

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 837 069**

51 Int. Cl.:

H01P 5/08 (2006.01)

H01P 5/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2016** **E 16182929 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.09.2020** **EP 3136499**

54 Título: **Sistema divisor/combinador para onda de hiperfrecuencia**

30 Prioridad:

21.08.2015 FR 1501760

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
29.06.2021

73 Titular/es:

THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade
Nord
92400 Courbevoie, FR

72 Inventor/es:

DENIS, STÉPHANE;
CHAMPAGNE, CHRISTOPHE y
HAMEAU, SOLENNE

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 837 069 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

Sistema divisor/combinador para onda de hiperfrecuencia

Campo de la invención

5 La invención se refiere al campo de los componentes pasivos para una onda de hiperfrecuencia, y de forma más particular a componentes divisores o combinadores de rayos. Estas componentes permiten subdividir una señal en varios canales o recombinar señales procedentes de diferentes canales en un solo canal.

10 La invención se refiere, del mismo modo, a un amplificador de potencia de radiofrecuencia y de microonda realizado a partir de las componentes de divisores/combinadores, estando subdividido el amplificador en múltiples amplificadores elementales en paralelo. La invención encuentra una utilidad en todos los sistemas que utilizan amplificadores del tipo de tubo de ondas progresivas o TOP tales como radares embarcados en sistemas de perforación y de misiles, o sistemas embarcados en drones o satélites. Los amplificadores de tubos de ondas progresivas pueden, de forma ventajosa, ser reemplazados por amplificadores a base de divisores/combinadores según la invención.

Estado de la técnica

15 Las potencias de RF más fuertes son un campo reservado a los amplificadores de tubos de ondas progresivas (TOP) u otros magnetrones o klistrones. Los mismos permiten alcanzar niveles de potencia inaccesibles con simples amplificadores de estado sólido, constituidos de transistores.

Para niveles de potencia moderados existen también TOP compactos cuyo volumen ocupado es similar al de los amplificadores básicos de transistores.

20 Sin embargo, con los progresos obtenidos estos últimos años en transistores de semiconductores de tipo GaN y/o SiC, estos componentes permiten realizar amplificadores de estado sólido que ganan terreno a las gamas de potencias cubiertas por las TOP, con varias ventajas adicionales:

- Una fiabilidad y una vida útil superiores
- Una banda pasante más larga
- 25 - Un factor de ruido reducido
- Una linealidad mayor
- Una tensión de alimentación más convencional

30 Los amplificadores de estado sólido se realizan en forma monolítica o bien en forma de componentes híbridos, hasta un cierto nivel de potencia que se extiende, actualmente, hasta una centena de vatios en banda X. Más allá, hace falta utilizar en paralelo varios amplificadores elementales (monolíticos o híbridos) para generar potencias incluso más grandes y por tanto sobrepasar el kW.

Para ello, la señal se subdivide en varios canales hacia los diferentes amplificadores elementales. Las señales amplificadas son a continuación recombinadas hacia un solo canal. Muy a menudo, el mismo tipo de dispositivo puede servir de divisor y de combinador de potencia. Se pasa de un papel a otro permutando las fuentes y las cargas.

35 Para que el conjunto sea energéticamente eficaz, conviene optimizar las pérdidas de inserción de estos divisores-combinadores. Desde este punto de vista, las estructuras a base de guías de ondas son las más eficientes. Las mismas presentan pérdidas muy reducidas de inserción y soportan potencias muy fuertes, en especial en forma de guía de onda rectangulares. Sin embargo, estas estructuras y en especial las que utilizan las guías de onda rectangulares ocupan mucho volumen y presentan limitaciones en términos de bandas de frecuencias que están ligadas a los límites del volumen ocupado y a los límites de los modos propagados. Por ejemplo, estas estructuras no son convenientes para una banda de frecuencia que cubra al menos la banda X y para un volumen ocupado de un diámetro inferior a 50 mm.

El documento US5142253 describe una solución con una combinación espacial de potencia basada en una guía de onda coaxial sobredimensionada.

45 El término "sobredimensionada" significa en este caso que los diámetros de la estructura coaxial son superiores a las dimensiones máximas que aseguran a la guía un funcionamiento sobre un solo modo fundamental o que las cavidades están exentas de resonancias en la banda útil. A título indicativo, una guía cilíndrica presenta un primer modo de propagación (TE₁₁) situado por encima de 10 GHz ya que su diámetro sobrepasa 8,8 mm, y una línea coaxial de impedancia característica de 50 ohmios presenta varios modos de propagación (por tanto TE₁₁) por encima de 10 GHz ya que su diámetro mayor sobrepasa 13,3 mm. Para resumir y para dar una orden de magnitud, por encima del

10 GHz, una estructura aproximadamente cilíndrica, cuyo diámetro interno sobrepasa 9 mm puede plantear problemas de modos de propagación múltiples o de resonancias parásitas.

Para conservar una realización simple, esta estructura conduce a diámetros sobredimensionados sobre más de 2/3 de su longitud, para frecuencias superiores a 10 GHz.

- 5 Esta solución necesita importantes volúmenes ocupados por absorbentes de RF que aumentan, necesariamente, las pérdidas. No es posible retirar estos absorbentes, sin que aparezcan posibilidades de resonancias parásitas que van a degradar los rendimientos de la estructura.

Esta estructura necesita el conjunto de numerosas piezas mecánicas lo que conduce a un conjunto poco robusto.

- 10 Esta solución no permite interconectar de forma simple varios amplificadores elementales, en especial, con acceso a microcintas (configuración más común) repartidos de forma radial (disposición más práctica para un formato cilíndrico). Además, presenta una gran complejidad de realización mecánica, en especial, ya que se buscarán cubrir frecuencias útiles elevadas y un volumen ocupado reducido.

Por otro lado, los rendimientos anunciados con 0,5 dB de pérdidas de inserción, sobre una banda de frecuencia de 2,5 a 10 GHz no son suficientes para las aplicaciones previstas.

- 15 Otro tipo de solución, más reciente, basada, del mismo modo en la combinación espacial de potencia alrededor de una guía de onda coaxial y que se adapta mejor para accesos de microcintas dispuestos en un radio se ha propuesto por ejemplo en el documento US2014/016788.

Esta solución permite dividir o recombinar la potencia hacia/desde varios canales o amplificadores elementales, en un volumen ocupado reducido y sobre una banda de frecuencia grande.

- 20 Sin embargo, los resultados en esta solución hacen aparecer dimensiones y pérdidas de inserción demasiado importantes.

En esta estructura, los amplificadores elementales se disponen en un radio, en el espacio entre los dos conductores que constituye una vía coaxial. Esta guía está sobredimensionada ampliamente para poder alojar estos amplificadores y los diferentes canales paralelos que realizan las transformaciones necesarias de impedancias hacia los extremos de microcintas.

- 25 Las transformaciones de impedancias se realizan con líneas longitudinales tales como las descritas en la figura 5 del documento, adaptadas a las líneas coaxiales. Estas estructuras presentan dos tramos metálicos dispuestos sobre las caras opuestas de un sustrato, representando estos tramos una estructura que se parece a una línea de ranura, de alta impedancia característica, en un extremo y una línea de microcinta, de una impedancia característica más reducida, en el otro extremo. Un tramo se ensancha progresivamente de manera que realiza el plano de masa y el otro tramo se ensancha y después se estrecha para acabar para formar una línea de la estructura de microcinta.

- 30 La guía coaxial es tanto más sobredimensionada cuanto más importante es el número de amplificadores elementales (o de canales, en este caso las líneas antipodales): hace falta, necesariamente, más espacio para alojar más amplificadores, pero esta no es la única razón ya que cuando se aumenta el número de amplificadores, por tanto, a impedancia constante (valor máximo) sobre la entrada de cada canal, la impedancia característica de la guía coaxial es necesariamente más baja, lo que conduce, del mismo modo, a sobredimensionar la vía para conservar el mismo espacio coaxial. De hecho, hace falta aumentar los diámetros de la línea coaxial para obtener una impedancia característica más baja con un mismo espacio entre el núcleo (centro) y los cuerpos (perímetro) de la vía coaxial. Como consecuencia de la aparición creciente de modos de propagación de orden superiores y de posible resonancias asociadas, van a disminuir los rendimientos y va a aumentar el volumen ocupado en función del número de amplificadores elementales y de la frecuencia útil más alta. Además, cuanto más grandes son los diámetros de la guía coaxial más hace falta utilizar los canales o amplificadores para minimizar las discontinuidades. En otras palabras, el uso de una guía coaxial de diámetro más reducido permite cubrir bandas de frecuencias más grandes, con frecuencias útiles más altas, o bien necesita un número de amplificadores elementales más reducido. Por ejemplo, planteando este razonamiento de forma extrema, un coaxial de dimensión suficientemente pequeña podría incluso contener un solo amplificador, lo que constituye un caso muy asimétrico, que es propicio para excitar modos superiores o de resonancias que se desea evitar sobre un área sobredimensionada.

Desde este punto de vista, la estructura descrita en el documento US2014/016788 necesita un gran número de amplificadores para asegurar una banda bastante grande y una frecuencia útil alta elevada.

- 50 Los inconvenientes citados anteriormente indican que los rendimientos y el volumen ocupado de esta estructura están limitados por estos dos elementos antagonistas: por un lado, hace falta limitar el número de amplificadores para limitar el volumen ocupado y asegurar rendimientos suficientes en alta frecuencia (pérdidas de inserción, rendimiento, ondulación de la ganancia), y por otro lado, hace falta un número mínimo de amplificadores para asegurar rendimientos de RF suficientes (potencia máxima, banda pasante).

En otras palabras, el antagonismo sobre el número más o menos importante de canales o de amplificadores viene debido a que hace falta minimizar su número para que la estructura sea compacta y poco penalizada por los modos superiores y otras resonancias parásitas (frecuencia máxima útil, pérdidas de inserción, ondulaciones) y que hace falta un máximo de amplificadores para que la transición entre la parte coaxial y la antipodal sea eficiente (frecuencia máxima útil, pérdidas de inserción, ondulación, pero también potencia máxima).

Por otro lado, la complejidad de realización de esta estructura es del mismo modo importante, y la misma es tanto más compleja cuanto más grandes el número de amplificadores elementales. Además, esta estructura necesita el montaje de numerosas piezas mecánicas lo que conduce a un conjunto poco robusto.

Los documentos CN102280681 y US5256988 divulgan diferentes implementaciones de un sistema divisor de potencia para hacer una amplificación distribuida de una señal de hiperfrecuencia. El divisor utiliza la tecnología coaxial y comprende una transición con una pluralidad de líneas de cinta.

Un objetivo de la presente invención es paliar los inconvenientes citados anteriormente proponiendo un sistema divisor/combinador monomodo que presenta una banda bastante grande en las inmediaciones de una frecuencia útil, que ocupa poco volumen y realizado a partir de un número reducido de piezas mecánicas, lo que permite una resistencia mecánica y una robustez mayor del conjunto.

Descripción de la invención

La presente invención tiene por objeto un sistema divisor/combinador para señal de hiperfrecuencia que comprende:

- una línea coaxial que comprende un bloque interior que se extiende longitudinalmente a lo largo de un eje Y, que presenta una superficie conductora que se inserta en un bloque exterior cuyas paredes de cavidades internas son conductoras, estando separado el bloque interior del bloque exterior por un espacio aislante, presentando dicha línea coaxial un extremo de conexión,
- una pluralidad de N líneas de cinta, comprendiendo cada línea de cinta una primera y una segunda banda conductora dispuestas enfrentadas a ambos lados de un sustrato aislante o dieléctrico,
- uno de los extremos de cada línea de cinta, denominado primer extremo, que está dispuesto de manera tangencial sobre el perímetro del bloque interior en dicho espacio en el extremo de conexión de la línea coaxial, estando la primera y segunda banda conductora al primer extremo de la línea de cinta respectivamente en contacto eléctrico con el bloque interior y el bloque exterior, estando además el bloque exterior conectado a la masa del sistema.

De forma ventajosa, cada primer extremo de las líneas de cinta presenta una impedancia adaptada a la impedancia de la línea coaxial en el extremo de conexión.

De forma ventajosa, una impedancia en el primer extremo de cada línea de cinta es sensiblemente igual a N veces la impedancia de la línea coaxial en su extremo de conexión, de manera que contribuye a adaptar la impedancia de cada primer extremo en las líneas de cinta a la impedancia de la línea coaxial en su extremo de conexión.

Según una primera variante, el bloque interior y el bloque exterior presentan, en el extremo de conexión, vaciados situados entre líneas de cinta adyacentes, de manera que contribuyen a dicha adaptación de impedancia.

Según otra variante, para cada línea de cinta, la anchura para la cual las dos bandas conductoras están enfrentadas y sus grosores respectivos se determinan de manera que contribuye a dicha adaptación de impedancia.

Según otra variante, para una señal de hiperfrecuencia en la banda X, la anchura de las bandas conductoras es inferior o igual a 1 mm, y los grosores son superiores o iguales a 80 μm .

Según otra variante las bandas conductoras enfrentadas están desplazadas lateralmente entre sí en el primer extremo de manera que contribuyen a dicha adaptación de impedancia.

De forma ventajosa, el bloque interior de la línea coaxial es de forma cónica. De forma ventajosa, la línea coaxial está configurada para ser monomodo en una banda de frecuencia útil del sistema.

Según un modo de realización, el sistema se realiza en un bloque que comprende el bloque exterior, y por tanto las paredes de las cavidades internas son conductoras, comprendiendo el sistema además:

- una cavidad adyacente al extremo de conexión de la línea coaxial, estando las líneas de cinta fijadas al bloque y,
- una pluralidad de N túneles practicados en el bloque, compartiendo cada túnel una línea de cinta asociada.

De forma ventajosa, la cavidad está dimensionada para no propagar modos parásitos y/o para no generar resonancias en una banda de frecuencias útiles del sistema.

De forma preferible, los túneles están configurados de manera que un segundo extremo de cada línea de cinta este dispuestos sobre un círculo que presenta un diámetro superior al diámetro de la línea coaxial. De forma ventajosa,

cada línea de cinta está configurada de manera que presenta en su segundo extremo una impedancia inferior a la impedancia de su primer extremo.

Según un modo de realización, el sistema comprende además un absorbente y/o capas resistivas dispuestas en la cavidad entre las líneas de cinta y/o en al menos una parte de los túneles.

5 La invención tiene del mismo modo por objeto un amplificador de hiperfrecuencia que comprende:

- un primer sistema divisor según la invención adecuado para transportar una señal de hiperfrecuencia de una primera línea coaxial hacia una primera pluralidad de N líneas de cinta,
- una pluralidad de N amplificadores de la señal de hiperfrecuencia acoplados a las N primeras líneas de cinta,
- un segundo sistema combinador según la invención que presenta una segunda pluralidad de líneas de cinta acopladas a dichos amplificadores, adecuado para transportar la señal de hiperfrecuencia amplificada de las segundas líneas de cinta hacia una segunda línea coaxial.

10

Otras características, objetivos y ventajas de la presente invención aparecerán de la lectura de la descripción detallada siguiente y con respecto a los dibujos adjuntos dados a título de ejemplos no limitativos y en los cuales:

La figura 1 ilustra un sistema divisor/combinador 10 según la invención.

15

La figura 2 ilustra una línea de cinta según la invención.

La figura 3 ilustra líneas paralelas clásicas para las cuales se disponen las bandas conductoras a un mismo lado del sustrato.

La figura 4 ilustra una línea para la cual una sola línea de banda conductora está enfrentada a una masa de gran dimensión.

20

La figura 5 esquematiza una vista en perspectiva del sistema según la invención.

La figura 6 ilustra una variante de un sistema divisor/combinador según la invención que comprende vaciados.

La figura 7 esquematiza una vista en sección de la variante de un sistema de divisor/combinador de la figura 6.

La figura 8 ilustra otra variante combinada con la variante de la figura 6 en la cual las líneas de cinta están desplazadas lateralmente entre sí.

25

La figura 9 ilustra una línea de cinta según la invención.

La figura 10 esquematiza un sistema según la invención que comprende una cavidad adyacente al extremo de conexión de la línea coaxial.

La figura 11 ilustra una pluralidad de túneles de un sistema según la invención.

La figura 12 esquematiza una vista en perspectiva de una variante del sistema 10 realizada en un solo bloque.

30

La figura 13 ilustra un sustrato flexible de líneas de cinta.

La figura 14 ilustra un sustrato de líneas de cinta flexible y que presenta una torsión.

La figura 15 esquematiza una vista en sección con líneas de cinta que presentan una torsión de 90° a la salida de los túneles según la invención.

35

La figura 16 ilustra un sistema según la invención que comprende un absorbente y/o capas resistivas dispuestas en la cavidad entre las líneas de cinta y/o en al menos una parte de los túneles.

La figura 17 esquematiza un amplificador de hiperfrecuencia que utiliza un sistema divisor y un sistema combinador según la invención.

Descripción detallada de la invención

40

Un sistema divisor/combinador 10 según la invención se ilustra en la figura 1. Este sistema funciona, normalmente, para una señal de hiperfrecuencia que pertenece a las bandas L a K_A, es decir que presenta una frecuencia comprendida entre 1 GHz y 30 GHz, y sobre una banda pasante típicamente de una octava.

El divisor/combinador 10 comprende una línea coaxial Coax que comprende un bloque interior Bint, del mismo modo denominado "núcleo" de la línea, que se extiende longitudinalmente a lo largo de un eje Y. El bloque interior, normalmente de forma alargada cilíndrica o cónica, presenta una superficie conductora, normalmente una capa de plata y se inserta en un bloque exterior Bext1, del mismo modo denominado "cuerpo" de la línea, cuyas paredes de

45

cavidades internas son conductoras. El bloque exterior es de forma alargada, por ejemplo de sección cilíndrica circular para poliédrica.

Como alternativa, el bloque exterior se realiza en la masa de un material conductor, por ejemplo de cobre, el bloque interior Bint está separado del bloque exterior Bext1 por un espacio E aislante, normalmente el aire.

5 La línea coaxial presenta un extremo denominado extremo de conexión.

El combinador/divisor comprende además una pluralidad LR de N líneas de cinta LR1, LR2, ... LRN, cada línea de cinta, ilustrada del mismo modo en la figura 2, que comprende una primera banda conductora BC1 y una segunda banda conductora BC2 dispuestas enfrentadas a ambos lados de un sustrato Sub aislante o dieléctrico. Cada línea de cinta comprende un primer extremo Ext1 adecuado para conectarse al extremo de conexión de la línea coaxial. La conexión se efectúa según la geometría siguiente: los primeros extremos Ext1 se insertan de forma tangencial en el perímetro del bloque interior Bint en el espacio E en el extremo de conexión de la línea coaxial Coax, como se ilustra en la figura 1. La primera banda conductora BC1 en el primer extremo Ext1 está en contacto eléctrico con el bloque interior Bint y la segunda banda conductora BC2 de la línea de cinta en el primer extremo Ext1 está en contacto eléctrico con el bloque exterior Bext1. Además, el bloque exterior Bext1, y por tanto las bandas conductoras BC2, está conectado a la masa del sistema.

La división/recombinación espacial de potencia se efectúa en la interfaz entre la línea coaxial Coax y las líneas de cinta. En la configuración de divisor, una señal de hiperfrecuencia que se propaga en la línea coaxial se encuentra acoplada a las N líneas de cinta, y se propaga a continuación a lo largo de estas líneas. En configuración de combinador, una pluralidad de señales de hiperfrecuencias que se propagan en las líneas de cinta se recombinan para propagarse en la línea coaxial. N está normalmente comprendido entre 4 y 15.

La línea coaxial no tiene necesidad de estar sobredimensionada con respecto a la longitud de onda de la señal de hiperfrecuencia útil, y el uso de una guía coaxial y un diámetro más reducido (con respecto al estado de la técnica) permite obtener bandas de frecuencia más grandes, con frecuencias útiles más altas, o una banda de frecuencia equivalente con un número de canales más reducido (lo que se ve del mismo modo más adelante en la figura 5).

25 Una línea coaxial de diámetro reducido combinada con la conexión realizada en el espacio E permite por otro lado al sistema 10 según la invención presenta un volumen ocupado reducido y un formato compacto.

Normalmente, para una señal en banda X la línea coaxial presenta un diámetro, definido por el diámetro del bloque interior más el espacio, de aproximadamente 8 mm. El diámetro que no se ha de sobrepasar será evaluado con respecto a las relaciones que permiten determinar las frecuencias de resonancia si los modos superiores: por ejemplo, en una cavidad cilíndrica se evita sobrepasar un diámetro de $c/f \times 0,59$ [m] y en una guía coaxial la suma de los dos diámetros (el del núcleo + el del cuerpo) no debe sobrepasar $c/f \times 0,64$ [m], donde c es la velocidad [m/s] de la luz en un medio aislante (aire, vacío, dieléctrico...) y f la frecuencia [Hz] útil máxima.

Una línea de cinta utilizada en la invención se denomina línea paralela acoplada sobre el lado largo ("*broadside coupled lines*" en terminología anglosajona), ya que la misma se adaptan bien a la interfaz coaxial. La propagación sobre las líneas paralelas acopladas en el lado grande se parece a la de las líneas bifilares. Por el contrario, cuando una de las cintas se chapa sobre el conductor más grande, por ejemplo sobre la pared metálica de un elemento de la dimensión más grande tal como B (figura 7), entonces la propagación se parece a la de una línea de microcinta.

Normalmente, el sustrato es un sustrato dieléctrico de tipo orgánico (PTFE y vidrio) y las bandas conductoras son de cobre con un acabado de plata.

40 Ciertas dimensiones de estas líneas pueden optimizarse en el contexto de la invención como se describe posteriormente.

El hecho de que cada banda conductora BC2 y el bloque exterior con el cual las mismas están en contacto dieléctrico está conectada a la masa del sistema presenta varias ventajas. En corriente continua o de baja frecuencia están al mismo potencial, lo que es preferible.

45 Además cada banda conductora BC1 está conectada al núcleo de la estructura coaxial Bint y está constantemente aislada de la masa de la estructura Bext.

Además, la masa está localizada en el exterior de la estructura del sistema y sobre cada una de las bandas conductoras BC2 de las líneas de cinta LRi. En alta frecuencia, no hay plano de masa de radiofrecuencia único si no una pluralidad de masas de radiofrecuencia, una sobre cada línea de cinta. Estas masas son directamente accesibles a través de las bandas individuales BC2, lo que permite conectar a un segundo extremo de cada línea de cinta LRi equipos (tales como amplificadores) asociados, cuya masa puede estar conectada directamente a la banda conductora asociada. La conexión es fácil y sin riesgo de cortocircuito.

Estas líneas de cinta según la invención no deben ser confundidas con una de parte de las líneas paralelas clásicas ilustradas en la figura 3 para las cuales las bandas 30 y 31 conductoras se disponen a un mismo lado del sustrato con

o sin plano de masa del lado opuesto, y por otro lado con una cinta tal como se ilustra en la figura 4, para la cual una sola banda 40 conductora está enfrentada a una masa de gran dimensión. Cuando este tipo de cinta es utilizada en alta frecuencia la masa no se define de manera individual sino que existe un plano de masa común a todas las cintas, y la conexión de equipos individuales asociados a cada cinta es problemática.

- 5 Esto no ocurre tampoco en las líneas antipodales como en el estado de la técnica descrito anteriormente. Cada línea de cinta según la invención es una cinta o "strip" desde el inicio, no hay una transformación geométrica de la cinta, a lo sumo una variación de anchura, como se describe posteriormente.

La geometría de las líneas de cinta utilizadas para la invención permite asegurar la continuidad eléctrica con la línea coaxial por una conexión en el espacio E. Las configuraciones de los campos electromagnéticos propagados sobre las líneas de cinta y sobre la línea coaxial están próximas y por consecuencia es posible optimizar de forma eficaz las pérdidas de inserción.

Una vista en perspectiva del sistema 10 se esquematiza en la figura 5. Se constata en esta vista que el diámetro interno de la parte coaxial no se ensancha a lo largo de la parte coaxial, lo que conserva el funcionamiento monomodo y por tanto rendimientos óptimos y una banda de frecuencia útil lo más grande posible, como se explicó más arriba. Por tanto, el diámetro interno de la parte coaxial es tal que sólo el modo fundamental se propaga en la parte coaxial del sistema.

De forma preferible, la línea coaxial Coax está configurada para ser monomodo, en una banda de frecuencias útil del sistema 10, con el fin de evitar los modos de propagación superiores y los modos parásitos. Normalmente, sólo se propaga el modo fundamental. Cuanto más se alejen de la banda de frecuencia útil las frecuencias de corte de los modos superiores más eficiente es el combinador/divisor. Esto implica dimensiones máximas que no se han de sobrepasar. Además, la dimensión reducida de la línea coaxial, no sobredimensionada, permite a la banda de frecuencia útil estar situada por debajo de las resonancias parásitas y otros modos de propagación no fundamentales. Por ejemplo, a una frecuencia útil de 14 GHz, un diámetro máximo (núcleo más espacio E) es de 8 mm.

Con el fin de optimizar la transición entre la línea coaxial Coax y las N líneas de cinta LR1... LRN, es decir disminuir las pérdidas de inserción, conviene realizar una adaptación de impedancia entre la línea coaxial en su extremo de conexión y cada línea de cinta en su primer extremo, es decir que cada primer extremo Ext1 de las líneas de cinta presenta una impedancia adaptada a la impedancia de la línea coaxial Coax en el extremo de conexión.

De forma ventajosa, para contribuir a la adaptación de la impedancia, la impedancia Zext1 en el primer extremo Ext1 de cada línea de cinta es sensiblemente igual a N veces la impedancia de la línea coaxial Zc/rac en su extremo de conexión:

$$Z_{ext1} = N \cdot Z_{c/rac} \quad (1)$$

Para obtener la igualdad (1), una primera variante es disminuir la impedancia de la línea coaxial en su extremo de conexión. La línea coaxial efectúa en este caso una transformación de impedancia que disminuye progresivamente la impedancia a partir de la de su extremo externo, normalmente 50 ohmios, hacia una impedancia más baja en el extremo de conexión Zc/rac, normalmente de 20 o 30 ohmios. Esto se puede realizar mediante un bloque interior Bint de forma cónica.

La forma cónica del bloque interior, es decir el núcleo de la línea coaxial, permite según una variante, fijar las líneas por simple compresión (montaje a presión) de las mismas en el intervalo coaxial E.

Cuanto más elevado sea el número de canales de cinta, más baja debe ser la impedancia Zc/rac de la línea coaxial en el extremo de conexión para que la adaptación impedancia se pueda obtener fácilmente.

La parte coaxial que está conectada hacia N líneas de cinta, la impedancia característica Zext1 en la base de cada una de las líneas de cinta debe ser aproximadamente de Zc/rac x N.

Una segunda variante, que es de forma ventajosa combinada con la primera variante, es por tanto aumentar la impedancia de cada línea de cinta en su primer extremo. Por ejemplo para una impedancia Zc/rac de 30 ohmios y 10 canales de línea de cinta, la impedancia en el primer extremo de cada línea de cinta debe ser sensiblemente igual a 300 ohmios.

Los campos EM de las líneas de cinta y de los sectores de línea coaxial son similares y por consiguiente para dimensiones del mismo orden de magnitud, esta transición de una línea a la otra no presenta una discontinuidad importante.

Según una primera variante, el bloque interior Bint y el bloque exterior Bext1 presentan, en el extremo de conexión, vaciados Evint, Evext situados entre las líneas adyacentes, de manera que contribuyen a dicha adaptación de impedancia, como ilustra la figura 6 (sección B-B de la figura 7). La zona de vaciado de la línea coaxial en su extremo de conexión ilustra, del mismo modo, sobre el esquema en sección del sistema 10 de la figura 7, correspondiente a una variante descrita más adelante, y corresponde a la zona Z2, la zona Z1 corresponde a la zona en la cual la línea

coaxial es clásica. La parte central del bloque interior con respecto a la zona Z2 de vaciado es, de forma ventajosa, vaciada del mismo modo. Estos vaciados se realizan por ejemplo por mecanizado de la línea coaxial en la zona Z2 de transición con las líneas de cinta. La introducción de las líneas de cinta en la línea coaxial disminuye localmente la impedancia de esta última. Ello resulta en el aumento local del acoplamiento entre Bint y Bext1 por la presencia de las líneas de cinta. Los vaciados permiten compensar esto y reducir el acoplamiento entre Bint y Bext1.

Según una segunda variante, la impedancia característica de las líneas de microcinta es aumentada más localmente en el extremo Ext1 introduciendo taladros longitudinales en los sustratos Sub en su extremo. Estos taladros aportan más flexibilidad para adaptarse mejor a la presión de montaje y a las variaciones de las dimensiones relacionadas con las variaciones de temperatura.

Según una tercera variante ilustrada en la figura 8, de forma ventajosa, combinada con las variantes anteriores, las bandas conductoras enfrentadas BC1 y BC2 de las líneas de cinta están desplazadas, de forma ventajosa, lateralmente entre sí en el primer extremo, para aumentar la impedancia característica. El desplazamiento aleja las dos cintas y por consiguiente aumenta la impedancia característica de la línea.

Nos encargaremos de realizar el desplazamiento de forma que la torsión de las líneas (véase más abajo) refuerza el contacto de las líneas en la conexión con la parte coaxial Coax.

El desplazamiento es principalmente útil en el extremo Ext1, las bandas se superponen a continuación de forma progresiva a lo largo de las líneas.

Según otra variante ilustrada en la figura 9, para cada línea de cinta, la anchura w para la cual las dos bandas conductoras BC1 y BC2 están enfrentadas y sus grosores respectivos $l1$ y $l2$ son determinados de manera que contribuyen a la adaptación de la impedancia, en la zona de transición, es decir en el primer extremo. Normalmente, para aumentar localmente la impedancia de una línea de cinta en su primer extremo, los grosores $l1$ y $l2$ deben ser más gruesos que para una línea de cinta estándar, y la anchura w más reducida.

De hecho, la impedancia de la línea de cinta es localmente proporcional a h/w , y cuando se pone en contacto eléctrico con los bloques interior y exterior, la impedancia tiene la tendencia de bajar tanto más cuando $l1$, $l2$ son reducidas.

Por ejemplo, para una señal de hiperfrecuencia en banda X, la anchura w es inferior o igual a 1 mm, y los grosores $l1$, $l2$ son superiores o iguales a 80 μm .

Según un modo de realización ilustrado en la figura 7, el sistema 10 según la invención se realiza en un bloque B que comprende una parte Bext1 y la prolongación de la misma Bext2. Todas las paredes de las cavidades internas son conductoras.

El sistema comprende del mismo modo una cavidad C adyacente al extremo de conexión de la línea coaxial, correspondiente al tramo Z3 de la figura 7. Las líneas de cinta LR1, LR2,... Están fijadas al bloque, tal y como se ilustra en la figura 10 correspondiente a la sección C-C de la figura 7.

Los tramos Z1, Z2 y Z3 son todos ellos de un diámetro reducido, el diámetro interior es sensiblemente constante, no hay ensanchamiento, lo que asegura al sistema un funcionamiento mono modo y de dimensiones reducidas. Además se señala en este esquema que no existe ningún contacto eléctrico entre el bloque interior Bint, conectado al potencial elegido, y el bloque exterior Bext (Bext1 y Bext2) conectado a la masa del sistema divisor/recombinador.

El sistema comprende además una pluralidad de N túneles $T1$, $T2$... TN practicados en la parte Bext2 del bloque B correspondiente al tramo Z4 de la figura 7 e ilustrados en la figura 11 (sección A-A de la figura 7). Cada túnel Ti que comprende una línea de cinta asociada. De forma ventajosa, los túneles están configurados de manera que el segundo extremo Ext2 de cada línea de cinta esté dispuesto sobre un círculo que presenta un diámetro superior al diámetro de la línea coaxial (figura 12); las líneas de cinta son por tanto alejadas entre sí para que cada canal se amplifique separadamente. La banda conductora inicialmente conectada a Bext1 de la parte coaxial es solidaria (pegado, soldado) y en contacto eléctrico con una pared del túnel y la otra banda conductora inicialmente conectada a Bint permanece sin contacto con Bext2 (situado más al centro en las secciones de la figura 12). Según un modo de realización, para facilitar la fabricación, las partes Bext1 y Bext2 se realizan de una vez constituyendo un bloque único.

Una vista en perspectiva del sistema 10 realizada en un solo bloque B se esquematiza en la figura 12. Esta vista representa los huecos presentes en el bloque B.

La cavidad C pseudocilíndrica, normalmente llena de aire, realiza la transición entre los primeros extremos de las líneas de cinta concentrados alrededor del extremo de conexión de la línea coaxial de diámetro reducido y los diferentes túneles Ti que albergan las líneas de cinta evitando los cortocircuitos y permitiendo alejar estas líneas de cinta entre sí para realizar un amplificador descrito más adelante. La cavidad está dimensionada de un tamaño suficientemente pequeño para no generar los modos superiores o resonancias parásitas en la banda de frecuencia útil. Este dimensionamiento se tiene que realizar con precaución ya que la cavidad X es la sede de una resonancia aguda que puede, normalmente, constituir una frecuencia de corte alto para el conjunto de la estructura.

De forma ventajosa, el sustrato Sub de las líneas de cinta es flexible para permitir una adaptación fácil al túnel correspondiente y para adaptarse más fácilmente a las restricciones relacionadas con las variaciones de temperatura y a las dilataciones diferenciales de los diferentes elementos montados, tal como se ilustra en la figura 13.

- 5 Además, de forma ventajosa, el sustrato flexible es tal que permite las flexiones y las porciones combinadas durante su montaje, sin dañarse o hacerse frágil, tal como se ilustra en la figura 14. Por tanto, normalmente, cada línea de cinta presenta dos flexiones de aproximadamente 30° en el túnel asociado.

- 10 Como alternativa, un sustrato constituido de varias capas dieléctricas permite optimizar las posibilidades de torsión y deflexión combinadas del mismo, a la vez que se obtienen características eléctricas apropiadas (permisividad reducida, pérdidas dieléctricas reducidas, resistencia a fuertes campos eléctricos, conductividad térmica lo más elevada posible).

La figura 15 esquematiza una vista en sección A-A de las líneas de cinta que presentan una torsión de 90° a la salida del túnel. Una torsión de las líneas permite disponer los amplificadores asociados (véase más adelante) de manera compacta.

El bloque B puede ser de plástico, con paredes recubiertas de plata, o todo de cobre.

- 15 De forma ventajosa, la parte mecánica del bloque B que comprende las líneas de cinta, que presenta una forma compleja pero poco sensible en términos de precisión de realización, se realiza por impresión en 3D a base de diversos materiales, conductores, cerámica o materiales compuestos. Según un modo de realización, el bloque B está constituido de varias partes, y según otro modo de realización el bloque B está constituido de un bloque único (monobloque) realizado.

- 20 De forma ventajosa, el sistema 10 comprende un sistema de enfriamiento, típicamente un sistema de tubos de calor en serpentín alrededor de la zona de calentamiento máximo situado sobre las líneas de cinta, justo después de su transición con la parte coaxial, es decir en la cavidad C.

- 25 De forma ventajosa, el sistema 10 comprende además una absorbente Abs y/o capas resistivas CR dispuestas en la cavidad C entre las líneas de cinta y/o en al menos una parte de los túneles, tal y como se ilustra en la figura 16. Los elementos resistivos CR forman de forma aproximada un anillo sobre el cual las cintas conectadas al núcleo de la línea coaxial están en contacto tangencial. De la misma manera, el absorbente Abs, forma de forma aproximada, un cilindro sobre el cual las cintas conectadas al núcleo de la línea coaxial están en contacto tangencial.

Estas resistencias y/o este absorbente aíslan los canales entre sí, lo que puede resultar ser útil para estabilizar y contrarrestar las asimetrías físicas y eléctricas del módulo amplificador (véase más abajo).

- 30 La invención tiene, del mismo modo, por objeto un amplificador 100 de hiperfrecuencia que utiliza un sistema divisor y un sistema combinador según la invención, esquematizado en la figura 17.

- El amplificador 100 de hiperfrecuencia comprende un primer sistema 101) divisor según la invención adecuado para transportar una señal de hiperfrecuencia de una primera línea coaxial CoaxI hacia una primera pluralidad de N líneas de cinta LRI. El sistema 100 comprende, del mismo modo, una pluralidad A de N amplificadores elementales A1, A2,... AN de la señal de hiperfrecuencia acoplados a las N primeras líneas de cinta y un segundo sistema 102 combinador según la invención que presenta una segunda pluralidad de líneas de cinta LRII acopladas a los amplificadores elementales, adecuado para transportar la señal de hiperfrecuencia amplificada de las segundas líneas de cinta hacia una segunda línea coaxial CoaxII.

- 40 Los amplificadores elementales se realizan normalmente con una tecnología de semiconductores AsGa o GaN, integrados con sus redes de adaptación en una caja estándar, con un disipador térmico que hace también la función del plano de masa y de acceso de RF adecuados para conectarse con líneas de cinta por soldadura.

- De forma ventajosa, cada línea de cinta está configurada de manera que presenta en su segundo extremo una impedancia inferior a la impedancia de su primer extremo Ext1. De hecho, las impedancias características de los amplificadores son típicamente de 50 ohmios. Conviene por tanto transformar la impedancia entre el primer extremo Ext1 (véase la fórmula (1) $N \times Z_c / \text{rac}$) normalmente del orden de 300 ohmios y el segundo extremo acoplado al amplificador, que debe por tanto estar próximo a 50 ohmios. Por tanto, la longitud de la línea necesaria para realizar esta transformación de impedancia se aprovecha para realizar la conexión hacia los amplificadores elementales, cuyos puertos de acceso están centrados sobre un círculo de un diámetro más grande (desplazado según el radio) y por tanto el acceso presenta, del mismo modo, una rotación de los campos EM según el eje longitudinal, normalmente de 90°.

Según los modos de realización de las líneas coaxiales y de cinta, así como según las potencias de RF previstas, las relaciones de transformación de la impedancia se optimizarán/repartirán entre estos dos tipos de líneas.

Un ejemplo de dimensionamiento para una banda de frecuencia útil correspondiente a la banda X 8-12 GHz se dio anteriormente.

El acceso coaxial presenta una impedancia característica estándar de 50 ohmios. La línea coaxial Coax realiza una disminución de impedancia, por ejemplo hacia 20 ohmios, sobre una longitud adecuada para cubrir la banda de frecuencia útil, en especial para asegurar la frecuencia de corte baja: 20 mm aseguran un corte bajo situado hacia 8 GHz. La transformación de impedancia se implementa según el método clásico publicado por Klopfenstein en 1956. Este método permite determinar la curva de variación de impedancia óptima para concebir una transformación de impedancia. Los diámetros de esta línea coaxial se eligen inferiores a los diámetros a los cuales pueden aparecer los modos superiores, por tanto por encima de la frecuencia de corte alta útil: la estructura propaga únicamente el modo fundamental en la banda de frecuencia útil. Para un diámetro de blindaje interno de 8 mm (núcleo E), el primer modo parásito aparece hacia 14 GHz en el lado bajo de impedancia, situado más allá de 12 GHz.

- 5
- 10 N=8 líneas de cinta se disponen regularmente en el intervalo entre el núcleo y los cuerpos de la línea coaxial. En este extremo Ext1, su impedancia está próxima a $20 \times 8 = 160$ ohmios.

Estas líneas de cinta realizan a continuación una disminución de impedancia, normalmente hacia 50 ohmios en el acceso de los amplificadores unitarios, a lo largo de una longitud adecuada para cubrir la banda de frecuencia útil y para realizar las curvaturas y la torsión necesarias: una longitud de 44 mm cumple estas condiciones. La transformación de impedancia se implementa según el método de Klopfenstein citado anteriormente. Las cintas están constituidas de pistas de cobre, de un espesor de 0,1 mm y de una anchura mínima (zona T2 de la figura 7) de 0,6 mm. El sustrato de grosor de 0,9 mm está compuesto de Politetrafluoroetileno (o PTFE o Teflón) y de fibra de vidrio.

- 15

La longitud de la cavidad cilíndrica C en la cual se separan las líneas de cinta está fijada en 20 mm, lo que coloca la primera resonancia parásita ampliamente por encima de la banda de frecuencia útil, hacia 18,4 GHz.

20

REIVINDICACIONES

1. Sistema divisor/combinador para señal de hiperfrecuencia (10) que comprende:

- una línea coaxial (Coax) que comprende un bloque interior (Bint) que se extiende longitudinalmente a lo largo de un eje Y, presentando una superficie conductora e insertándose en un bloque exterior (Bext1) cuyas paredes de cavidades internas son conductoras, estando separado el bloque interior del bloque exterior por un espacio (E) aislante, presentando dicha línea coaxial un extremo de conexión,
- una pluralidad (LR) de N líneas de cinta (LR1, LR2,... LRN), comprendiendo cada línea de cinta una primera (BC1) y una segunda (BC2) banda conductora dispuestas enfrentadas a ambos lados del sustrato (Sub) aislante o dieléctrico,
- uno de los extremos de cada línea de cinta, denominado primer extremo (Ext1), estando dispuesto de manera tangencial sobre el perímetro del bloque interior (Bint) en dicho espacio (E) en el extremo de conexión de la línea coaxial (Coax), estando respectivamente la primera (BC1) y la segunda (BC2) banda conductora en el primer extremo (Ext1) de la línea de cinta en contacto eléctrico con el bloque interior (Bint) y el bloque exterior (Bext1), estando el bloque exterior además conectado a una masa del sistema,
- prolongándose el bloque exterior (Bext1) longitudinalmente según el eje Y en el lado opuesto a dicho primer extremo,

caracterizado porque

dichas segundas bandas conductoras (BC2) están siempre en contacto eléctrico con una pared interna conductora de dicha prolongación (Bext2) de dicho bloque exterior.

2. Sistema según la reivindicación 1, en el cual cada primer extremo de las líneas de cinta presenta una impedancia adaptada a la impedancia de la línea coaxial en el extremo de conexión.

3. Sistema según la reivindicación 2, en el cual una impedancia en el primer extremo (Ext1) de cada línea de cinta es sensiblemente igual a N veces la impedancia de la línea coaxial (Coax) en su extremo de conexión, de manera que contribuye a adaptar la impedancia de cada primer extremo de las líneas de cinta a la impedancia de la línea coaxial en su extremo de conexión.

4. Sistema según una de las reivindicaciones 2 o 3, en el cual el bloque interior y el bloque exterior presentan, en el extremo de conexión, vaciados (Evint, Evext) situados entre líneas de cinta adyacentes de manera que contribuyen a dicha adaptación de impedancia.

5. Sistema según una de las reivindicaciones 2 a 4, en el cual, para cada línea de cinta, la anchura (w) para la cual las dos bandas conductoras (BC1, BC2) están enfrentadas y sus grosores (l1, l2) respectivos son determinados de manera que contribuyen a dicha adaptación de impedancia.

6. Sistema según la reivindicación 5 adaptado para una señal de hiperfrecuencia en la banda X, en el cual dicha anchura (w) es inferior o igual a 1 mm y dichos grosores (l1, l2) son superiores o iguales a 80 μm .

7. Sistema según una de las reivindicaciones 2 a 6, en el cual las bandas conductoras enfrentadas están desplazadas lateralmente entre sí en el primer extremo de manera que contribuyen a dicha adaptación de impedancia.

8. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual el bloque interior de la línea coaxial es de forma cónica.

9. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual la línea coaxial está configurada para ser monomodo en una banda de frecuencia útil del sistema.

10. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, realizado en un bloque (B) que comprende el bloque exterior (Bext1), y cuyas paredes de cavidades internas son conductoras, comprendiendo dicho sistema además:

- una cavidad (C) adyacente al extremo de conexión de la línea coaxial, estando fijadas las líneas de cinta al bloque, y
- una pluralidad de N túneles (T1, T2... TN) practicados en dicho bloque (B), comprendiendo cada túnel una línea de cinta asociada.

11. Sistema según la reivindicación 10, en el cual dicha cavidad está dimensionada para no propagar modos parásitos y/o no generar resonancias en una banda de frecuencias útiles del sistema.

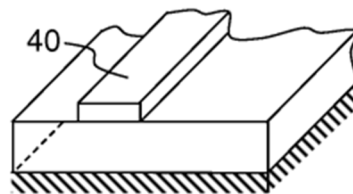
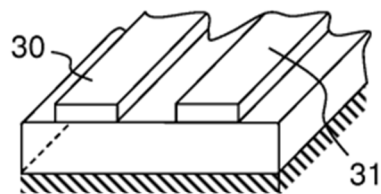
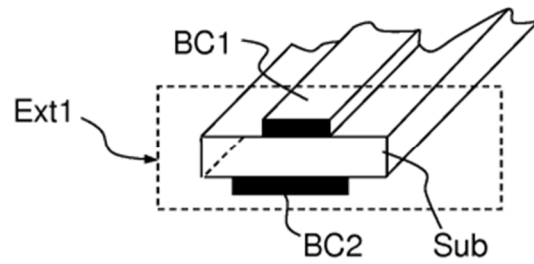
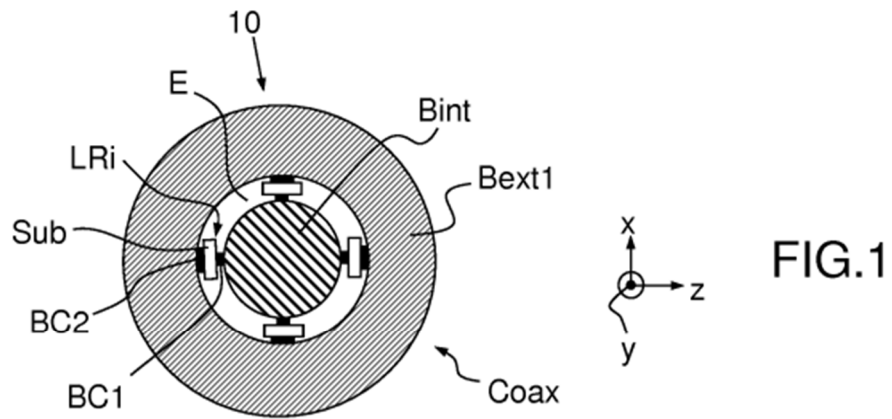
12. Sistema según una de las reivindicaciones 10 u 11, en el cual dichos túneles están configurados de manera que un segundo extremo (Ext2) de cada línea de cinta está dispuesto sobre un círculo que presenta un diámetro superior al diámetro de la línea coaxial.

13. Sistema según una de las reivindicaciones 10 a 12, en el cual cada línea de cinta está configurada de manera que presenta en su segundo extremo una impedancia inferior a la impedancia en su primer extremo.

14. Sistema según una de las reivindicaciones 10 a 13, que comprende además un absorbente (Abs) y/o capas resistivas (CR) dispuestas en la cavidad entre las líneas de cinta y/o en al menos una parte de los túneles.

15. Amplificador (100) de hiperfrecuencia que comprende:

- 5 - un primer sistema (101) divisor según una de las reivindicaciones 1 a 14, adecuado para transportar una señal de hiperfrecuencia de una primera línea coaxial (CoaxI) hacia una primera pluralidad de N en el líneas de cinta (LRI),
- una pluralidad de N amplificadores (A) de dicha señal de hiperfrecuencia acoplados a las N primeras líneas de cinta,
- 10 - un segundo sistema (102) combinador según una de las reivindicaciones 1 a 14, que presenta una segunda pluralidad de líneas de cinta (LRII) acopladas a dichos amplificadores, adecuado para transportar la señal de hiperfrecuencia amplificada de las segundas líneas de cinta hacia una segunda línea coaxial (CoaxII).



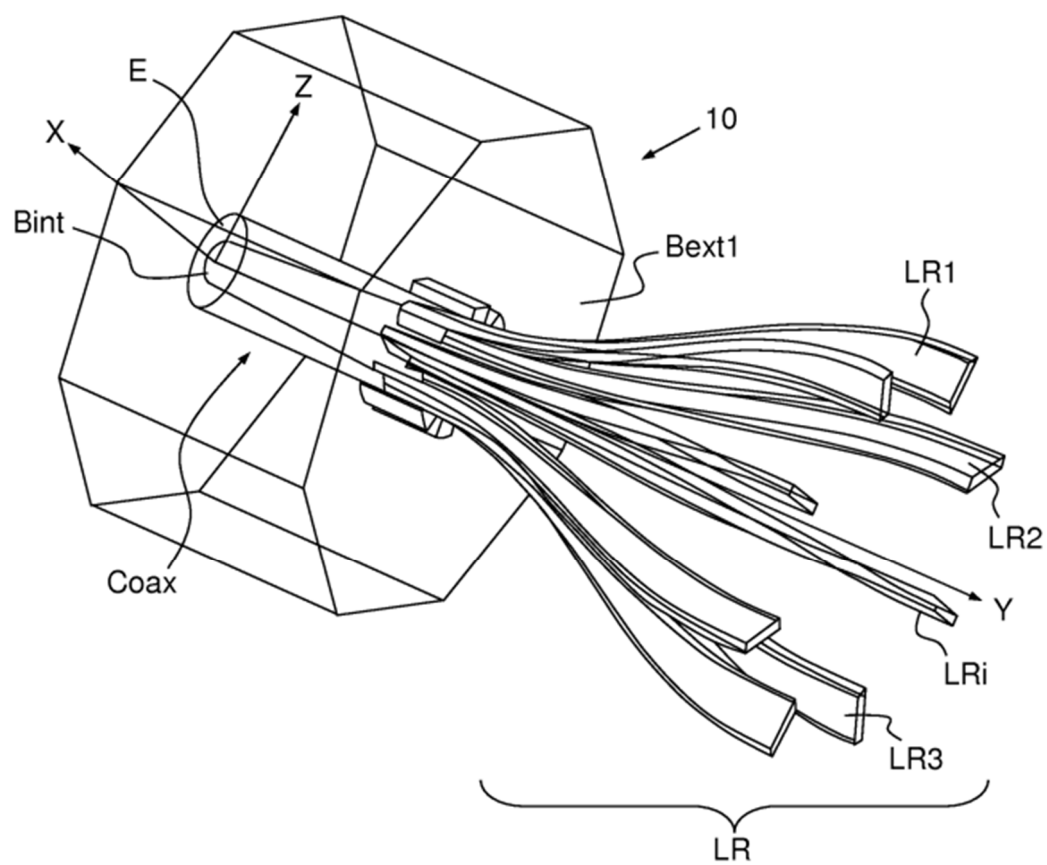


FIG.5

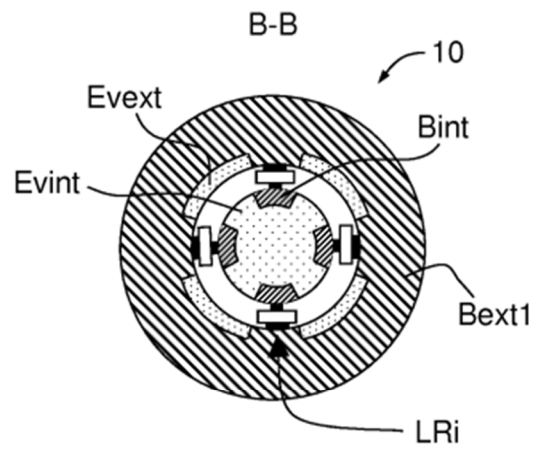


FIG. 6

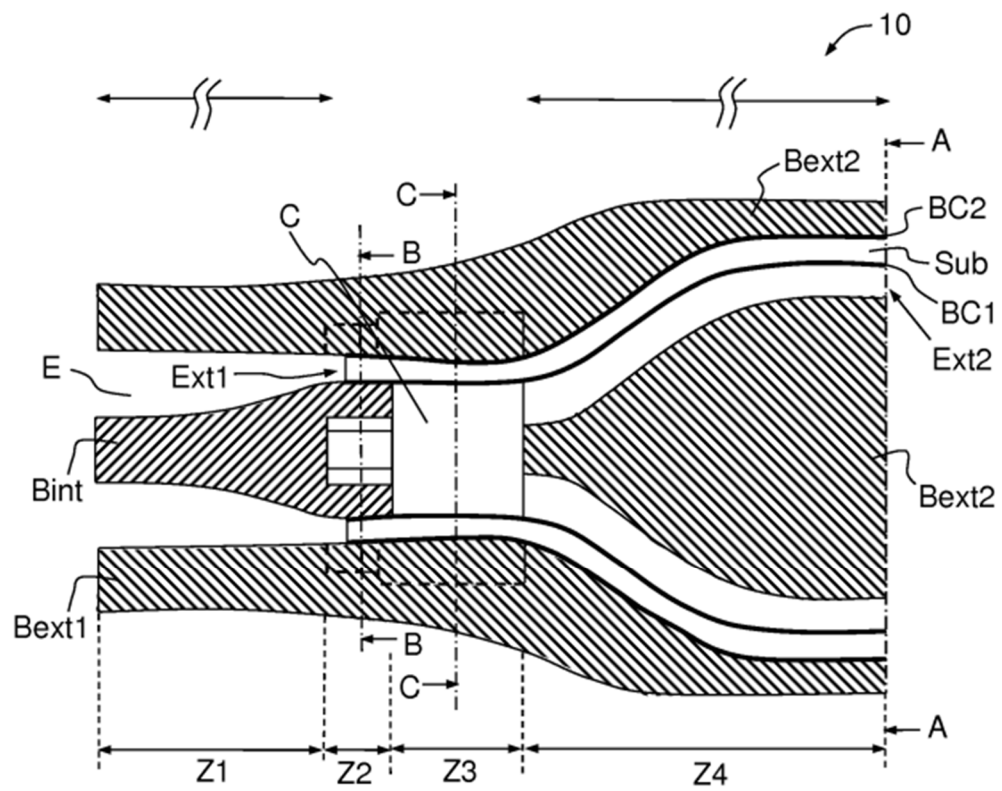
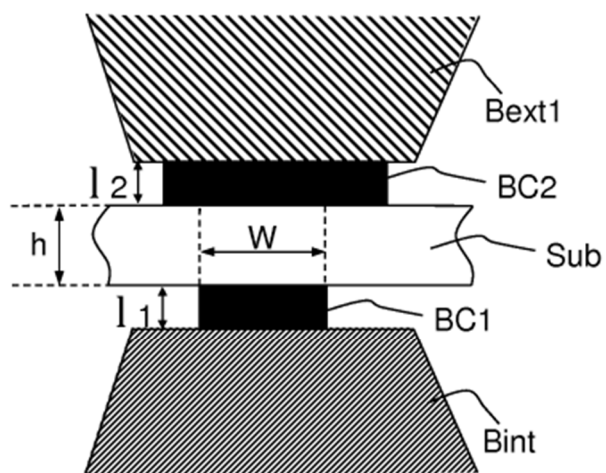
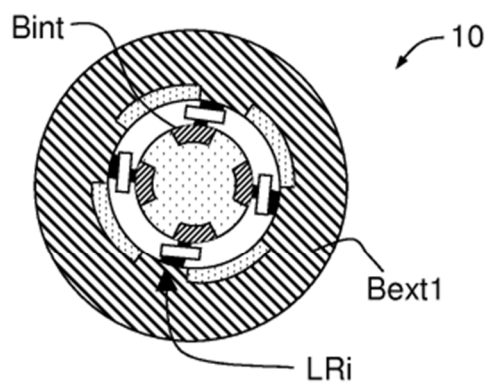


FIG. 7



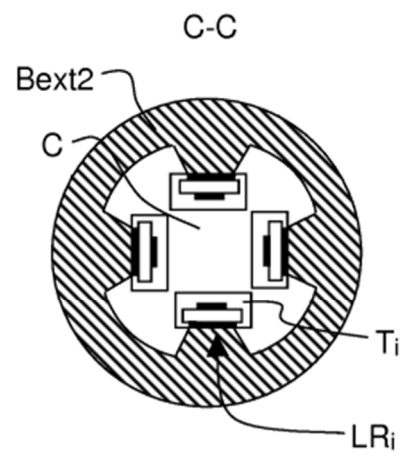


FIG.10

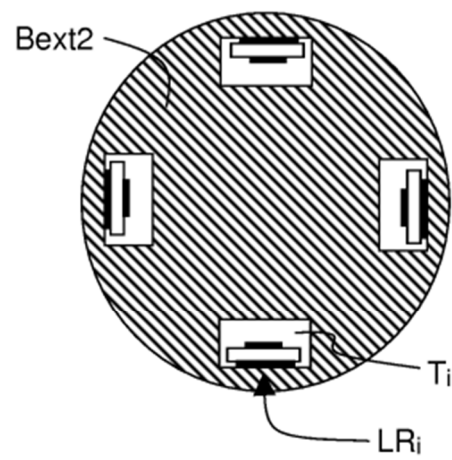


FIG.11

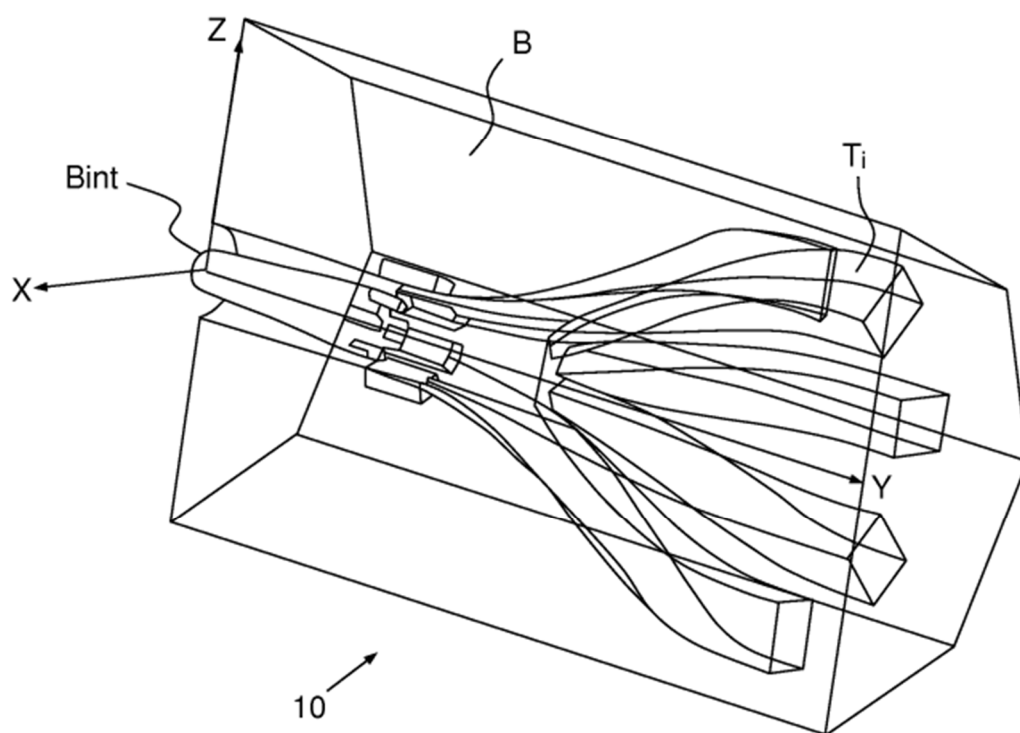


FIG.12



FIG.13

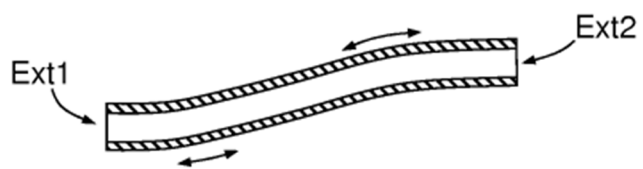


FIG.14a

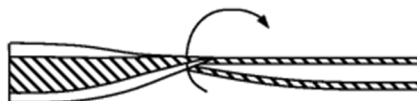


FIG.14b

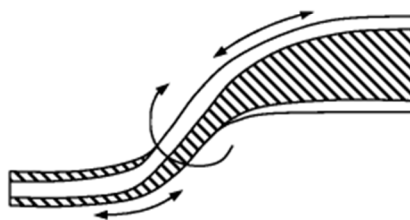


FIG.14c

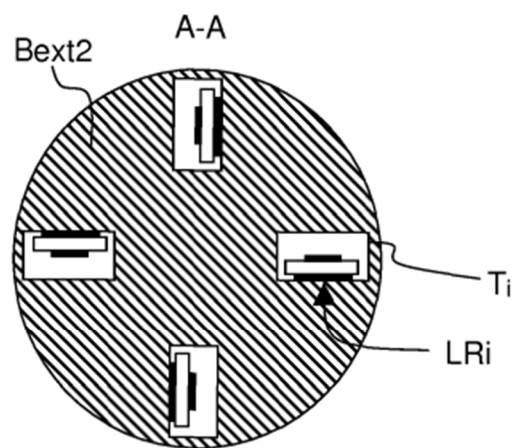


FIG.15

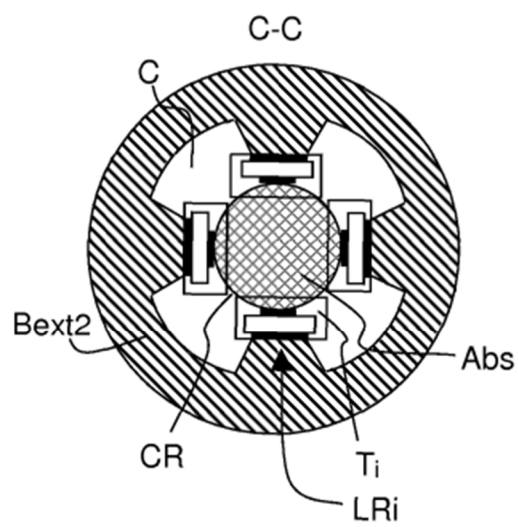


FIG.16

