

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 669 523**

51 Int. Cl.:

**H01Q 25/00** (2006.01)

**H01Q 3/26** (2006.01)

**H01Q 21/00** (2006.01)

**H01Q 15/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.06.2016** E **16176732 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.03.2018** EP **3113286**

54 Título: **Formador de haces casi óptico con lente y antena plana que consta de tal formador de haces**

30 Prioridad:

**03.07.2015 FR 1501415**

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

**28.05.2018**

73 Titular/es:

**THALES (33.3%)  
Tour Carpe Diem Place des Corolles  
Esplanade Nord  
92400 Courbevoie, FR;  
UNIVERSITÉ DE RENNES 1 (33.3%) y  
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE (33.3%)**

72 Inventor/es:

**LEGAY, HERVÉ;  
TUBAU, SÉGOLÈNE;  
FRAYSSE, JEAN-PHILIPPE;  
GIRARD, ETIENNE;  
ETTORRE, MAURO;  
SAULEAU, RONAN y  
FONSECA, NELSON**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 669 523 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

Formador de haces casi óptico con lente y antena plana que consta de tal formador de haces

5 La presente invención se refiere a un formador de haces casi óptico con lente y una antena plana que consta de tal formador de haces. Se aplica a cualquier antena multihaces de bajo espesor y, más particularmente, al ámbito de las aplicaciones espaciales tales como las telecomunicaciones por satélite, para antenas destinadas a montarse a bordo de satélites o, para antenas destinadas a usarse en tierra en terminales fijos o móviles.

Para facilitar la descripción, el modo de operación de los formadores de haces se asume en transmisión, pero una descripción similar podría formularse en recepción, siendo los formadores de haces considerados elementos pasivos, por lo tanto, recíprocos.

10 Los formadores de haces se usan en las antenas multihaces para elaborar haces de salida a partir de señales de radiofrecuencia de entrada. De manera conocida, existen formadores de haces casi ópticos planos que usan una propagación electromagnética de las ondas de radiofrecuencia entre dos placas metálicas paralelas (en inglés: parallel plates), según un modo de propagación en general TEM (en inglés: Transverse Electric Magnetique) para el cual, el campo eléctrico y el campo magnético son ortogonales a la dirección de propagación de las ondas de radiofrecuencia. El modo TEM se propaga en la guía con placas paralelas a la misma velocidad que en el vacío, lo que hace que dicha guía no sea dispersiva para este modo TEM. La focalización y la colimación de los haces pueden realizarse por una lente restringida, como se describe, por ejemplo, en los documentos US 6160520, US 3170158 y US 5936588, que ilustran el caso de una lente de Rotman o, alternativamente, por un reflector como se describe, por ejemplo, en los documentos FR 2944153 y FR 2 986377 para formadores de haces Pillbox, la lente restringida o, respectivamente, el reflector, insertándose en el recorrido de propagación de las ondas de radiofrecuencia, entre las dos placas metálicas paralelas. La lente restringida o el reflector, sirve esencialmente como corrector de fase y, permite, por transmisión en el caso de una lente o, después de la reflexión en el caso de un reflector, convertir frentes de ondas cilíndricos en frentes de onda planos.

25 Un formador de haces Pillbox puede, en la salida, conectarse a una red lineal de varios elementos radiantes individuales alineados uno al lado del otro. Como alternativa el uso de varios elementos radiantes individuales, también es posible conectar la abertura lineal de salida, situada entre las dos placas paralelas, con una única bocina lineal de salida que realiza la transición entre las placas paralelas y el espacio libre donde se irradian los haces. En el caso del uso de una única bocina lineal, la abertura radiante a la salida del formador de haces Pillbox es lineal y se extiende continuamente sobre toda la anchura transversal de las placas paralelas. Estas aberturas lineales radiantes, que no están espacialmente cuantificadas, tienen rendimientos muy superiores con relación a las redes lineales de varios elementos radiantes, para los haces despuntados con relación al eje focal, debido a la ausencia de cuantificación y presentan un ancho de banda muy superior debido a la ausencia de modos de propagación resonantes. Sin embargo, un formador de haces Pillbox presenta el inconveniente de generar haces degradados cuando las fuentes de excitación están alejadas del foco del reflector integrado entre las placas paralelas.

35 En los formadores de haces de tipo de lentes restringidas, tales como las lentes Ruze o Rotman, las ondas de radiofrecuencia se restringen, es decir, se guían, según un camino de propagación que no corresponde a un camino óptico natural, en el espacio libre, tal como se define por las leyes de Snell-Descartes. Estos formadores de haces pueden sintetizarse para presentar tres o cuatro focos diferentes, lo que permite obtener menos aberraciones y haces de mejor calidad. Sin embargo, para controlar los retardos de las ondas de radiofrecuencia que se propagan hacia los bordes laterales de la lente con relación a las que se propagan según una dirección axial, hacia el centro de la lente, estos formadores de haces necesitan extraer las ondas de radiofrecuencia a lo largo del contorno interno de la lente por una red de diferentes líneas de transmisión con retardo. Estas líneas de transmisión con retardo se distribuyen sobre dicho contorno interno de la lente y se conectan a unos elementos radiantes que correspondientes cuyos puertos definen el contorno externo de la lente. El problema es que la extracción de las ondas de radiofrecuencia perturba el campo electromagnético que se muestrea espacialmente e induce pérdidas. Por otra parte, para que el formador de haces con lente restringida sea plano y la lente esté completamente integrada entre las dos placas paralelas, es necesario agregar, sobre el recorrido radiofrecuencia de las ondas de radiofrecuencia, líneas de transmisión con retardo, por ejemplo, guías de onda rectangulares, que inducen una dispersión de frecuencia y limitan el ancho de banda del formador de haces. Para evitar la dispersión de frecuencia y aumentar el ancho de banda, en ciertas lentes Rotman, las líneas de transmisión usadas son líneas coaxiales, pero esto necesita la adecuación de una transición entre las líneas coaxiales y la abertura radiante lineal y, la estructura del formador de haces no se integra entonces completamente. Actualmente no existe una solución de formador de haces de tipo lente restringida que permita liberarse del muestreo de las ondas de radiofrecuencia.

55 El objetivo de la invención es realizar un nuevo formador de haces casi óptico con lente que permita convertir frentes de ondas cilíndricos y frentes de onda planos mediante la aplicación de retardos diferenciales entre el centro y los bordes laterales de la lente, que no presente los inconvenientes de los formadores de haces con lente restringida conocidos, que permite liberarse del muestreo espacial de las ondas de radiofrecuencia y, que permite el uso de una única bocina lineal de salida.

- 5 Para ello, según la invención, el formador de haz casi óptico con lente que comprende una línea de transmisión de radiofrecuencia alimentado en un primer extremo, por al menos una fuente de alimentación de entrada, constando la línea de transmisión de dos placas metálicas apiladas, separadas entre sí y extendiéndose, según dos direcciones, longitudinal X y transversal Y. La línea de transmisión consta, además, de al menos una protuberancia que se extiende según las direcciones X, Y y, según una dirección Z, ortogonal al plano XY, constando la protuberancia de un inserto metálico que se extiende según la dirección X, según la dirección transversal Y entre dos bordes laterales de la lente y, extendiéndose en altura según la dirección Z. El inserto metálico consta de una base solidaria con una de las dos placas metálicas, al menos un extremo libre y, en sección longitudinal, un contorno de longitud variable entre los dos bordes laterales de la línea de transmisión. En la protuberancia, la línea de transmisión está adosada al inserto metálico y forma, en la dirección Z, una circunvalación alrededor del inserto metálico.
- 10 Ventajosamente, el extremo libre del inserto puede replegarse en paralelo al plano XY.
- Ventajosamente, el extremo libre del inserto puede estar doblemente replegado en forma de T, en paralelo al plano XY.
- 15 Ventajosamente, la protuberancia y el inserto metálico pueden tener un perfil de forma curvilínea según la dirección X e Y.
- Ventajosamente, la protuberancia puede tener un perfil de entrada y un perfil de salida de formas diferentes.
- Ventajosamente, la protuberancia puede constar de cabos de adaptación.
- Ventajosamente, en la protuberancia, las placas metálicas de la línea de transmisión pueden tener una cara interna que constan de transiciones similares a escaleras.
- 20 Ventajosamente, en el caso de una lente convergente, la longitud del contorno del inserto metálico puede decrecer progresivamente desde el centro hacia los dos bordes laterales de la línea de transmisión.
- Alternativamente, en el caso de una lente divergente, la longitud del contorno, en sección longitudinal, del inserto metálico puede crecer progresivamente desde el centro hacia los dos bordes laterales de la línea de transmisión.
- 25 Ventajosamente, el inserto metálico puede constar de un perfil simétrico con relación al eje longitudinal medio de la línea de transmisión.
- Ventajosamente, la lente puede constar de varias fuentes de alimentación de entrada distribuidas alrededor de un borde de entrada, según una curva focal.
- Ventajosamente, el formador de haces puede constar de varias protuberancias adecuadas para efectuar retardos progresivos, estando las protuberancias distribuidas sucesivamente a lo largo del eje longitudinal X de la línea de transmisión, a diferentes distancias de las fuentes de alimentación de entrada, constando cada protuberancia un inserto metálico cuya longitud del contorno, en sección longitudinal, varía entre los dos bordes laterales de la línea de transmisión.
- 30 Ventajosamente, la longitud del contorno de los insertos metálicos, en las diferentes protuberancias sucesivas, puede variar progresivamente de una protuberancia a otra protuberancia adyacente, según la dirección longitudinal X de la línea de transmisión.
- 35 Ventajosamente, la línea de transmisión puede replegarse sobre sí misma según la dirección X, según un pliegue de forma recta.
- Ventajosamente, el formador de haces puede constar, además, de al menos de un primer muro reflectante que se extiende transversalmente en la línea de transmisión y, ortogonalmente a las placas metálicas según la dirección Z, siendo el primer muro reflectante adecuado para replegar la línea de transmisión, sobre sí misma, según la dirección X, según un pliegue de forma curvilínea.
- 40 Ventajosamente, el formador de haces casi óptico con lente puede constar de dos capas apiladas y cerradas en un extremo por el primer muro reflectante y dos protuberancias opuestas dispuestas alrededor de un inserto metálico que se extiende en las dos capas apiladas, integrándose el primer muro reflectante con las dos protuberancias opuestas.
- 45 Ventajosamente, el formador de haces casi óptico con lente puede constar, además, de una tercera capa apilada sobre la segunda capa y un segundo muro reflectante que se extiende en la segunda y tercera capa.
- Ventajosamente, el formador de haces casi óptico con lente puede constar, además, de al menos una tercera protuberancia dispuesta en la segunda capa aguas abajo del primer muro reflectante.
- 50 La invención se refiere, también, a una antena plana que consta, al menos, de un tal formador de haces y que consta, además, de una bocina radiante lineal conectado a la salida del formador de haces.

La invención se refiere, finalmente, a una antena plana que consta de un tal formador de haces, replegándose la línea de transmisión sobre sí misma y constando de una abertura lineal de salida conectada a una red de varias bocinas radiantes.

5 Otras particularidades y ventajas de la invención quedarán claras en la siguiente descripción dada a título de ejemplo puramente ilustrativo y no limitante, con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos que representan:

- la figura 1: un esquema que ilustra el principio de funcionamiento de un formador de haces con lente con retardos continuos y progresivos, según la invención;
- la figura 2a: un esquema en perspectiva de un ejemplo de formador de haces con lente con retardos continuos y progresivos que consta de una protuberancia con perfil plano, según la invención;
- 10 - la figura 2b: un esquema de despiece en perspectiva de la protuberancia de la figura 2a, según la invención;
- la figura 3a: un esquema despiezado, en perspectiva, de un ejemplo de protuberancia en el que el inserto tiene una altura variable según la dirección Z y un espesor variable según la dirección X, según una variante de la invención;
- la figura 3b: dos esquemas, en corte longitudinal, respectivamente en el centro de la lente y sobre los bordes laterales de la lente, de la protuberancia que corresponde al ejemplo de la figura 3a, según la invención;
- 15 - la figura 3c: un esquema en perspectiva del formador de haces que corresponde a las figuras 3a y 3b, según la invención;
- la figuras 4a, 4b, 4c: tres esquemas, en cortes longitudinales, de una protuberancia que consta de un inserto metálico cuya sección tiene respectivamente forma de I, en forma de L, en forma de T, constando la pared interna de la protuberancia de cambios de dirección en ángulos rectos, según unos primeros ejemplos de realización de la invención;
- 20 - la figura 4d: una vista superior de la protuberancia en el caso donde el inserto se repliega doblemente en forma de T, según un modo de realización de la invención;
- la figuras 5a, 5b, 5c: tres esquemas, en cortes longitudinales, de una protuberancia que consta de un inserto metálico respectivamente en forma de I, en forma de L, en forma de T, constando la pared interna de la protuberancia de cambios de dirección similar a escaleras, según unos segundos ejemplos de realización de la invención;
- 25 - las figuras 6a y 6b: dos esquemas, respectivamente en perspectiva y en vista superior, de un ejemplo de antena multihaces que consta de un formador de haces con lente provista de una protuberancia con perfil curvilíneo, según la invención;
- 30 - la figura 7: un esquema en perspectiva de un ejemplo de antena multihaces que constan de un formador de haces con lente provista de dos protuberancias, según la invención;
- las figuras 8a y 8b: dos esquemas, respectivamente en perspectiva y en corte longitudinal, de un ejemplo de antena multihaces que consta de un formador de haces con lente con retardos progresivos, provisto de varias protuberancias con perfil curvilíneo y un gradiente de retardos, según la invención;
- 35 - la figura 9: un esquema en perspectiva, de un ejemplo de antena multihaces que consta de un formador de haces con lente con retardos progresivos, provisto de una línea de transmisión replegada sobre sí misma, según la invención;
- la figura 10: un esquema en perspectiva, de un ejemplo de antena multihaces que consta de un formador de haces con lente con retardos progresivos, provista de un muro reflectante, según la invención;
- 40 - las figuras 11 y 12: dos esquemas, en cortes longitudinales, de un formador de haces con lente con retardos progresivos, provista de un muro reflectante, según la invención;
- la figura 13: un esquema, en corte longitudinal, de un formador de haces con lente con retardos progresivos, provisto de dos muros reflectantes, según la invención.

45 De conformidad con la invención, el formador de haces con lente representado en el esquema de la figura 1 y en la vista en perspectiva de la figura 2a consta de una línea 20 de transmisión con dos placas metálicas y una lente con retardos progresivos y continuos entre el centro 14 de la lente y los dos bordes 15, 16 laterales. La línea 20 de transmisión se constituye de dos placas metálicas apiladas, respectivamente superior e inferior, separadas entre sí por una cavidad y, que se extiende según dos direcciones, longitudinal X y transversal Y. La línea 20 de transmisión se alimenta en un primer extremo, por al menos una fuente 10 de alimentación de entrada y se provee de una protuberancia 13, situada sobre el recorrido de las ondas de radiofrecuencia. Los contornos de entrada y de salida de la protuberancia, que corresponden respectivamente a los contornos interno y externo de la lente, pueden tener perfiles de formas idénticas y paralelos entre sí o, pueden tener perfiles diferentes. La protuberancia 13 se extiende en espesor según la dirección X, transversalmente sobre la anchura de la línea de transmisión según la dirección Y y, en altura según una dirección Z ortogonal al plano XY de las placas metálicas, siendo la longitud dL1, dL2, dL3 de la línea de transmisión de la protuberancia variable desde el centro 14 hacia los dos bordes 15, 16 laterales de la lente, para aplicar un retardo diferente a las ondas de radiofrecuencia que se propagan en la lente según los recorridos 1, 2, 3 que tienen direcciones angulares diferentes y longitudes L1, L2, L3 respectivas diferentes. Cuando el contorno interno y externo de la lente tienen perfiles de formas idénticas, el retardo efectuado por la protuberancia es proporcional a la longitud de la línea de transmisión, en la protuberancia, sobre el recorrido considerado. En particular, cuando el contorno interno y externo de la lente tienen perfiles de formas idénticas, para realizar una lente convergente, el retardo aplicado a las ondas de radiofrecuencia que se propagan según el eje 3 longitudinal medio de la lente, que corresponde al recorrido más corto, puede ser superior a los retardos aplicados a los demás

recorridos, mientras que el retardo aplicado a las ondas de radiofrecuencia que se propagan hacia los bordes de la lente, que corresponden a los recorridos más largos, puede ser cero. En el caso de una lente divergente, la ley de retardos es diferente. Cuando el contorno interno y externo de la lente tienen perfiles de formas diferentes, la ley de los retardos es más compleja ya que depende también de las formas respectivas de dichos contornos interno y externo.

La protuberancia 13 consta de un inserto 21 metálico alojado transversalmente en la cavidad, entre las dos placas metálicas, el inserto 21, de cualquier forma, que consta de una base 21b solidaria con una de las dos placas metálicas, inferior o superior, por ejemplo, la placa metálica inferior y, al menos, un extremo 21a libre. Como se representa en la vista despiezada de la figura 2b, el inserto 21 metálico se extiende en anchura, según la dirección transversal Y, entre dos bordes 15, 16 laterales de la lente, se extiende en espesor según la dirección X y, se extiende en altura, al menos en parte, según la dirección Z. Según una sección longitudinal de la línea de transmisión, el inserto 21 tiene un contorno externo de longitud progresivamente variable entre los dos bordes laterales de la línea de transmisión. La variación de la longitud del contorno del inserto 21 puede obtenerse mediante una variación de la altura del inserto según la dirección Z o, mediante una variación del espesor del inserto según la dirección X o, mediante una combinación de una variación en altura según la dirección Z y de una variación en espesor según la dirección X, como se ilustra, por ejemplo, en las figuras 3a, 3b, 3c. La figura 3a es un esquema despiezado en perspectiva de un ejemplo de protuberancia en la que el inserto tiene una altura variable según la dirección Z y, un espesor variable según la dirección X. La figura 3b muestra dos esquemas, en corte longitudinal, respectivamente en el centro de la lente y sobre los bordes laterales de la lente, de la protuberancia de la figura 3a. En esta figura 3b, el inserto tiene una pared en forma de I sobre el eje longitudinal medio, en el centro de la lente y, un espesor aumentado y una altura reducida sobre los bordes laterales de la lente. La figura 3c es un esquema en perspectiva del formador de haces que corresponde a las figuras 3a y 3b. En este ejemplo, como el espesor del inserto varía según la dirección Y, entre los dos bordes laterales de la lente, los dos perfiles de entrada 18 y de salida 19 de la protuberancia 13, que corresponden respectivamente a los contornos interno y externo de la lente, no son paralelos entre ellos.

En la protuberancia 13, la línea 20 de transmisión está adosada al inserto 21 metálico y forma, por lo tanto, en la dirección Z, una circunvalación 22 alrededor del inserto 21 metálico, como se representa, por ejemplo, en la figura 4a para un inserto que tiene una sección longitudinal y forma de I. La línea de transmisión se desplaza a lo largo del contorno del inserto y cambia, por lo tanto, varias veces, de orientación, pero no consta de ninguna discontinuidad de transmisión. De este modo, la línea de transmisión sigue continuamente la forma del inserto 21, a lo largo de una primera superficie frontal, de la base 21b al extremo 21a libre del inserto, después, a lo largo de una segunda superficie posterior, del extremo 21a libre a la base 21a. En la protuberancia 13, la propagación de las ondas electromagnéticas siempre se realiza entre dos placas metálicas y según el modo de propagación TEM, el inserto 21, colocado en medio de la protuberancia, que asegura el papel de la placa metálica, inferior o superior, con la que se solidariza la base. La dirección del campo eléctrico E en la línea de transmisión gira en la protuberancia en función de la orientación de las placas metálicas y permanece, en todos los puntos de la línea de transmisión, perpendicular a las placas metálicas o, casi perpendicular a las placas metálicas, paralelas cuando las placas metálicas no son exactamente paralelas.

El inserto 21 colocado sobre el recorrido de las ondas electromagnéticas TEM, consiste en un obstáculo que se rodeará que provoca un retardo de propagación tanto más importante que el inserto tenga un contorno más largo. La ley de variación de la longitud del contorno del inserto, según una dirección transversal de la lente, depende de la ley de retardo deseada para la formación de haces.

La longitud del contorno del inserto metálico puede variar progresivamente desde el centro de la lente, situado sobre el eje longitudinal medio, hasta los bordes laterales de la lente, para compensar la diferencia de tiempo de recorrido entre los diferentes caminos y para obtener recorridos de propagación de longitudes idénticas en toda la anchura de la abertura radiante de salida de la lente.

En particular, cuando el contorno interno y externo de la lente tiene perfiles de formas iguales, la lente es convergente cuando la variación de la longitud del contorno del inserto decrece progresivamente desde el centro hacia los dos bordes laterales de la línea de transmisión. En ese caso, la longitud del contorno del inserto es importante en el centro de la lente y puede ser cero sobre los bordes laterales de la lente. Al contrario, la lente es divergente cuando la variación de la longitud del contorno del inserto crece progresivamente desde el centro hacia los dos bordes laterales de la línea de transmisión. Para realizar una transformación de una onda cilíndrica en una onda plana, es necesario una lente convergente. No obstante, la asociación de una lente convergente y de una lente divergente puede permitir minimizar las aberraciones de fase sobre un sector angular más grande y, por lo tanto, formar más haces.

Por otra parte, en el caso de haces no formados, la longitud del contorno del inserto puede, por ejemplo, variar simétricamente por una parte y por otra del eje longitudinal medio de la lente.

El inserto 21 puede tener diferentes formas. Por ejemplo, cuando no hay una restricción de espesor para el formador de haces, el inserto puede extenderse sin limitación según la dirección Z y tener una sección en forma de I en toda la anchura de la lente, como se representa en la figura 4a. Cuando es necesario reducir la dimensión de las

protuberancias, según la dirección Z, para mantener un espesor pequeño de la lente, para los retardos importantes que necesitan alturas de inserto superiores y el espesor deseado, para disminuir la altura del inserto sin modificar la longitud de su contorno, es posible replegar un extremo 21a libre, opuesto a la base 21b, del inserto paralelamente al plano XY, pudiendo ser el replegado simple o doble, como se representa en los modos de realización de las figuras 4b y 4c, en los que el inserto 21 puede tener una sección en forma de L cuando hay un replegado simple o, una sección en forma de T cuando hay un replegado doble. También es posible combinar estas diferentes formas en I, en L, en T, sobre la anchura transversal del inserto. En estos tres ejemplos ilustrados en las figuras 4a, 4b, 4c, el inserto 21 metálico y la cara 23 interna de la pared 22 de la protuberancia 20 constan de transiciones 24 con ángulos rectos que corresponden, para la línea 20 de transmisión, a cambios de dirección de propagación desde la dirección Z hacia la dirección X o, inversamente, desde la dirección X hacia la dirección Z. Bien entendido, el replegado puede ser necesario localmente, sobre ciertas partes del inserto, por ejemplo, sobre los bordes laterales de la lente, cuando los retardos locales que se realizarán son pequeños. Por ejemplo, la longitud del contorno del inserto 21 replegado puede ser mayor sobre el eje 3 longitudinal medio, en el centro 14 de la lente, que, sobre los otros recorridos, como se muestra en la vista superior de la figura 4d, después puede disminuir progresiva y simétricamente hasta que los dos bordes 15, 16 laterales de la lente donde el replegado ya no es necesario.

Además, en la protuberancia, también es posible variar progresivamente el espesor del inserto, según la dirección X, entre el centro y los bordes laterales de la lente, como en las figuras 4a, 4b, 4c. En ese caso, los perfiles de entrada y de salida de la protuberancia, que corresponden a los contornos interno y externo de la lente, son de diferentes formas. Esto permite obtener un grado de libertad adicional y obtener así menos aberraciones y haces de mejor calidad.

Para reducir el volumen de la línea de transmisión en espesor, según la dirección Z y, evitar la excitación de modos superiores al nivel de las protuberancias y, en particular, cuando el inserto está replegado, la distancia de separación entre las placas paralelas debe reducirse al nivel de las protuberancias, para ser típicamente inferior al cuarto de la longitud de onda guiada correspondiente a la frecuencia más elevada. Para reducir las pérdidas de la línea de transmisión, la distancia de separación debe, al contrario, ser máxima. De este modo, es posible variar progresivamente la distancia de separación desde las fuentes 10 de alimentaciones de entradas hasta las protuberancias 13.

Por otra parte, para mejorar la adaptación de la línea de transmisión al nivel de la protuberancia y aumentar el ancho de banda, también es posible agregar cabos 25 de adaptación sobre la protuberancia 13, constituyéndose los cabos de adaptación de porciones de guías de onda dispuestas simétricamente en la pared 22 metálica externa de la protuberancia 20, en ambos lados del inserto 21 metálico. Los cabos tienen un perfil variable transversalmente, en función del perfil de la protuberancia 13. Alternativamente, en lugar de agregar cabos, la adaptación de la línea de transmisión al nivel de la protuberancia puede también mejorarse reemplazando las aristas de los ángulos de 90 °, situadas en la base del inserto y en el extremo superior de la protuberancia y que corresponde a cambios de dirección de la línea de transmisión, por transiciones en biseles o por transiciones 30 similares a escaleras, como se representa, por ejemplo, en las figuras 5a, 5b, 5c.

La protuberancia 13 y el inserto 21, colocados sobre un borde de la salida de la lente, pueden tener un perfil de forma plana según las direcciones X e Y, como se representa en las figuras 1 y 2 o constar de un perfil de forma curvilínea según las direcciones X e Y, por ejemplo, parabólica, como se representa en las figuras 6a y 6b.

Asimismo, la línea de transmisión puede tener un perfil de entrada lineal como en la figura 1 o un perfil de entrada curvilínea. En las figuras 6a y 6b, la línea de transmisión consta de varias fuentes 10 de alimentación de entrada distribuidas periódicamente alrededor de un borde 31 de entrada de la lente según una curva focal, por ejemplo, un arco focal, centrado sobre un eje 3 longitudinal medio de la lente. Unos perfiles curvilíneos en la entrada y en la salida de la lente que permiten obtener varios puntos focales diferentes y formar haces sobre un sector angular mayor.

A diferencia de la lente restringida, la onda electromagnética en la salida del formador de haces no se cuantifica espacialmente y, a diferencia de un formador Pillbox, el replegado de la línea de transmisión no es indispensable. El formador de haces con lente de acuerdo con la invención aplica a la onda incidente un retardo continuo y progresivamente modulado transversalmente. Gracias a esta continuidad de transmisión espacial, para obtener una antena plana, es posible, a la salida de la lente, conectar el formador de haces con una bocina 35 lineal que se extiende transversalmente sobre toda la anchura de la guía de onda, como se representa en las figuras 6a y 6b o con una red de aberturas lineales que se extienden transversalmente sobre toda la anchura de la guía de onda, como se representa en las figuras 9 y 10. Estas aberturas lineales continuas presentan la ventaja de irradiar la energía sobre toda la anchura de la abertura del formador de haces, lo que permite realizar una antena con una gran anchura de banda de funcionamiento y una gran capacidad de despunte del haz formado y permite liberarse de los lóbulos de redes. La forma de las paredes de la bocina lineal puede ser curvilínea, como en las figuras 6a, 6b, 7 y 8a.

Para realizar los retardos de propagación para todos los recorridos de propagación, el formador de haces con lente puede constar de una única protuberancia provista de un inserto metálico adecuado para realizar retardos progresivos o varias protuberancias repartidas a lo largo del eje longitudinal X de la línea de transmisión, a diferentes

distancias de las fuentes 10 de alimentación de entrada, como se representa, por ejemplo, en las figuras 7 y 8a. Cada protuberancia 13a, 13b, 13c, 13i, 13n se extiende en altura según la dirección Z ortogonal al plano XY de las placas metálicas y consta de un inserto metálico cuya longitud del contorno, en sección longitudinal, varía progresivamente desde el centro de la lente, situado sobre el eje longitudinal medio, hasta los bordes laterales de la lente. La multiplicidad de protuberancias permite distribuir, entre las diferentes protuberancias, los retardos que se realizarán para cada recorrido 1, 2, 3 de propagación, realizando cada protuberancia una fracción de los diferentes retardos respectivos.

Esto permite disminuir la amplitud de los retardos realizados para cada protuberancia, disminuir la longitud dL1, dL2, dL3 de la línea de transmisión, en cada protuberancia, según la dirección Z y disminuir la altura del formador de haces según la dirección Z.

La fracción de los retardos realizada por cada protuberancia puede ser idéntica para todas las protuberancias o puede variar en función de la distancia respectiva entre cada protuberancia y, las fuentes 10 de alimentación de entrada, para obtener un gradiente de retardos según la dirección longitudinal X de la línea de transmisión. De este modo, como se representa en el esquema, en corte longitudinal, de la figura 8b, fraccionando los retardos sobre siete protuberancias sucesivas distribuidas longitudinalmente, es posible realizar un gradiente de los retardos según la dirección longitudinal X. En el ejemplo de la figura 8b, la altura del inserto según la dirección Z, en las diferentes protuberancias sucesivas varía progresivamente a lo largo del eje longitudinal X de la línea de transmisión. De este modo, la longitud dL de la línea de transmisión, alrededor del inserto, en cada protuberancia 13, crece entre las cuatro primeras protuberancias más cercanas a las fuentes 10 de alimentación de entrada, después decrece sobre las tres últimas protuberancias más cercanas a la bocina 35 lineal de salida. Por lo tanto, siendo el retardo realizado para cada protuberancia proporcional a la longitud dL de la línea de transmisión en la protuberancia, la fracción de los retardos realizada por cada protuberancia varía en el mismo sentido y crece entre las cuatro primeras protuberancias más cercanas a las fuentes 10 de alimentación de entrada, después decrece sobre las tres últimas protuberancias más cercanas a la bocina 35 lineal de salida.

La lente realizada de este modo, permite, gracias a cada protuberancia, obtener un retardo que varía progresiva y continuamente sobre toda la anchura transversal de la lente y, gracias al fraccionamiento de los retardos sobre varias protuberancias sucesivas, permite obtener un gradiente de retardos según la dirección longitudinal. Según la dirección longitudinal, la lente se comporta entonces como una lente con gradiente de índice. El valor del índice en cada protuberancia, según la dirección longitudinal, es igual a  $(L+dL)/L$ , donde L es la longitud de la línea de transmisión según la dirección longitudinal X y, dL es la longitud de la línea de transmisión alrededor del inserto 21, en la protuberancia 13 correspondiente.

Controlando el gradiente de índice o, el gradiente de retardo, es posible así reducir las aberraciones, para los haces despuntados, sobre un amplio sector angular. Esto también permite aumentar el número de grados de libertad y de puntos de focalización.

Controlando el gradiente de retardo transversalmente, pero también longitudinalmente, el formador de haces puede formar haces sin aberraciones usando líneas de transmisión que tienen una longitud reducida entre las fuentes de alimentación de entrada y la abertura radiante de salida.

Para mejorar el sector de despunte angular del haz formado, también es posible, en una misma línea de transmisión, disponer de varias protuberancias sucesivas, que corresponden alternativamente a lentes convergentes, después, a lentes divergentes.

En los esquemas de las figuras 6a y 6b, una única bocina radiante lineal se conecta a la salida de la protuberancia transversal de la lente con retardo continuo. La lente con retardo continuo también se puede usar para alimentar una red de varias bocinas radiantes lineales, como la antena representada en el esquema de la figura 9. Para ello, a la salida de la protuberancia 13, la línea de transmisión con placas paralelas se repliega sobre sí misma y, consta de una abertura lineal de salida conectada a la red de bocinas 40 radiantes por medio de divisores 41 de potencia. En ese caso, el repliegado de la línea de transmisión se realiza según una línea 42 recta. El repliegado puede ser total de 180° o parcial y formar un ángulo comprendido entre 0 y 180°.

Alternativamente, también es posible realizar el plegado de la línea de transmisión con un pliegue de forma curvilínea, por ejemplo, de forma parabólica, insertando, en la línea de transmisión, un muro 43 reflectante, por ejemplo, metálico, que se extiende según la dirección Z, como se representa, por ejemplo, en los esquemas de las figuras 10, 11, 12. En ese caso, el formador de haces está constituido por dos capas 44, 45, apiladas y cerradas en un extremo por el muro 43 reflectante que se extiende transversalmente, en las dos capas del formador de haces, sobre toda la anchura y sobre toda la altura de la línea de transmisión. El muro reflectante puede ser de cualquier forma, por ejemplo, plana o parabólica. El formador de haces consta, al menos, de una lente con retardos progresivos alimentada en la entrada por una o varias fuentes 10 de alimentación de acuerdo con la invención y, consta de una abertura lineal 48 de salida. La lente con retardos progresivos puede colocarse aguas arriba o aguas abajo del muro reflectante o, puede combinarse con el muro reflectante para formar un conjunto integrado. En cada protuberancia, el inserto metálico puede ser de cualquier forma y puede extenderse en altura según la dirección Z y/o en espesor según la dirección X. La abertura 48 lineal de salida puede conectarse a una bocina 35 radiante lineal o a una red de varias bocinas 40 lineales.

La o las protuberancias 13, 13a, 13b, 13c que elaboran los retardos progresivos y continuos de lentes con retardos, pueden disponerse también indiferentemente en la primera o la segunda capa o, en las dos capas del formador de haces. En el esquema en perspectiva de la figura 10, una única protuberancia 13 transversal se dispone en la primera capa 44 del formador de haces, aguas arriba del muro 43 reflectante. En el esquema en corte longitudinal de la figura 11, se disponen dos protuberancias 131, 132 opuestas alrededor de un inserto 21 metálico que se extiende en las dos capas 44, 45 del formador de haces y el muro 43 reflectante se integra con las dos protuberancias 131, 132 opuestas. En la figura 11, el inserto metálico se extiende según la dirección Z, paralelamente al muro 43 reflectante, pero por supuesto, alternativamente, podría extenderse en espesor según la dirección X. Por otra parte, en el esquema de la figura 11, las formas del inserto metálico en las dos capas son simétricas, pero esto no es obligatorio. Las formas del inserto metálico en cada protuberancia y en cada capa del formador de haces pueden ser diferentes entre sí.

En el esquema en corte longitudinal de la figura 12, el formador de haces consta de dos protuberancias 131, 132 transversales combinadas con el muro 43 reflectante y dispuestas alrededor de un inserto 21 metálico que se extienden en las dos capas del formador de haces y constan además de al menos una tercera protuberancia 133 transversal dispuesta aguas abajo del reflector 43, en la segunda capa del formador de haces, entre el muro 43 reflectante y la abertura 48 lineal de salida. Las ondas de radiofrecuencias emitidas en la primera capa en la entrada de la línea de transmisión se retrasan en las diferentes protuberancias de lentes con retardos continuos y, se reflejan, por el muro reflectante, hacia la segunda capa antes de irradiarse por la bocina lineal de salida o por la red de bocinas lineales de salida. La combinación de un formador de haces con lente con retardos continuos con un muro reflectante presenta la ventaja de aumentar el número de grados de libertad, el número de puntos de focalización y mejorar los rendimientos de la lente. El número de muros reflectantes puede, por supuesto, ser superior a uno, las protuberancias pueden situarse aguas arriba o aguas abajo o, unos muros reflectantes y, los muros reflectantes pueden integrarse o no con protuberancias.

En el esquema de la figura 13, el formador de haces consta de varias protuberancias 131, 132, 133, 134, 135 y dos muros 43, 50 reflectantes sucesivos. El primer muro 43 reflectante se integra en las dos protuberancias 131, 132 opuestas, la tercera protuberancia 133 se dispone aguas abajo del primer muro 43 reflectante, entre el primer muro 43 reflectante y el segundo muro 50 reflectante, la cuarta protuberancia 134 se dispone aguas arriba del primer muro 43 reflectante y, finalmente, la quinta protuberancia 135 se dispone entre el segundo muro 50 reflectante y una abertura lineal de salida 48. El formador de haces consta, entonces, de tres capas 44, 45, 46 apiladas. El primer muro 43 reflectante se extiende en la primera y segunda capa, mientras que el segundo muro 50 reflectante se extiende en la segunda y tercera capa. La línea de transmisión, por lo tanto, se repliega dos veces sobre sí misma, por medio del primer muro 43 reflectante, después, por medio del segundo muro 50 reflectante.

Para reducir el volumen vertical y, evitar la excitación de modos superiores al nivel de las protuberancias y, en particular, cuando éstas están replegadas, la separación entre las placas paralelas debe reducirse al nivel de las protuberancias, para ser típicamente inferior a un cuarto de la longitud de onda que corresponde a la frecuencia más elevada, entre todas las ondas de radiofrecuencia guiadas, de modo que solo el modo TEM pueda propagarse. Para reducir las pérdidas de la línea de transmisión, la distancia de separación debe, al contrario, ser máxima. De este modo, es posible variar progresivamente la distancia de separación desde las fuentes de alimentaciones de entradas hasta las protuberancias 13.

El formador de haces descrito con precisión permite formar una única línea de haces en un único plano XY puesto que todas las fuentes de alimentación se sitúan en el plano XY. Bien entendido, es posible apilar varios formadores de haces idénticos, conforme a la invención, para formar varias líneas de haces diferentes.

Asimismo, es posible formar haces en dos planos ortogonales usando dos formadores de haces idénticos, conforme a la invención y, conectados ortogonalmente entre sí por sus puertos de entrada/salida respectivos.

También es posible formar haces según dos planos ortogonales, combinando el formador de haces plano de acuerdo con la invención, con formadores de haces planos diferentes, adecuados para formar haces en un plano ortogonal al plano XY, tal como, por ejemplo, una matriz de Butler.

Aunque se haya descrito la invención con relación a modos de realización particulares, es más que evidente que no se limita de ninguna manera a ellos y que comprende todos los equivalentes técnicos de los medios descritos, así como sus combinaciones si estas entran en el marco de la invención. En particular, la forma de la protuberancia y la forma del inserto pueden ser diferentes de las formas explícitamente descritas. Para variar el retardo entre los dos bordes laterales de la lente, que corresponde a una variación de la longitud de la línea de transmisión, las dimensiones del inserto pueden variar en altura según la dirección Z o, en espesor, según la dirección X o, variar a la vez en altura y en espesor. Por otra parte, para disminuir el espesor del formador de haces según la dirección Z, el inserto puede constar de diferentes tipos de replegado y/o un número de repliegue superior a dos o, una combinación de varios tipos de repliegues. Asimismo, el número de protuberancias puede ser superior a uno, la forma del reflector puede ser cualquiera y el número de reflectores usado puede ser superior a uno. Las protuberancias pueden colocarse aguas arriba o aguas abajo de un muro reflectante. El formador de haces también puede constar de un muro reflectante integrado con dos protuberancias. Cuando el formador de haces consta de dos muros reflectantes, se puede disponer una o varias protuberancias entre los dos muros reflectantes.



## REIVINDICACIONES

1. Formador de haces casi óptico con lente que comprende una línea (20) de transmisión de radiofrecuencia alimentada en un primer extremo, por al menos una fuente (10) de alimentación de entrada, constanding la línea (20) de transmisión de dos placas metálicas apiladas, separadas entre sí y extendiéndose, según dos direcciones, longitudinal X y transversal Y, **caracterizado porque** la línea (20) de transmisión consta, además, de al menos una protuberancia (13) que se extiende según las direcciones X, Y y, según una dirección Z, ortogonal al plano XY, constanding la protuberancia (13) de un inserto (21) metálico que se extiende según la dirección X, según la dirección transversal Y entre dos bordes (15, 16) laterales de la línea de transmisión y, extendiéndose en altura según la dirección Z, constanding el inserto (21) metálico de una base (21b) solidaria con una de las dos placas metálicas y, al menos, de un extremo (21a) libre y, teniendo, en sección longitudinal, un contorno de longitud variable entre los dos bordes laterales de la línea (20) de transmisión y, **porque** en la protuberancia (13), la línea (20) de transmisión está adosada al inserto (21) metálico y forma, en la dirección Z, una circunvalación (22) alrededor del inserto (21) metálico.
2. Formador de haces casi óptico con lente según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el extremo (21a) libre del inserto metálico está replegado en paralelo al plano XY.
3. Formador de haces casi óptico con lente según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el extremo libre (21a) del inserto metálico está doblemente replegado en forma de T, en paralelo al plano XY.
4. Formador de haces casi óptico con lente según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** la protuberancia (13) y el inserto (21) metálico tienen perfiles de formas curvilíneas según las direcciones X e Y.
5. Formador de haces casi óptico con lente según la reivindicación 4, **caracterizado porque** la protuberancia (13) tiene un perfil de entrada (18) y un perfil de salida (19) de formas diferentes.
6. Formador de haces casi óptico con lente según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la protuberancia (13) consta de cabos (25) de adaptación.
7. Formador de haces casi óptico con lente según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** en la protuberancia (13), las placas metálicas de la línea (20) de transmisión tienen una cara (23) interna que consta de transiciones (30) en forma de escalones de una escalera.
8. Formador de haces casi óptico con lente según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** la longitud del contorno, en sección longitudinal, del inserto (21) metálico decrece progresivamente desde el centro (14) hacia los dos bordes (15, 16) laterales de la línea de transmisión.
9. Formador de haces casi óptico con lente según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** la longitud del contorno, en sección longitudinal, del inserto (21) metálico crece progresivamente desde el centro (14) hacia los dos bordes (15, 16) laterales de la línea de transmisión.
10. Formador de haces casi óptico con lente según una de las reivindicaciones 8 o 9, **caracterizado porque** el inserto (21) metálico consta de un perfil simétrico con relación a un eje (3) longitudinal medio de la línea de transmisión.
11. Formador de haces casi óptico con lente según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la línea de transmisión consta de varias fuentes (10) de alimentación de entrada distribuidas periódicamente, alrededor de un borde (31) de entrada, según una curva focal.
12. Formador de haces casi óptico con lente según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la línea de transmisión consta de varias protuberancias (13a, 13b, 13c,...,13i, 13j) adecuadas para realizar retardos progresivos, estando las protuberancias distribuidas sucesivamente a lo largo del eje longitudinal X de la línea de transmisión, a diferentes distancias de las fuentes (10) de alimentación de entrada, constanding cada protuberancia de un inserto (21) metálico cuya longitud del contorno, en sección longitudinal, varía entre los dos bordes laterales de la línea (20) de transmisión.
13. Formador de haces casi óptico con lente según la reivindicación 12, **caracterizado porque** la longitud del contorno de los insertos (21) metálicos, en las diferentes protuberancias sucesivas, varía progresivamente de una protuberancia a otra protuberancia adyacente, según la dirección longitudinal X de la línea de transmisión.
14. Formador de haces casi óptico con lente según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la línea (20) de transmisión está replegada sobre sí misma según la dirección X, según un pliegue de forma recta.
15. Formador de haces casi óptico con lente según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** consta, además, de al menos de un primer muro (43) reflectante que se extiende transversalmente en la línea de transmisión y, ortogonalmente a las placas metálicas según la dirección Z, siendo el primer muro (43) reflectante adecuado para replegar la línea de transmisión, sobre sí misma, según la dirección X, según un pliegue de forma curvilínea.

- 5 16. Formador de haces casi óptico con lente según la reivindicación 15, **caracterizado porque** consta, al menos, de dos capas (44, 45), respectivamente primera y segunda capa, apiladas y cerradas en un extremo por el primer muro (43) reflectante y dos protuberancias (131, 132) opuestas dispuestas alrededor de un inserto (21) metálico que se extiende en las dos capas (44, 45) apiladas, integrándose el primer muro (43) reflectante en las dos protuberancias (131, 132) opuestas.
17. Formador de haces casi óptico con lente según la reivindicación 16, **caracterizado porque** consta, además, de una tercera capa (46) apilada sobre la segunda capa (45) y un segundo muro (50) reflectante que se extiende en la segunda y tercera capas (45, 46).
- 10 18. Formador de haces casi óptico con lente según una de las reivindicaciones 16 o 17, **caracterizado porque** consta, además, de al menos una tercera protuberancia (133) dispuesta en la segunda capa aguas abajo del primer muro (43) reflectante.
19. Antena plana, **caracterizada porque** consta, al menos, de un formador de haces según una de las reivindicaciones anteriores y, porque consta, además, de una bocina (35) radiante lineal conectada a la salida del formador de haces.
- 15 20. Antena plana, **caracterizada porque** consta, al menos, de un formador de haces según una de las reivindicaciones 1 a 18 y, **porque** la línea (20) de transmisión está replegada, sobre sí misma, según la dirección X y, consta, además, de una abertura (48) lineal de salida conectada a una red de varias bocinas (40) radiantes.

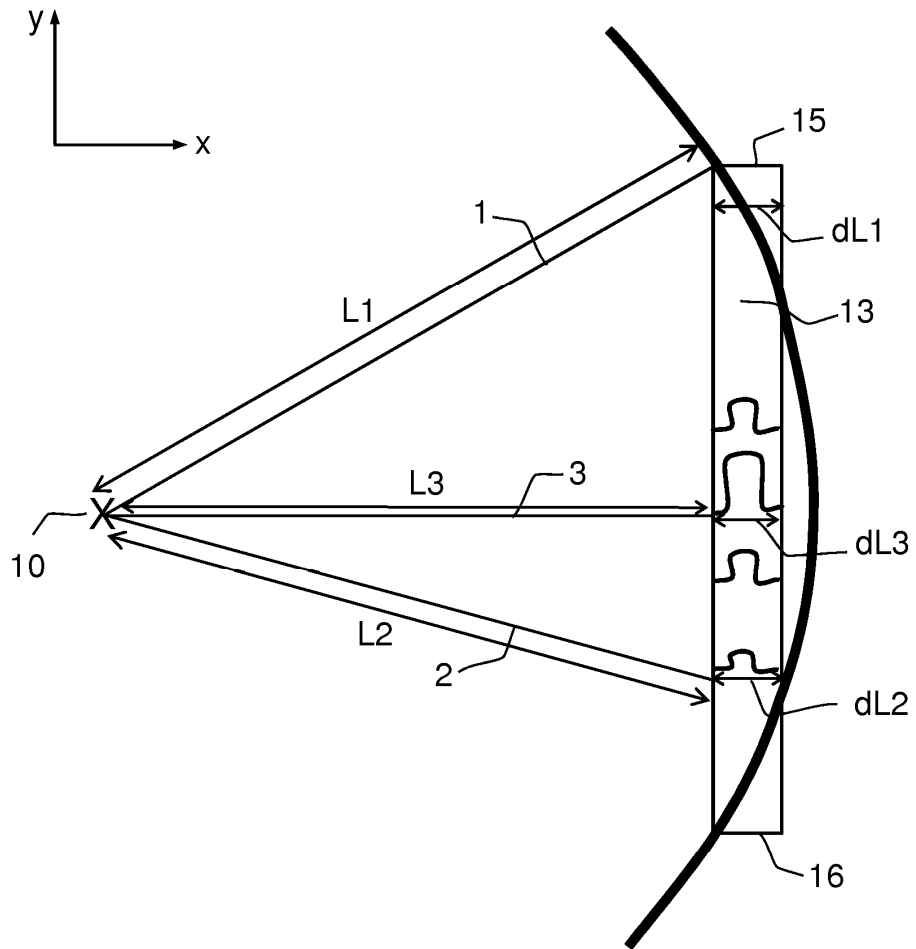


FIG.1

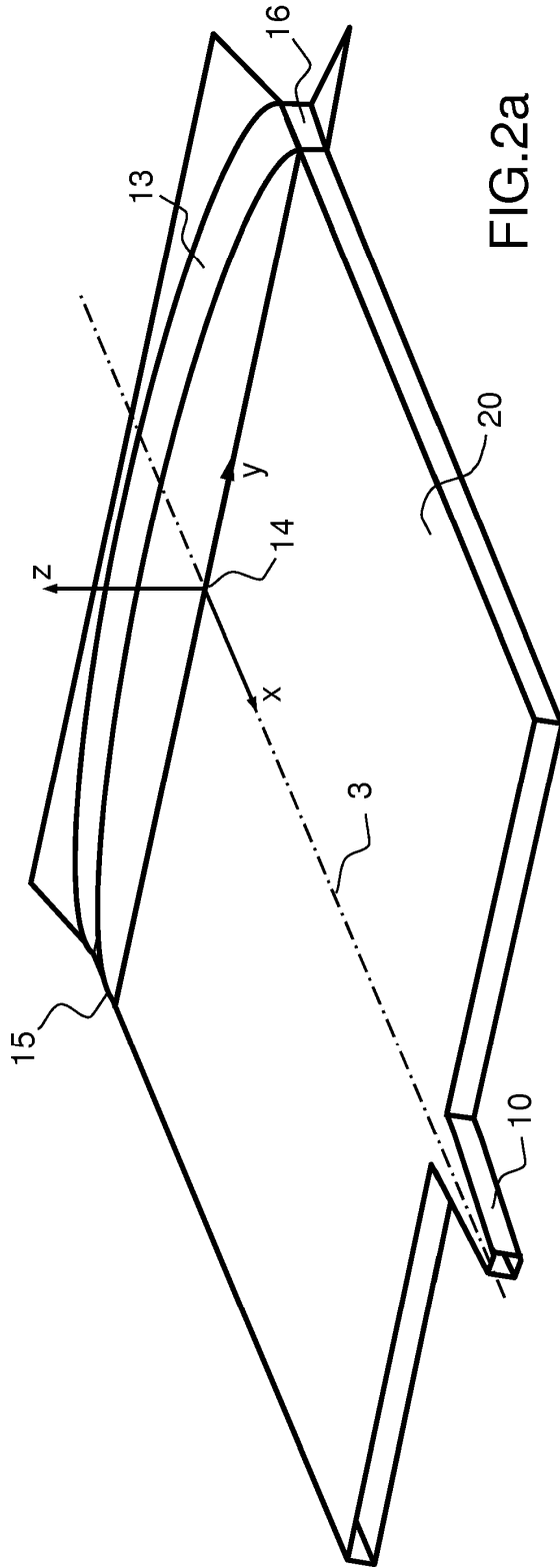


FIG. 2a

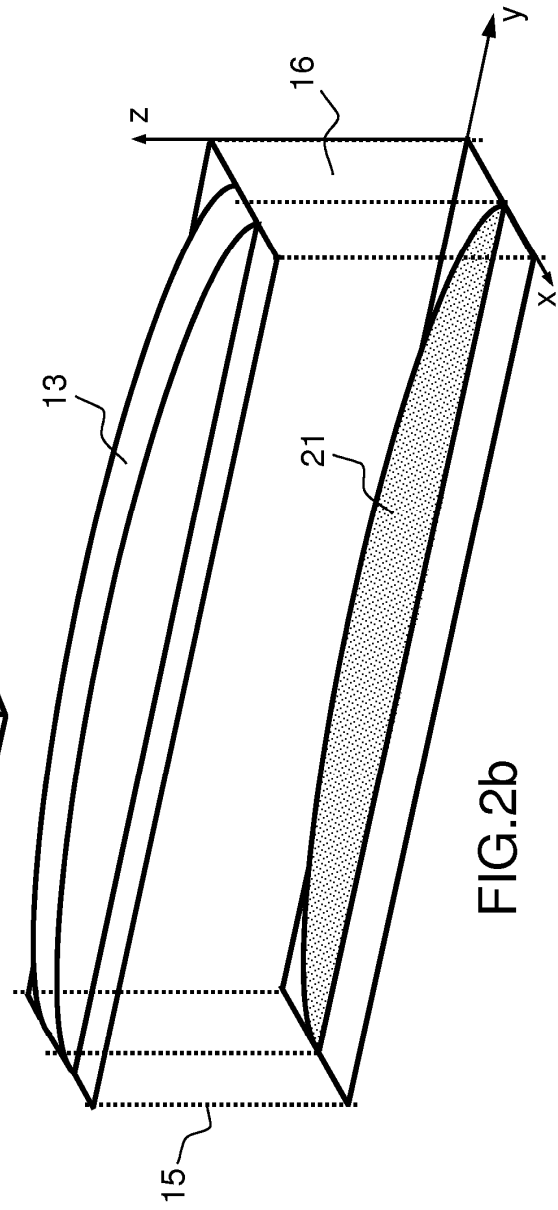
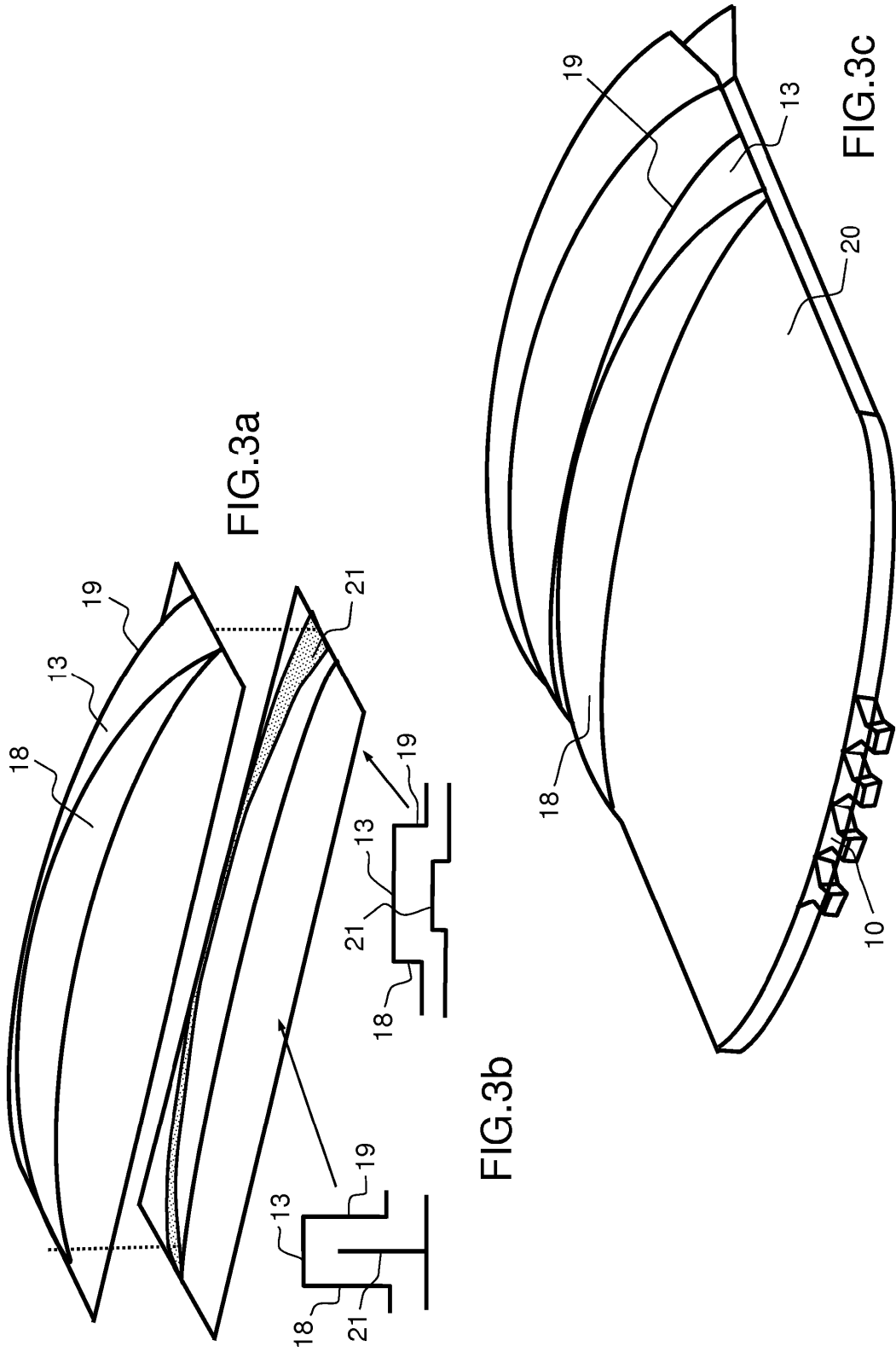


FIG. 2b



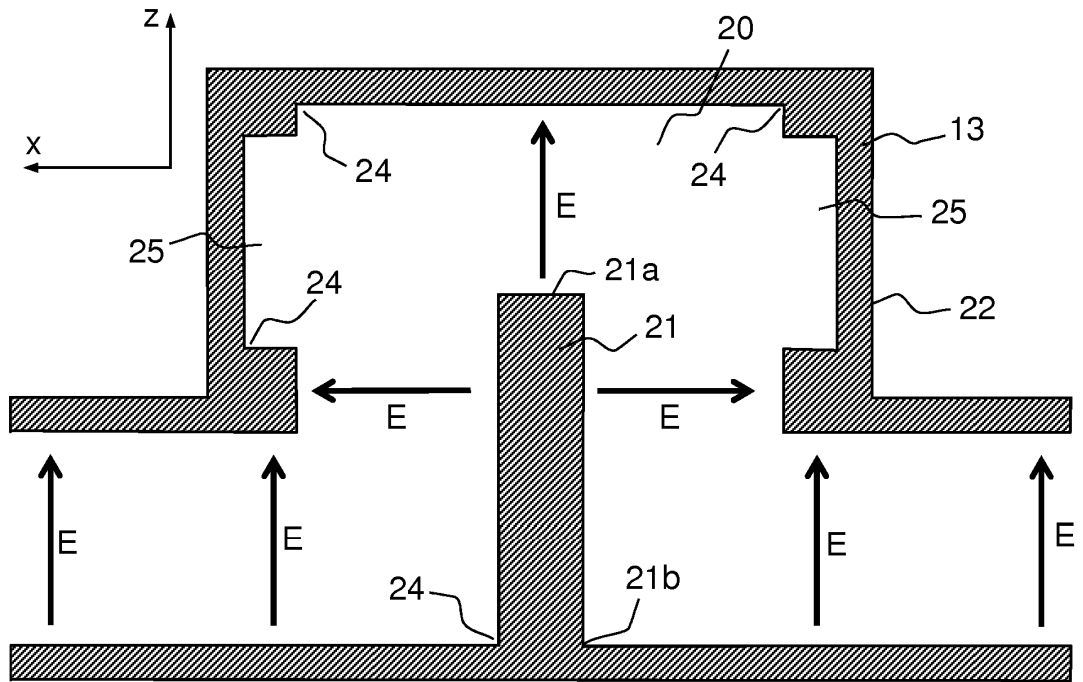


FIG. 4a

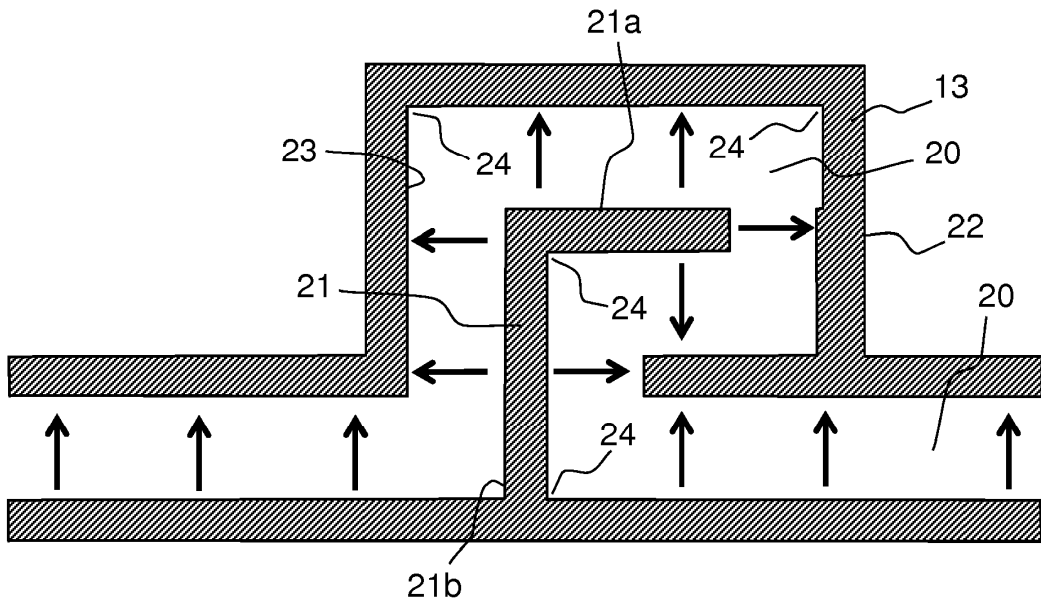


FIG. 4b

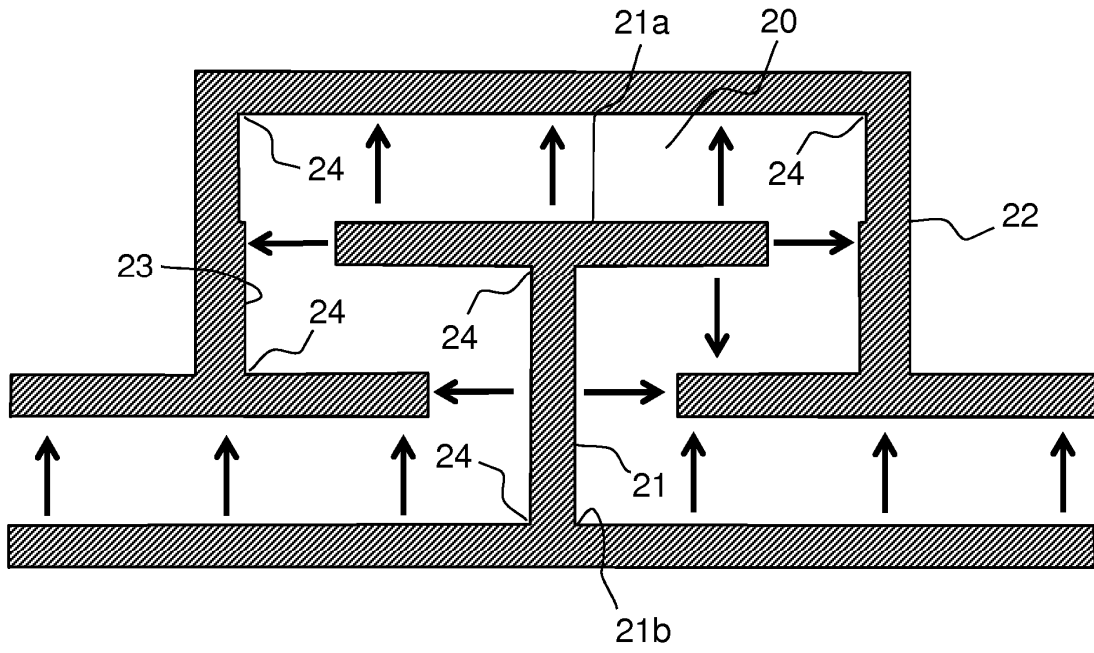


FIG.4c

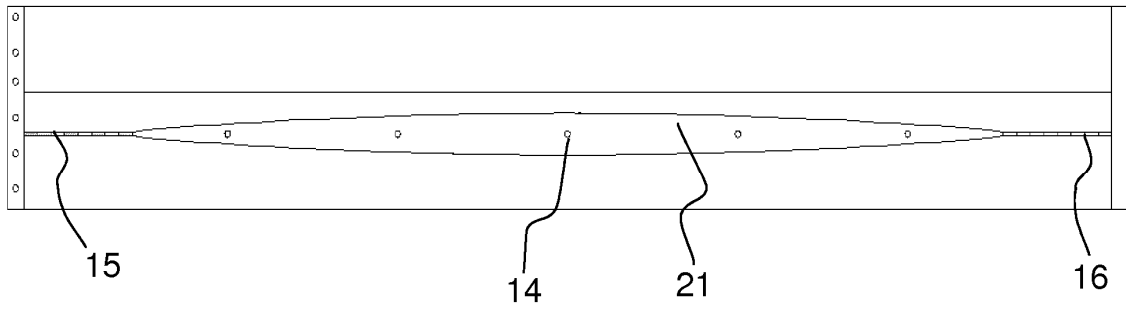


FIG.4d

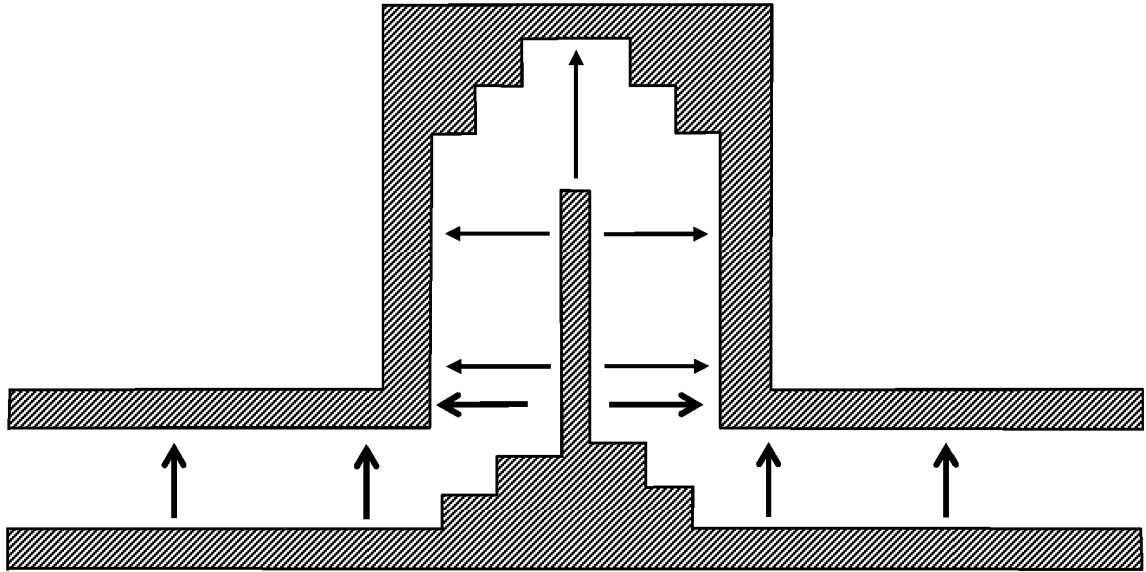


FIG.5a

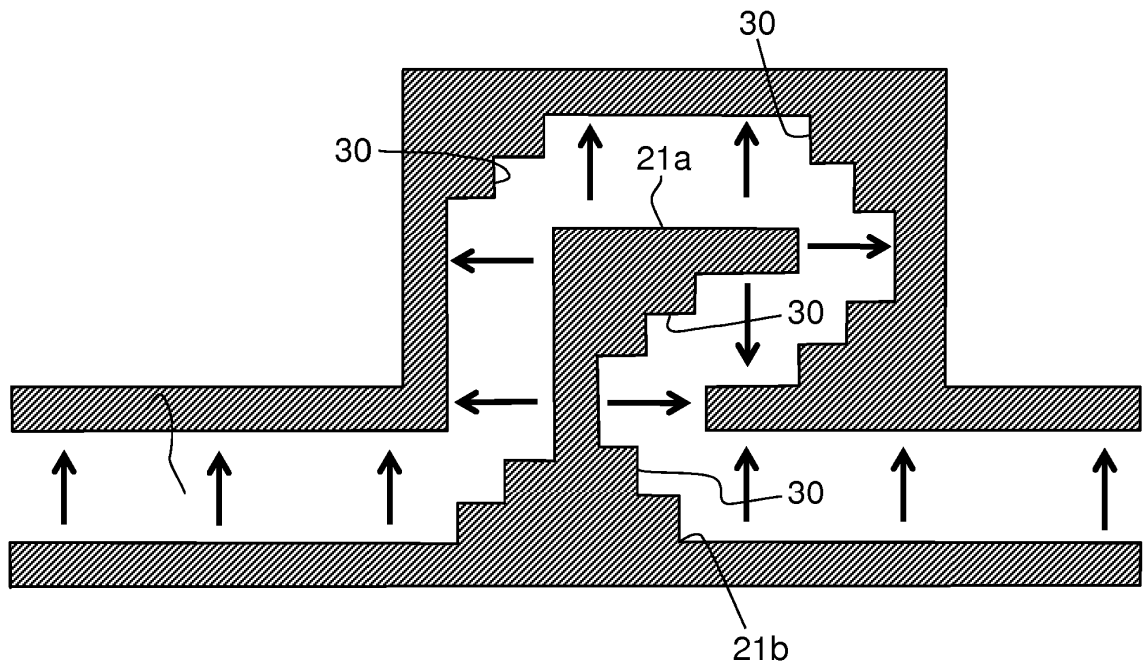


FIG.5b



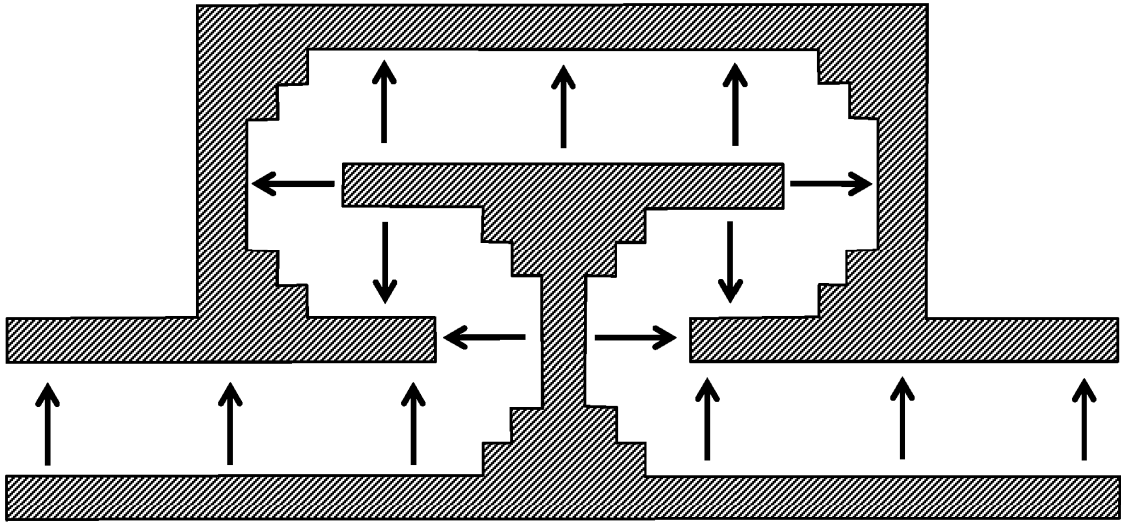


FIG.5c

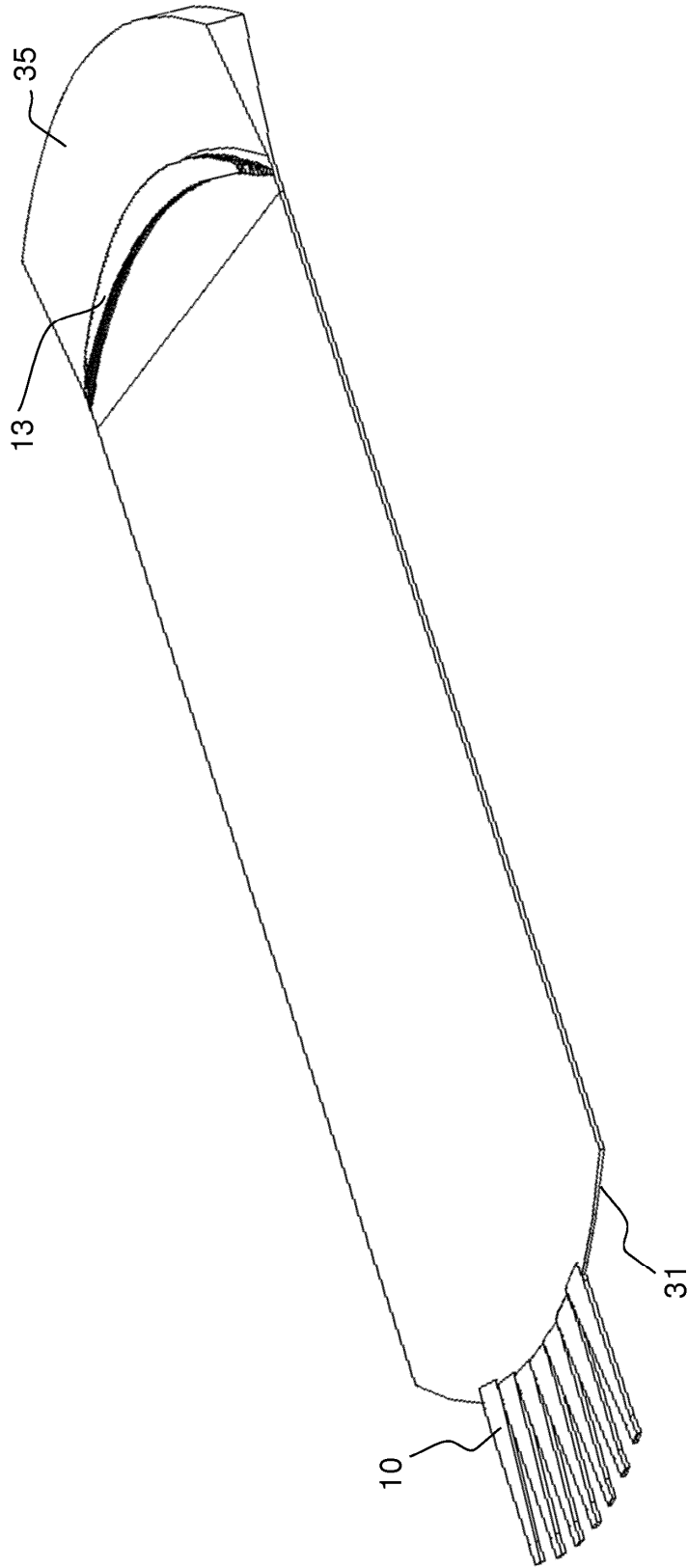


FIG.6a

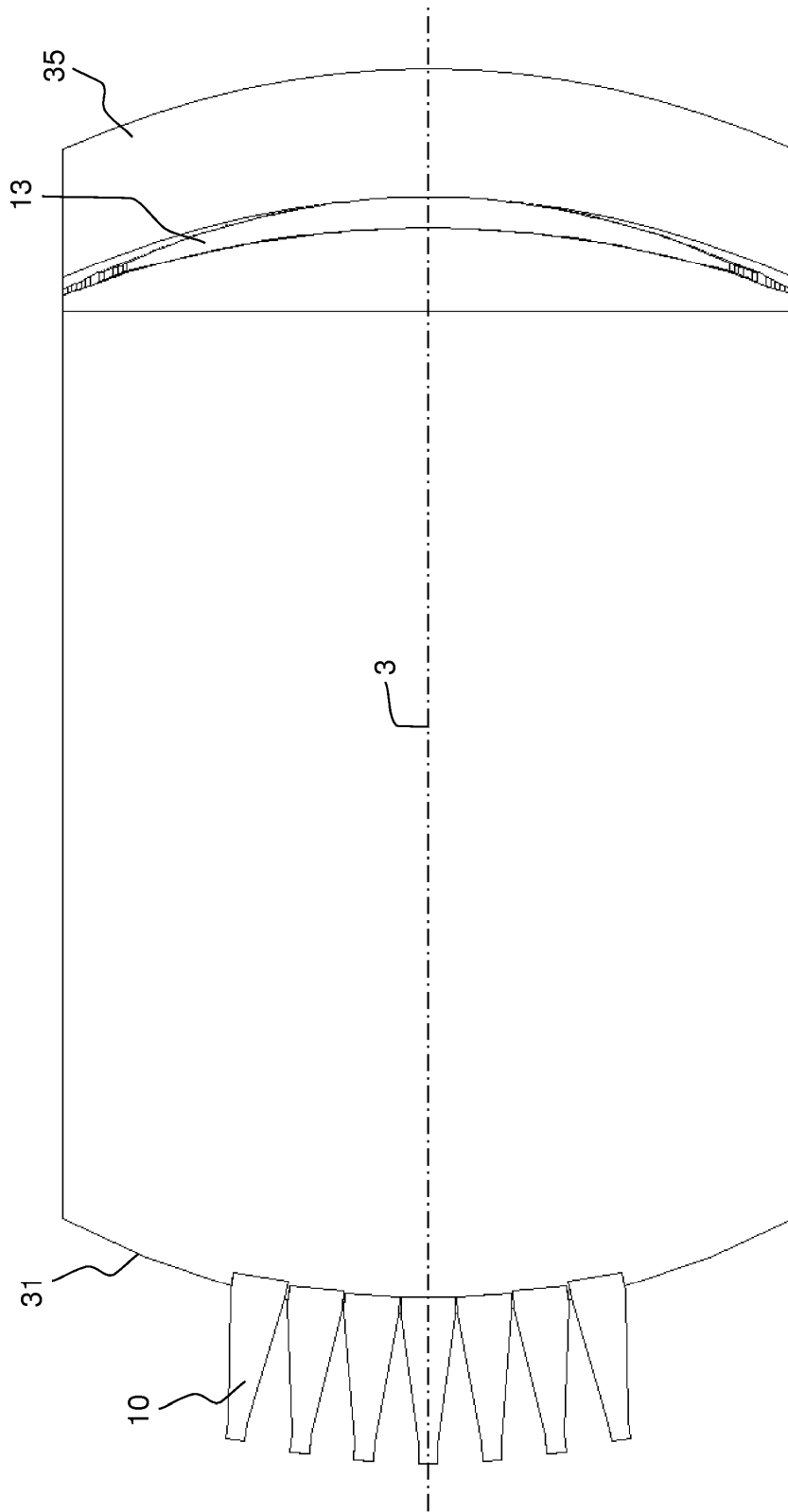


FIG.6b

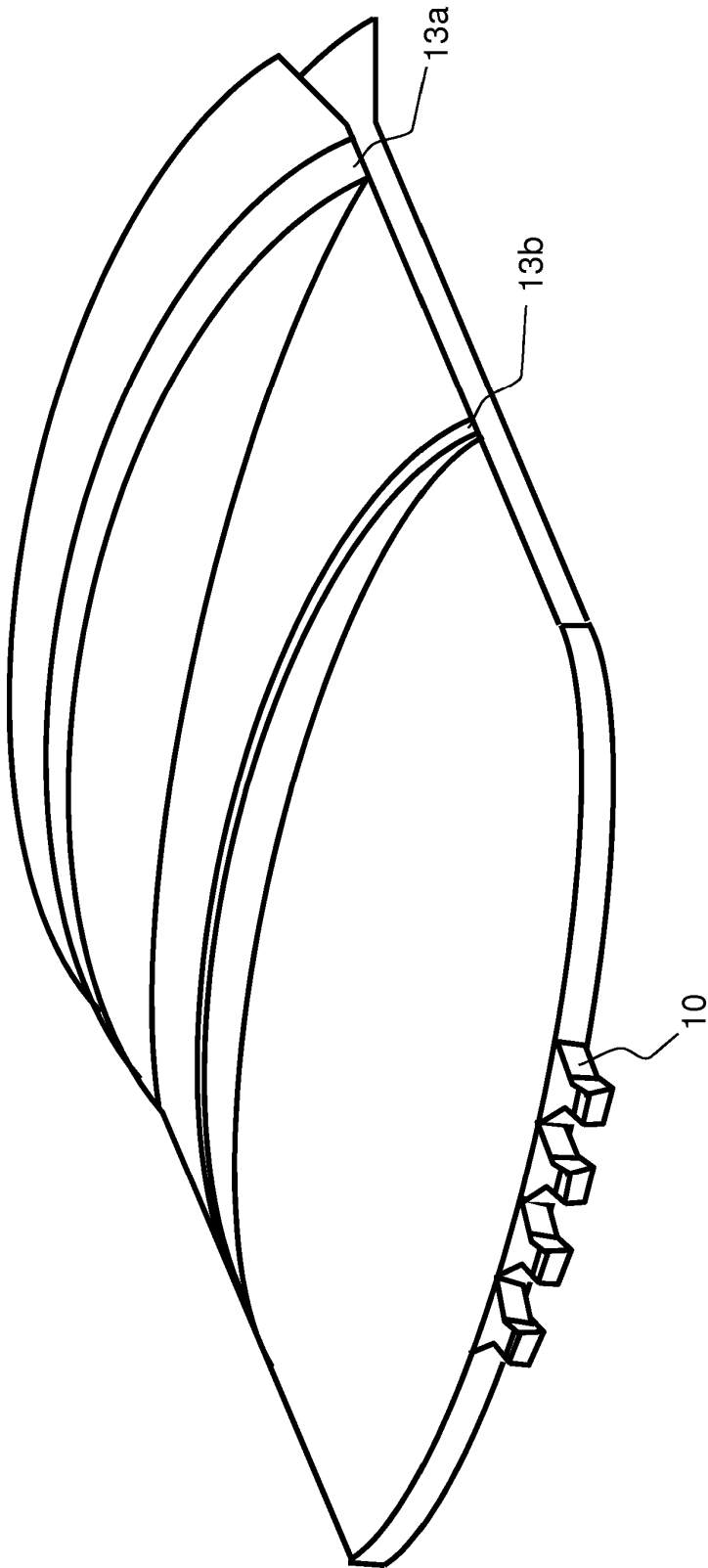
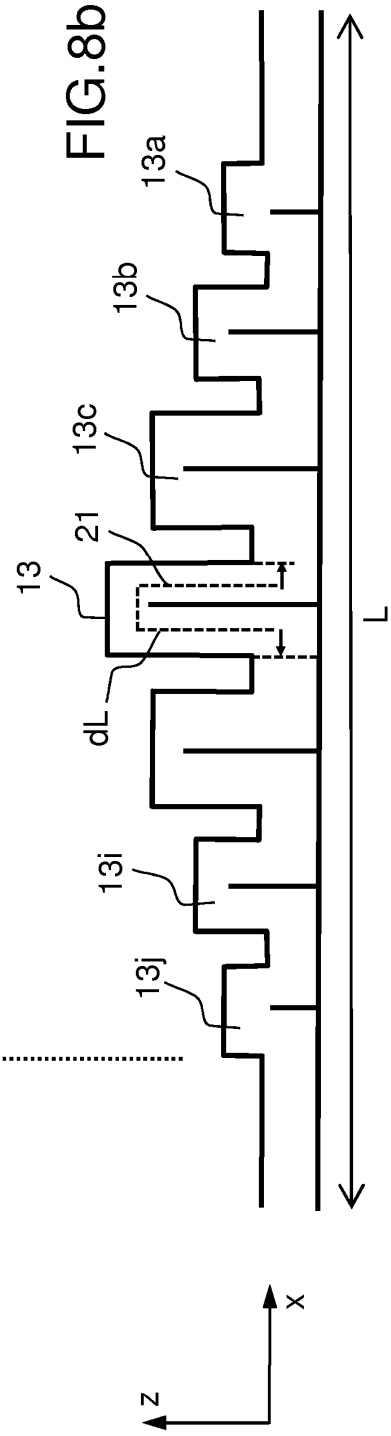
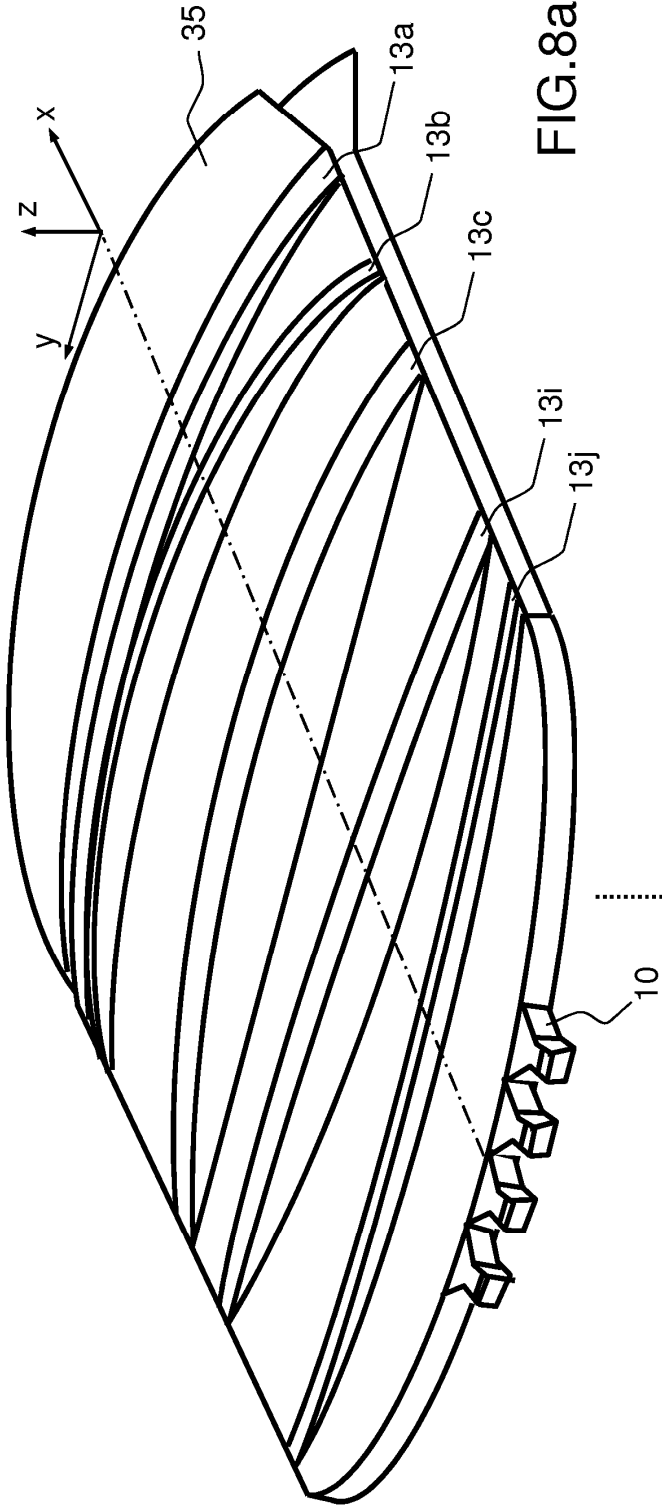


FIG.7



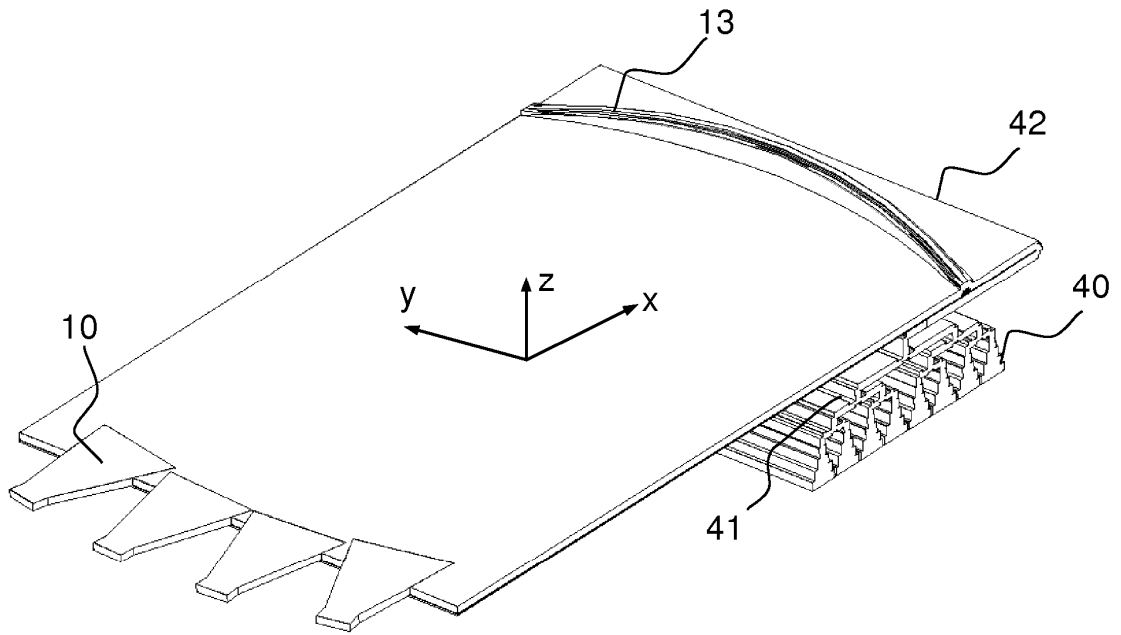


FIG. 9

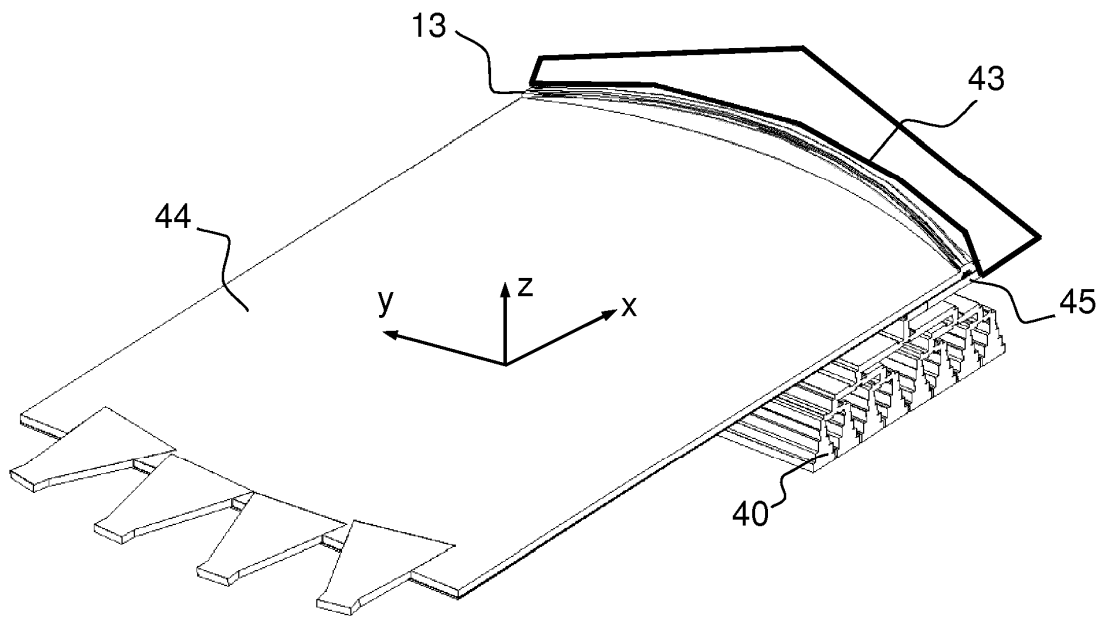


FIG. 10

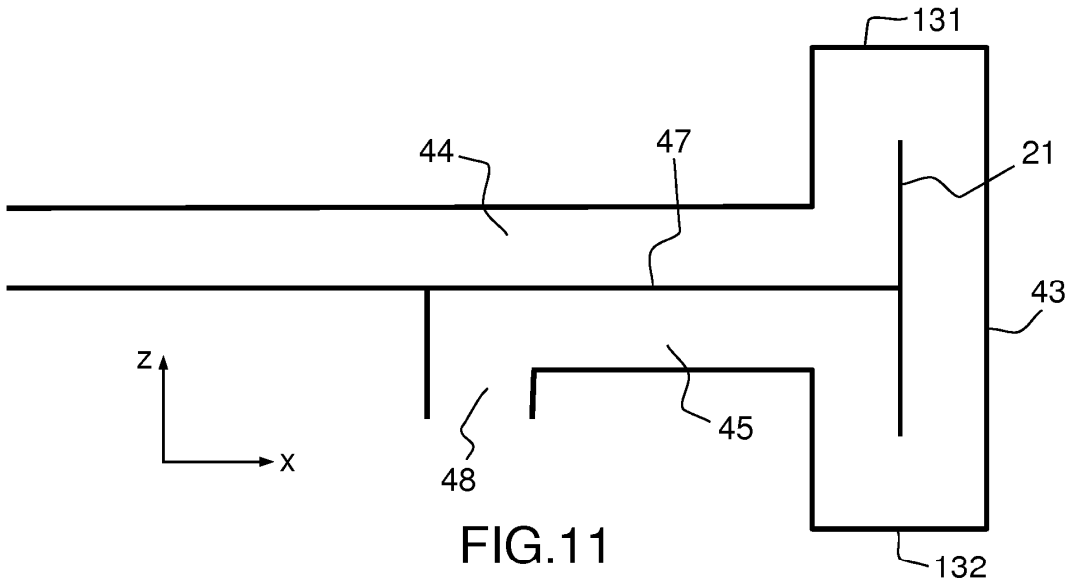


FIG. 11

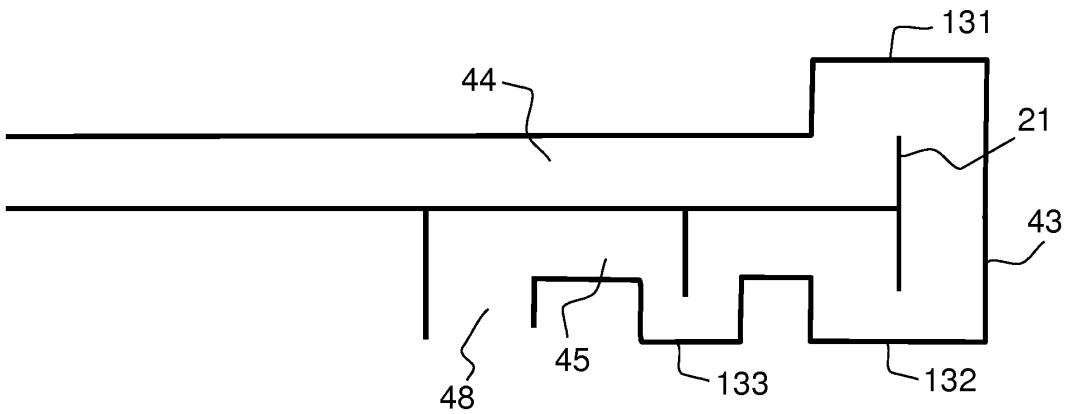


FIG. 12

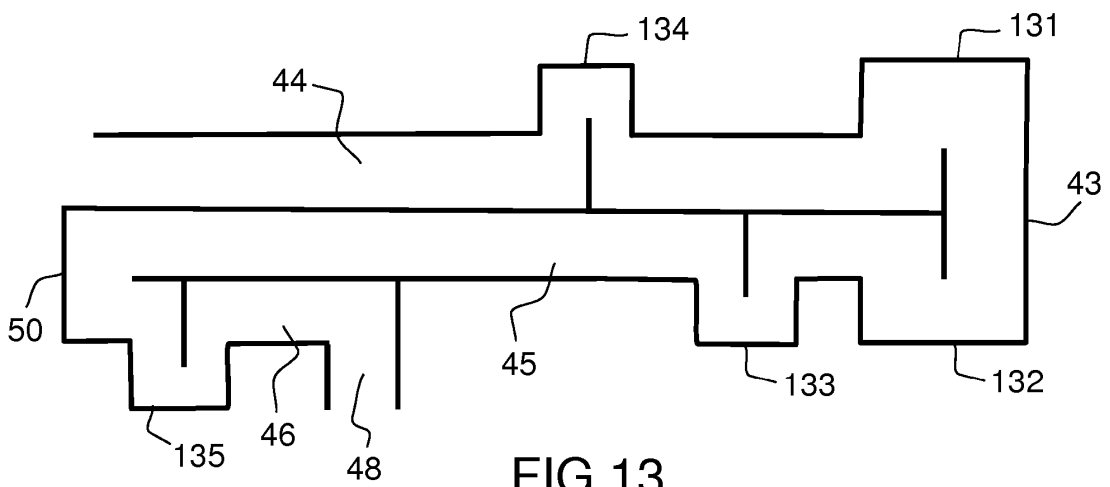


FIG. 13