfrente de la otra por uno y otro lado del sustrato (4).

35 3. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado** por el hecho de que las dos  
líneas coplanares (5, 6) discurren según una dirección de propagación de la guía de ondas.

40 4. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** por el hecho de que el sustrato  
(4) se extiende en un plano longitudinal medio de la guía de ondas (1).

45 5. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** por el hecho de que cada línea  
coplanar (5, 6) está provista de un conmutador (18, 19) con vistas a una activación o a una desactivación de dicha línea  
coplanar.

50 6. Dispositivo de transición según la reivindicación 5, destinado a un conjunto de recepción, **caracterizado** por  
el hecho de que dichos conmutadores (18, 19) están adaptados para poder ser gobernados de forma tal que las líneas  
coplanares presenten en cada instante estados opuestos, respectivamente activo e inactivo.

45 7. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 5 o 6, **caracterizado** por el hecho de que:

- una (6) de las líneas coplanares, llamada línea coplanar serie, presenta una tira central de transmisión (10) que está  
interrumpida y formada por dos partes (29, 30) distantes que discurren en la prolongación una de la otra, presentando  
la otra línea coplanar (5), llamada línea coplanar paralela, una tira central de transmisión (7) que es continua,

50 - el conmutador (19) de la línea coplanar serie, llamado conmutador serie, está montado en serie para así conectar  
las dos partes distantes (29, 30) de la tira central de transmisión, de forma tal que la línea coplanar serie (6) es activa  
cuando el conmutador serie está en un estado, llamado estado pasante, en el cual realiza una conexión eléctrica entre  
las dos partes de la tira central de transmisión,

55 - el conmutador (18) de la línea coplanar paralela, llamado conmutador paralelo, está montado en paralelo para  
así poder conectar la tira central de transmisión (7) a las dos bandas laterales de masa (8, 9) de dicha línea coplanar  
paralela, de forma tal que la línea coplanar paralela (5) es inactiva cuando el conmutador paralelo está en un estado,  
llamado estado pasante, en el cual realiza una conexión eléctrica entre la tira central de transmisión y las bandas  
laterales de masa.

60 8. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado** por el hecho de que al menos  
un conmutador comprende un diodo.

65 9. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 5 a 8, **caracterizado** por el hecho de que al menos  
un conmutador (18, 19) es un conmutador microelectromecánico, llamado conmutador MEM.

## ES 2 338 029 T3

10. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 5 a 9 y según la reivindicación 2, **caracterizado** por el hecho de que los conmutadores (18, 19) de las dos líneas coplanares están decalados, según una dirección longitudinal del sustrato, a una distancia relativa que es sensiblemente igual al cuarto de una longitud de onda llamada longitud de onda guiada.

11. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** por el hecho de que al menos una banda lateral de masa (8, 9) de cada línea coplanar presenta, en el extremo de transferencia (16) de dicha línea, un canto de extremo (13, 14), llamado canto de transferencia de la banda, que discurre al bias alejándose transversal y longitudinalmente de una parte central de la línea coplanar.

12. Dispositivo de transición según la reivindicación 11, **caracterizado** por el hecho de que el canto de transferencia (13, 14) de una banda lateral de masa (8, 9) discurre en saledizo, según la dirección longitudinal de línea, con respecto a la tira central de transmisión (7) de la línea coplanar.

13. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado** por el hecho de que el canto de transferencia (50, 51) de una banda lateral de masa presenta una forma curva redondeada o exponencial o hiperbólica.

14. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado** por el hecho de que la tira de transmisión (7) de cada línea coplanar presenta, en el extremo de transferencia (16) de dicha línea, un canto de extremo (15), llamado canto de transferencia de la tira, que forma una punta.

15. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado** por el hecho de que los medios desfasadores (25, 26) de las líneas coplanares están adaptados para invertir la fase de un campo eléctrico en lados opuestos de las tiras centrales de transmisión.

16. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 1 a 15, **caracterizado** por el hecho de que los medios desfasadores de al menos una línea coplanar (5, 6) están formados por una extensión lateral (25, 26), llamada extensión lateral de desfasaje, de la tira central de transmisión (7, 10) de dicha línea coplanar.

17. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 1 a 15, **caracterizado** por el hecho de que los medios desfasadores de al menos una línea coplanar están formados por dos extensiones laterales consecutivas de su tira central de transmisión, que se extienden en un mismo lado de dicha tira y están adaptadas para imponerle cada una al campo eléctrico un desfasaje del orden de  $\pi/2$ .

18. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 16 o 17, **caracterizado** por el hecho de que al menos una extensión lateral de desfasaje (25, 26) de una tira central de transmisión presenta una forma de trapecio.

19. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 16 a 18, **caracterizado** por el hecho de que al menos una extensión lateral de desfasaje (32) de una tira central de transmisión presenta una forma de parte de disco.

20. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 1 a 19, **caracterizado** por el hecho de que los medios desfasadores de al menos una línea coplanar comprenden, por una parte, una extensión longitudinal (48) de una (36) de las bandas laterales de masa, cuya extensión longitudinal se extiende en saledizo, según la dirección longitudinal de línea, con respecto a la otra banda lateral de masa (35) y a la tira central de transmisión (34) de la línea coplanar, en el extremo de transferencia (37) de la misma, y por otra parte, un puente (41) de material conductor, llamado puente aéreo, que pasa por encima de la tira central de transmisión y conecta las dos bandas laterales de masa.

21. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 1 a 20, **caracterizado** por el hecho de que los medios desfasadores (25, 26) de las dos líneas coplanares son de un mismo tipo.

22. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 1 a 21, **caracterizado** por el hecho de que la tira central de transmisión (7) y las ranuras (21, 22) de cada línea coplanar presentan respectivas anchuras nominales adaptadas para que la impedancia a la entrada del circuito de tratamiento (2) sea óptima en cuanto a la limitación del ruido.

23. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 1 a 22, **caracterizado** por el hecho de que la tira central de transmisión y las ranuras de cada línea coplanar presentan respectivas anchuras nominales adaptadas para que la impedancia a la entrada del amplificador LNA sea igual a  $50 \Omega$ .

24. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 1 a 23, para una antena de recepción de microondas de frecuencias comprendidas entre 27 y 31 GHz, **caracterizado** por el hecho de que el sustrato (4) presenta una permitividad eléctrica  $\epsilon_r$  inferior a 5 y un espesor (e) superior a 0,5 mm, y de que cada línea coplanar (5, 6) presenta una tira central de transmisión (7, 10) de longitud (L) inferior a 3,5 mm entre los medios desfasadores y un primer punto de conexión al circuito de tratamiento.

## ES 2 338 029 T3

25. Dispositivo de transición según una de las reivindicaciones 1 a 24, para una antena de recepción de microondas de frecuencias comprendidas entre 45 y 50 GHz, **caracterizado** por el hecho de que el sustrato (4) presenta una permitividad eléctrica  $\epsilon_r$  inferior a 5 y un espesor (e) superior a 0,5 mm, y de que cada línea coplanar (5, 6) presenta una tira central de transmisión (7, 10) de longitud (L) inferior a 3 mm entre los medios desfasadores y un primer punto de conexión al circuito de tratamiento.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

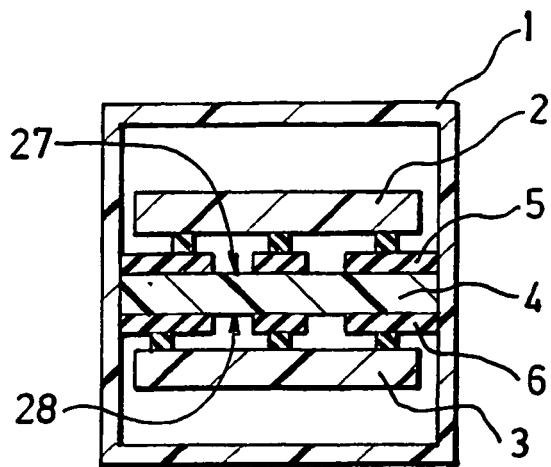


Fig 1

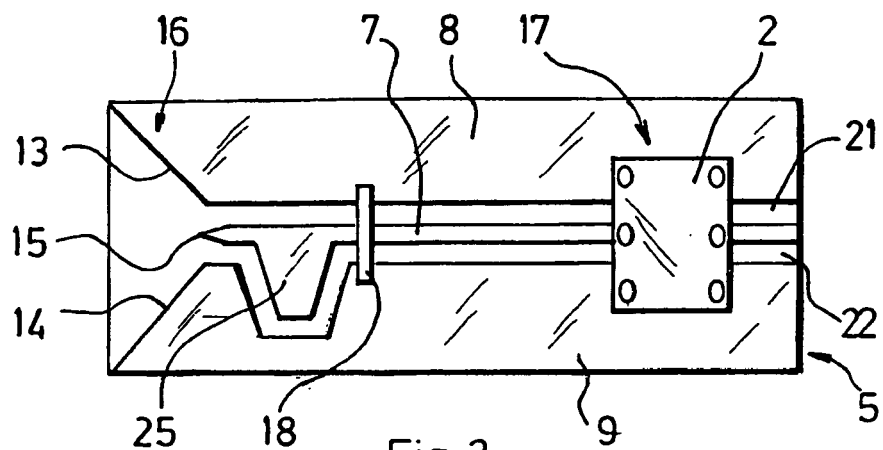


Fig 2

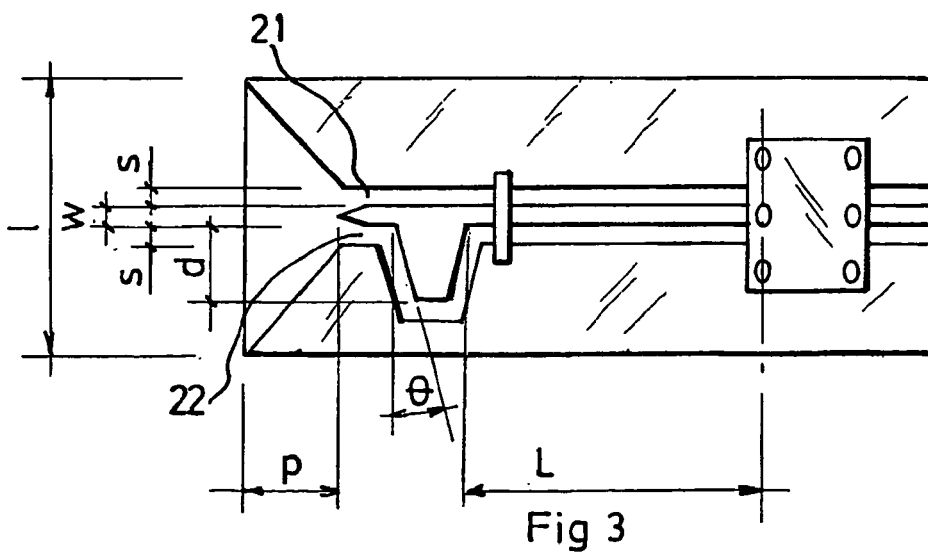


Fig 3

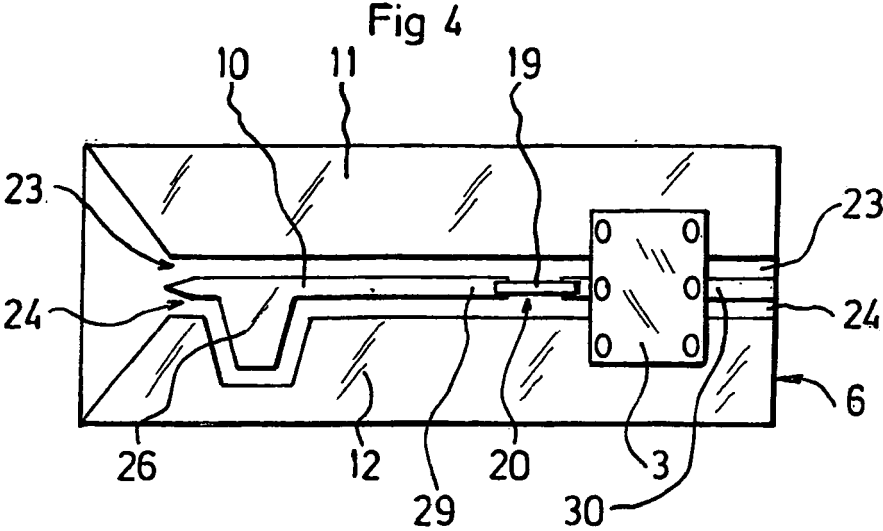


Fig 5

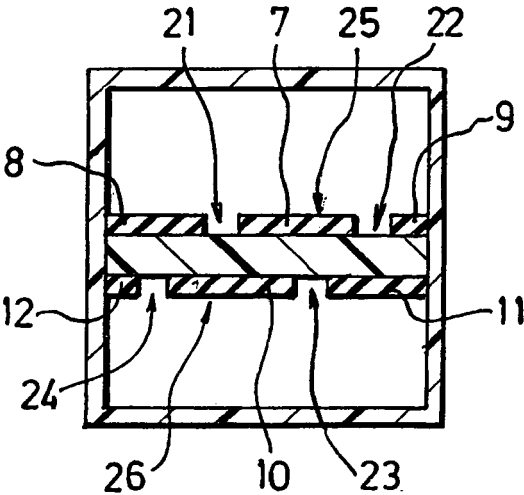


Fig 6

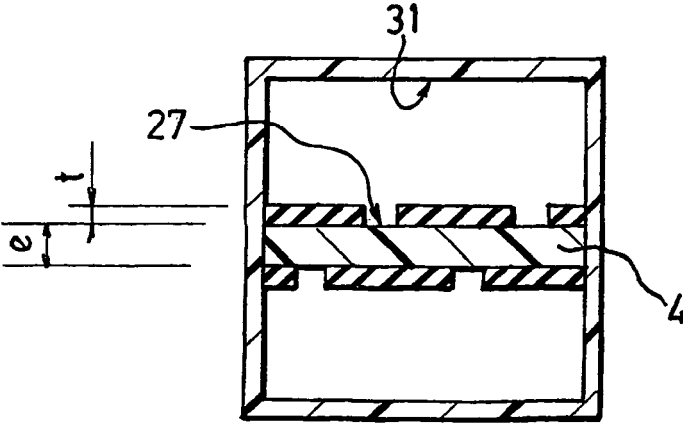


Fig 7

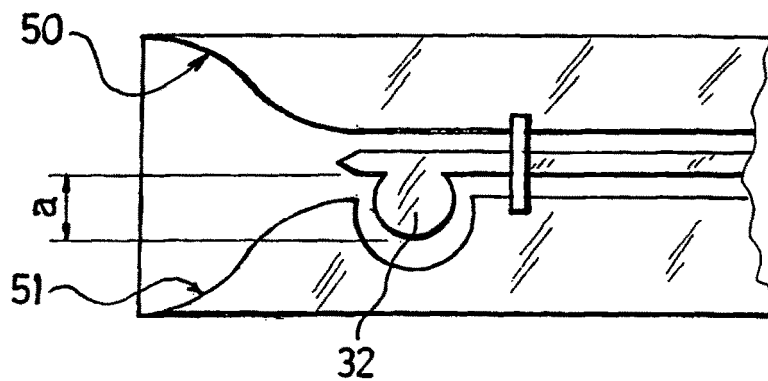


Fig 8

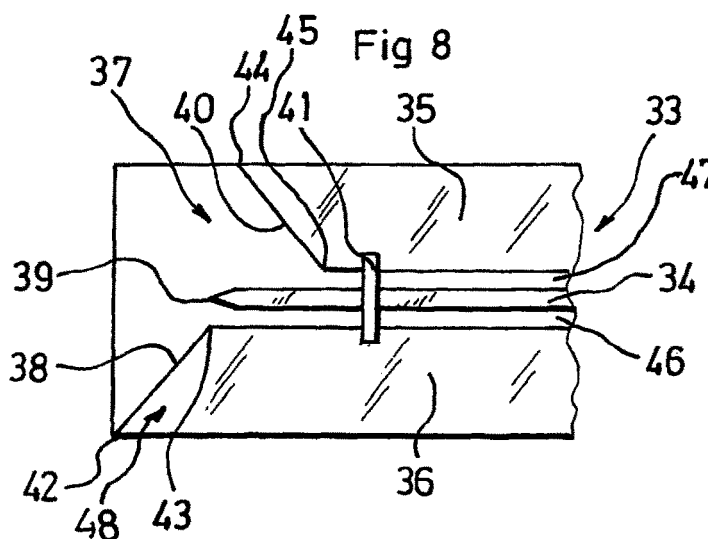


Fig 9

