



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 307 231**

51 Int. Cl.:
G02B 6/42 (2006.01)
G01J 3/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **05826577 .8**
86 Fecha de presentación : **15.12.2005**
87 Número de publicación de la solicitud: **1825312**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **29.08.2007**

54 Título: **Detector y cámara espectroscópicos interferenciales.**

30 Prioridad: **15.12.2004 FR 04 52992**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.11.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.11.2008

73 Titular/es: **Université Joseph Fourier
621, avenue Centrale
Domaine Universitaire de
Saint-Martin d'Herès, BP 53
38041 Grenoble Cédex 9, FR
Institut National Polytechnique de Grenoble**

72 Inventor/es: **Le Coarer, Etienne y
Benech, Pierre**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 307 231 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

Detector y cámara espectroscópicos interferenciales.

5 La presente invención se refiere al dominio de los detectores electrónicos.

La presente invención se refiere, más particularmente, a un detector electrónico que permite suministrar una información espectral de un campo electromagnético.

10 Los detectores actuales no poseen capacidad de medir la longitud de onda de un fotón incidente. Todo lo más, existen técnicas de superconductividad del tipo de JSET [uniones superconductoras de efecto túnel -“Jonctions Supraconductrices á Effet Tunnel”], muy embarazosas de utilizar y de resolución espectral limitada.

15 La técnica anterior conoce igualmente moléculas fotoquímicas que son capaces de conservar la memoria de una longitud de onda de los fotones, aunque éstas están limitadas a un dominio espectral muy reducido y deben ser convertidas por medio de un costoso escáner.

20 Por otra parte, de manera general, la espectroscopia de campos se realiza por medio de espectroscopios voluminosos que reparten la luz sobre un detector bidimensional.

Al margen de estos detectores actuales, es conveniente citar que ya desde 1891 Gabriel Lippmann había propuesto un detector basado en una sensibilización argéntica dentro del espesor de una gelatina y que hacía uso del efecto producido por la luz al reflejarse en un espejo para crear una onda estacionaria.

25 La técnica anterior conoce, a este respecto, la Patente US 6.044.102 (de Labeyrie), que describe un procedimiento y un sistema de transmisión de información por fibra óptica. Una señal luminosa es emitida por un sistema basado en un láser, que multiplexa la información basándose en el efecto de Lippmann inverso. En la parte de la Patente que descodifica la señal, la Patente divulga un sistema de desmultiplexación basado en el efecto de Lippmann. Hace referencia, por tanto, a un medio fotosensible dispuesto al modo de su sistema de emisión de láser, sin aportar, sin embargo, una realización funcional y práctica.

30 Este documento divulga la utilización del efecto de Lippmann pero está limitado a un dominio espectral estrecho, del orden de la anchura de banda del láser.

35 Los documentos US 2004/071396, US 2003/038938 y US 5.943.136 divulgan espectroscopios basados en las reflexiones múltiples que tienen lugar en el interior de las guías de onda ópticas.

Uno de los propósitos de la presente invención es, por tanto, resolver los inconvenientes de la técnica anterior para una anchura del orden de la anchura de banda de una guía de onda.

40 La presente invención pretende aprovechar este efecto Lippmann en el seno de una guía de onda para paliar las deficiencias de la técnica anterior, y se refiere a un detector espectroscópico interferencial que comprende las características de la reivindicación 1.

45 De preferencia, la guía de onda es del tipo monomodo, o de un único modo. Puede igualmente ser multimodo, o de múltiples modos, si se suavizan ciertas restricciones sobre la resolución.

Preferiblemente, dichos medios de detección están formados por una pluralidad de detectores locales, distribuidos entre la cara de entrada y el espejo.

50 Ventajosamente, dichos medios de detección están constituidos por al menos un detector local móvil, situado entre la cara de entrada y el espejo.

55 En este caso, el detector comporta medios de determinación de la posición del detector local móvil, destinados a suministrar señales en función de la posición de dicho detector local y de la intensidad local de la onda electromagnética.

Por otra parte, dichos detectores locales se encuentran ya sea sensiblemente equidistantes, ya sea distribuidos según una ley no periódica con el objetivo de minimizar la perturbación de la onda estacionaria.

60 De preferencia, dos detectores locales consecutivos se encuentran alejados en una distancia sensiblemente igual a un cuarto de la longitud de onda correspondiente al valor inferior del espectro estudiado.

65 De forma ventajosa, comprende, además, un dispositivo calculador que realiza un muestreo de las señales suministradas por dichos detectores locales, así como la determinación del espectro en función de dichas señales tomadas como muestra.

ES 2 307 231 T3

Preferiblemente, comprende, además, un dispositivo calculador analógico que suministra el espectro en función de dichas señales suministradas por los detectores locales.

5 La presente invención se refiere, igualmente, a un sistema de obtención de imágenes espectrométrico caracterizado por que está constituido por una pluralidad de detectores de acuerdo con la invención, dispuestos según una matriz o conjunto geoméricamente ordenado, de manera que las caras de entrada de los detectores se encuentran dentro del plano focal de una óptica de entrada.

10 Según los casos, la matriz puede ser, bien regular, bien irregular.

La invención se comprenderá mejor con la ayuda de la descripción, hecha en lo que sigue a título puramente explicativo, de un modo de realización de la invención, en referencia a las figuras que se acompañan, en las cuales:

15 - la Figura 1 ilustra un detector de acuerdo con la invención, en el caso de una guía de onda simple;

- la Figura 2 ilustra un ejemplo de diagrama interferométrico, o interferograma, obtenido por el detector de acuerdo con la invención;

20 - la Figura 3 ilustra un detector de acuerdo con la invención, en el caso de una línea o cadena de hiperfrecuencia en el dominio de radio;

- la Figura 4 ilustra un detector de acuerdo con la invención, en el caso de una fibra óptica rectificadora o pulida hasta el núcleo, en la que se disponen detectores locales como, por ejemplo, unos hilos superconductores de HEB;

25 - la Figura 5 ilustra un detector de acuerdo con la invención, en el caso de un elemento dotado de una micro-lente para la adaptación a la guía monomodo, dispuesto perpendicularmente a la superficie de un sustrato del tipo de circuito integrado, a fin de conformar una matriz o conjunto geoméricamente ordenado;

30 - la Figura 6 ilustra un detector de acuerdo con la Figura 5, que utiliza un cuerno o embudo en lugar de la micro-lente, y un ejemplo de detector local anular.

El detector de acuerdo con la invención comprende una guía de onda óptica 1. Para los propósitos de la presente invención, se empleará la expresión 'guía de onda' para designar de forma general una guía llena o maciza tal, como 35 una fibra óptica, o una guía hueca, o bien una línea o conducción precedida de una antena, tal como un cable coaxial. Hay que apreciar que esta guía de onda es, de preferencia, monomodo. Las dimensiones del sistema son, por tanto, comparables a varias longitudes de onda analizadas, y, en consecuencia, muy pequeñas con respecto al conjunto de los sistemas utilizados en la espectroscopia de la técnica anterior.

40 La guía de onda 1 define una cara de entrada 1a y una cara opuesta a la cara de salida 1b. Un espejo 2 se encuentra así situado a la altura de la cara opuesta 1b de la guía de onda.

Se crea, por tanto, una onda estacionaria 3 en el seno de la guía 1 por el efecto de Lippmann.

45 La intensidad de esta onda estacionaria responde a una distribución espacial sinusoidal del tipo $I(x) = 1 - \cos(4\pi nx/\lambda)$, donde I es la intensidad, x es la distancia al espejo, n es el índice del medio dentro del cual se propaga la onda, y λ es la longitud de onda.

50 El principio general de la invención consiste, por tanto, en utilizar detectores locales fotosensibles que permitan esta intensidad luminosa y hallar el espectro de la luz.

Según un primer modo de realización, se coloca una pluralidad de detectores locales fijos 5 en el exterior de la guía 1. Para realizar estos detectores locales, puede utilizarse, por ejemplo, un material sensible a las ondas evanescentes emitidas desde la guía 1. Los detectores 5 toman muestras entonces de la intensidad de las ondas evanescentes.

55 El experto en la materia comprenderá bien que, si se desea detectar una longitud de onda λ , los detectores están separados en una distancia sensiblemente igual a $\lambda/4$, a fin de reconstruir la señal correspondiente.

60 Para la detección de un espectro más ancho, esta distancia debe ser un cuarto de la longitud de onda correspondiente al valor inferior del espectro estudiado. Las longitudes de onda inferiores serán entonces detectadas con una eficacia menor, o incluso no contribuir ya en absoluto al sistema de interferencia.

En el caso de un espectro limitado a un dominio espectral más estrecho, es posible separar los detectores locales de tal manera que se realice un sub-muestreo del interferograma, siempre respetando el teorema de Shannon en banda 65 estrecha. En este caso, el tamaño del detector debe permanecer más pequeño que un cuarto de la longitud de onda más corta.

ES 2 307 231 T3

La capa detectora 5 comprende, por tanto, por ejemplo, una pluralidad de detectores locales equidistantes, poniendo atención en que una distribución regular puede llevar consigo una perturbación de la transmisión de la onda por un efecto de Bragg.

5 Para solucionar este problema, puede colocarse, eventualmente, un medio fotosensible continuo entre la guía de onda y los detectores locales regularmente separados, o bien colocar los detectores locales de una manera no periódica como, por ejemplo, una serie de separaciones que será definida por la continuación de los primeros números.

Se apreciará que estos detectores pueden ser de diversas clases sin limitación a los efectos de la invención.

10

Éstos consisten, por ejemplo, en uniones pn fotoconductoras realizadas sobre un sustrato semiconductor afinado, que comprende fotodiodos y electrodos para recoger una corriente en los bornes o terminales de contacto de los fotodiodos. Este sustrato es adyacente a la guía de onda 1, ya sea por adherencia molecular, ya sea por pegado.

15 Los detectores pueden consistir, igualmente, en microbolómetros por hilos superconductores que forman una red distribuida entre la cara de entrada y de la guía de onda 1 y el espejo 2.

Puede contemplarse igualmente el uso de micro-antenas, de fotoconductores del tipo de selenio o de fotodetectores de efecto Josephson.

20

Según un modo de realización concreto, puede igualmente colocarse en las proximidades de la guía o dentro de la guía un elemento óptico más pequeño que un cuarto de la longitud de onda más corta analizada por el sistema, a fin de extraer una parte de la onda y conducirla hacia un detector situado en las proximidades del sistema, como, por ejemplo, un punto de imagen o píxel de CCD. Tal elemento óptico puede ser un punto difusor, una faceta o cualquier material o sistema que cree una derivación de la energía de la onda. Una vez extraída la onda de la guía, es igualmente posible transmitir esta onda hacia un captador distante para efectuar una detección a distancia representativa del estado de la onda en el seno de la guía, entre la cara de entrada y el espejo.

25

Así pues, la detección de las radiaciones electromagnéticas puede hacerse, de acuerdo con la invención, entre la cara de entrada de la guía de onda y el espejo, al hacer salir una parte de la onda por un elemento óptico tal como se ha descrito en lo anterior. El elemento óptico destinado a hacer salir una parte de la onda de la guía de onda, forma entonces parte de los medios de detección de acuerdo con la invención, y, en este caso, la detección puede llevarse a efecto a cierta distancia de la guía, una vez que se ha extraído cierta cantidad de energía de la guía.

30

La Figura 3 representa la realización en el dominio de las microondas. Se coloca una antena 10 de un lado de una línea o conducción 11 que puede ser superconductora. El final de la conducción 11 se comporta como un espejo. Unos elementos 12 consisten en N microbolómetros que extraen una fracción 1/N de la señal. La separación entre los bolómetros es, bien regular o bien irregular para evitar las reflexiones de Bragg.

35

La Figura 4 muestra una realización de este principio en el extremo de una fibra óptica 20. Un espejo 21 está dispuesto al final del núcleo de la fibra. Estos detectores locales 22, como hilos superconductores, utilizan el efecto de bolómetro de electrones calientes (HEB -"Hot Electrón Bolometer"). Este efecto se describe, por ejemplo, en la publicación de Romestain *et al.* en la divulgación New Journal of Physics (Nueva Revista de Física), Volumen 6, 2004. Unos hilos 23 estabilizan la conexión con la parte electrónica. Esta disposición se utiliza en el caso de las guías de onda planas.

40

45

Según un segundo modo de realización, no ilustrado, la detección se realiza por medio de uno o varios detectores móviles dispuestos entre la cara de entrada y el espejo. En este caso, el dispositivo comprende un medio de determinación del detector.

50

Los detectores móviles utilizados pueden ser entonces del tipo de los que se ha descrito anteriormente.

Se comprenderá que en los dos modos de realización anteriormente descritos, el o los detectores están situados en el exterior de la guía de onda y miden la intensidad de las ondas evanescentes. No obstante, es posible situar estos detectores en el seno mismo de la guía, al objeto de realizar las mediciones sobre la propia onda estacionaria. Pero en este caso, la presencia del detector provoca reflexiones de la luz que deben ser eventualmente corregidas.

55

En los dos modos de realización, a continuación de la detección por parte del o los detectores, se realiza un muestreo de las señales suministradas. El dispositivo comprende, además, sistemas de multiplexación de la información suministrada por los detectores locales, y un dispositivo calculador puede consistir en un procesador, una microcomputadora o un DSP, para tratamientos analógicos o numéricos.

60

El espectro de las ondas se obtiene entonces por medio de la transformada de Fourier de las señales aportadas por el o los detectores.

65

Según una variante, es igualmente posible obtener el espectro de las ondas por una regresión con respecto a una tabla de valores fijos.

ES 2 307 231 T3

Así pues, la Figura 2 ilustra un ejemplo de interferograma obtenido gracias al detector según la invención para una onda monocromática.

5 La invención se refiere igualmente a un sistema de obtención de imágenes espectrométrico que comprende una pluralidad de detectores tales como los que se acaban de describir, dispuestos una matriz o conjunto geoméricamente ordenado. Las Figuras 5 y 6 representan dos realizaciones de un elemento constitutivo de esta pluralidad de detectores dispuestos en la superficie de un soporte del conjunto geoméricamente ordenado de detectores. Una micro-lente o un embudo permite adaptar la onda a la guía monomodo y deja un espacio sobre el soporte que permite integrar la electrónica necesaria para el funcionamiento del detector.

10

Se reconocerán en las Figuras 5 y 6 los elementos principales de los detectores anteriormente descritos, con un espejo 54, 64, un soporte 53, 66 que soporta la guía de onda y el espejo, y un conjunto de detectores 52, 62.

15 A fin de realizar las mediciones en las ondas a la altura de este conjunto geoméricamente ordenado, se utiliza, por lo demás, una óptica dispuesta de tal manera que el conjunto geoméricamente ordenado de los detectores según la invención se encuentra dentro del plano focal de la óptica.

20 Las señales emitidas de todos los detectores del conjunto geoméricamente ordenado se recuperan, y el espectro es entonces reconstituido para todos los puntos por un dispositivo calculador tal como el descrito anteriormente. Se obtiene, por tanto, una imagen espectral.

Se comprende que, para minimizar el tiempo de cálculo para un número elevado de detectores que forman un conjunto geoméricamente ordenado de detección, es posible realizar los tratamientos en paralelo.

25 La invención se ha descrito en lo que antecede a título de ejemplo. Se comprende que el experto de la técnica está en disposición de llevar a cabo diferentes variantes de la invención sin salirse por ello del ámbito de la Patente.

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un detector espectroscópico interferencial **caracterizado** porque comprende una guía de onda (1), que presenta una cara de entrada (1a) y un espejo (2) en la cara opuesta (1b) para crear una onda estacionaria en el seno de la guía de onda por efecto de Lippmann, así como medios de detección (5) de radiaciones electromagnéticas, que suministran una señal eléctrica en función de la intensidad local de la onda electromagnética, de tal manera que dicha detección se realiza entre la cara de entrada (1a) y el espejo (2), y dichos medios de detección están configurados para realizar un muestreo del interferograma producido por la onda estacionaria.
- 10 2. Un detector de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque dichos medios de detección comprenden al menos un elemento óptico apto para extraer al menos una parte de la onda electromagnética de dicha guía de onda.
- 15 3. Un detector de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque dichos medios de detección comprenden una pluralidad de detectores locales distribuidos entre la cara de entrada y el espejo.
- 20 4. Un detector de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque dichos medios de detección comprenden al menos un detector local móvil entre la cara de entrada y el espejo.
- 25 5. Un detector de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado** porque comprende medios de determinación de la posición del detector local móvil, a fin de suministrar señales en función de la posición de dicho detector local y de la intensidad de local de la onda electromagnética.
- 30 6. Un detector de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado** porque dichos detectores locales son sensiblemente equidistantes.
- 35 7. Un detector de acuerdo con la reivindicación 3 **caracterizado** porque dichos detectores locales están distribuidos según una ley no periódica con el fin de minimizar la perturbación de la onda estacionaria.
- 40 8. Un detector de acuerdo con la reivindicación 3 ó la reivindicación 6, **caracterizado** porque dos detectores locales consecutivos están alejados en una distancia sensiblemente igual a un cuarto de la longitud de onda correspondiente al valor inferior del espectro estudiado.
- 45 9. Un detector de acuerdo con la reivindicación 3 ó la reivindicación 6, **caracterizado** porque dichos detectores son más pequeños que un cuarto de la longitud de onda correspondiente al valor inferior del espectro estudiado.
- 50 10. Un detector de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque comprende, además, un dispositivo calculador que lleva a cabo un muestreo de las señales suministradas por dichos detectores locales, así como la determinación del espectro en función de dichas señales tomadas como muestra.
- 55 11. Un detector de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque comprende, además, un dispositivo calculador analógico que suministra el espectro en función de dichas señales suministradas por los detectores locales.
- 60 12. Un detector de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque la guía de onda es de tipo monomodo, o de un solo modo.
- 65 13. Un sistema de obtención de imágenes espectrométrico **caracterizado** porque está constituido por una pluralidad de detectores de conformidad con al menos una de las reivindicaciones precedentes, dispuestos según una matriz o conjunto geoméricamente ordenado, de tal manera que las caras de entrada de los detectores se encuentran dentro del plano focal de una óptica de entrada.
14. Un sistema de obtención de imágenes espectrométrico de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado** porque dicho conjunto geoméricamente ordenado es regular.
15. Un sistema de obtención de imágenes espectrométrico de acuerdo con la reivindicación 18, **caracterizado** porque dicho conjunto geoméricamente ordenado es irregular.

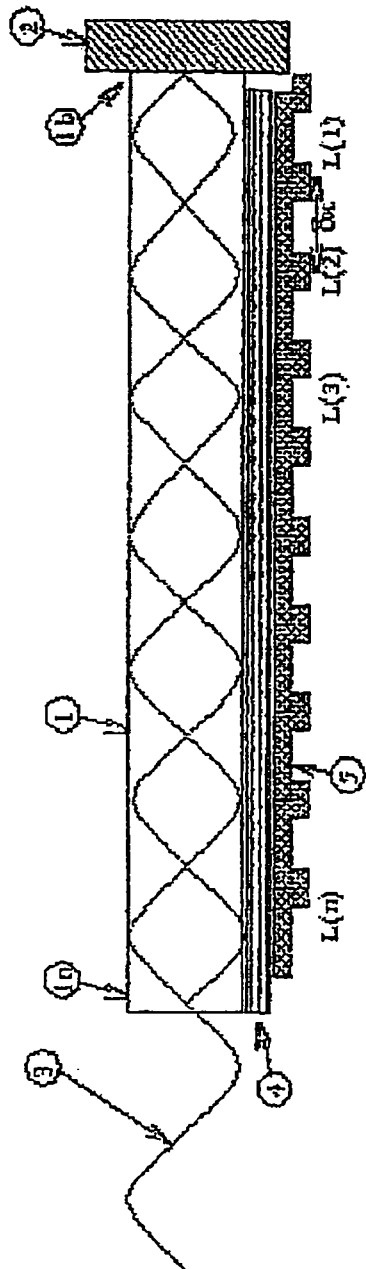


Figure 1

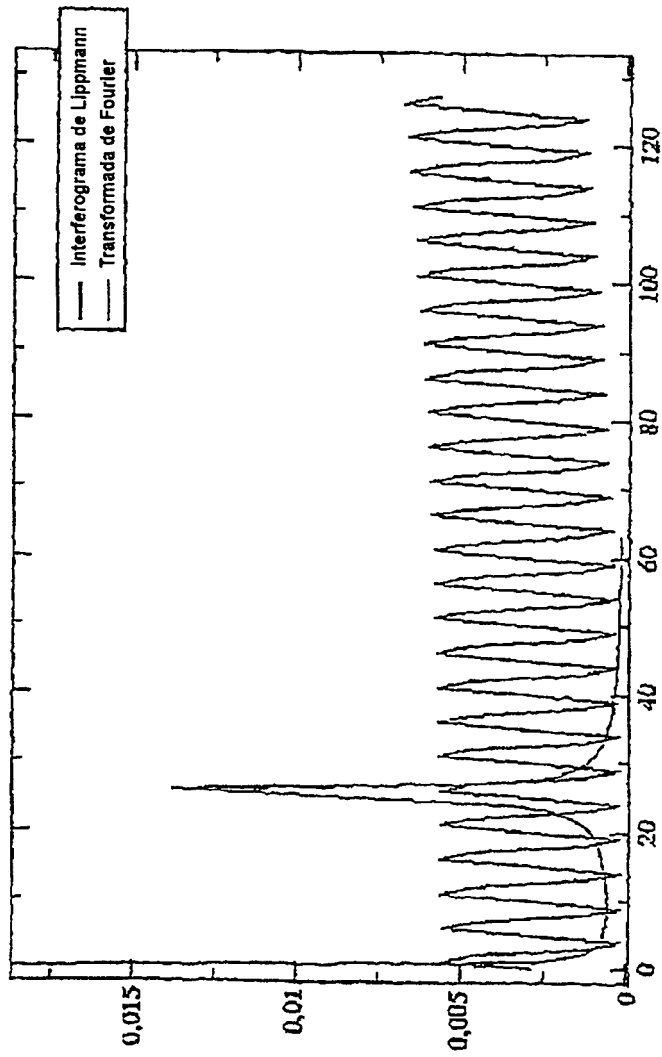


Figura 2

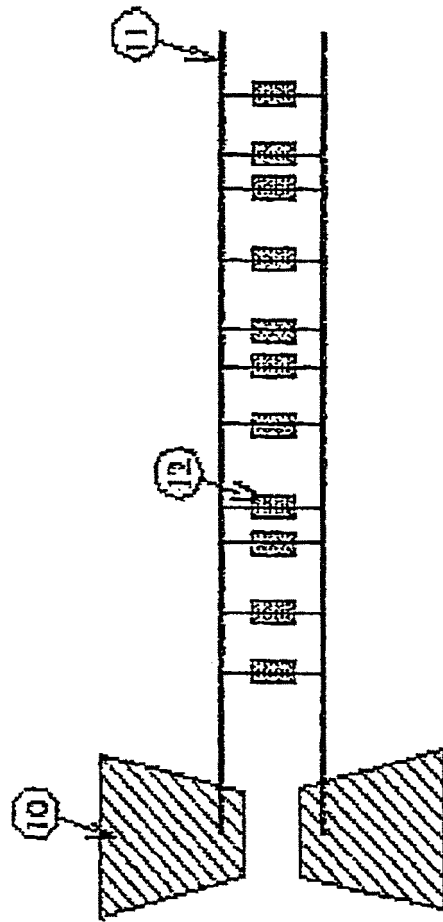


Figura 3

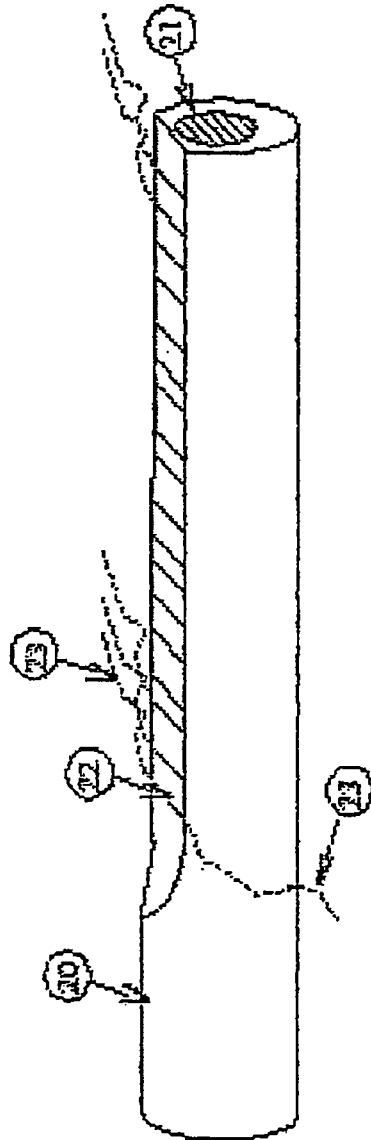


Figura 4

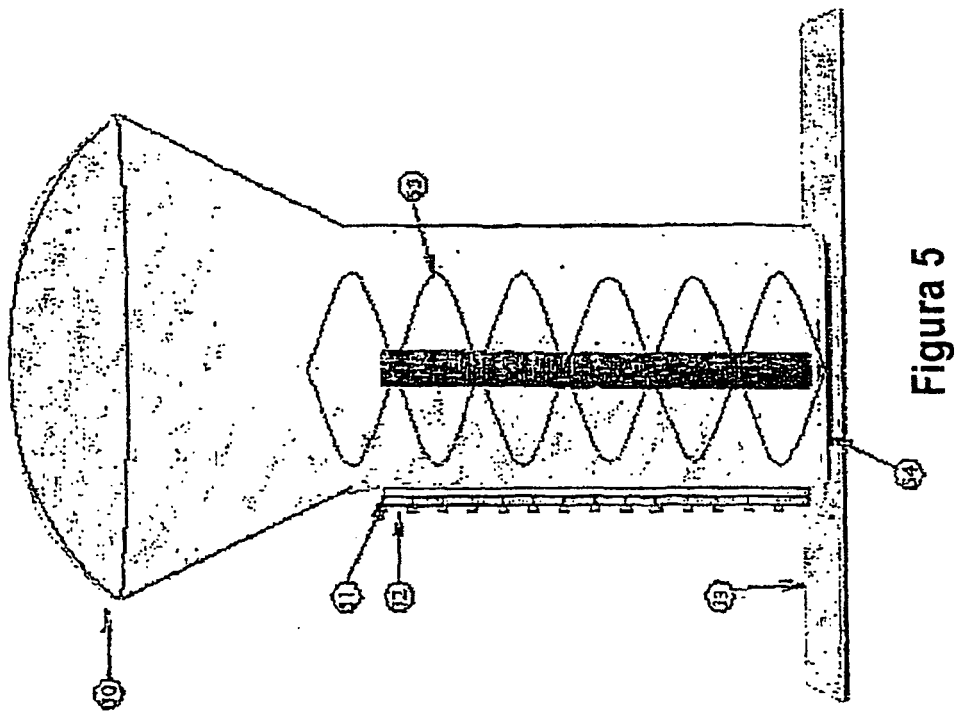


Figura 5

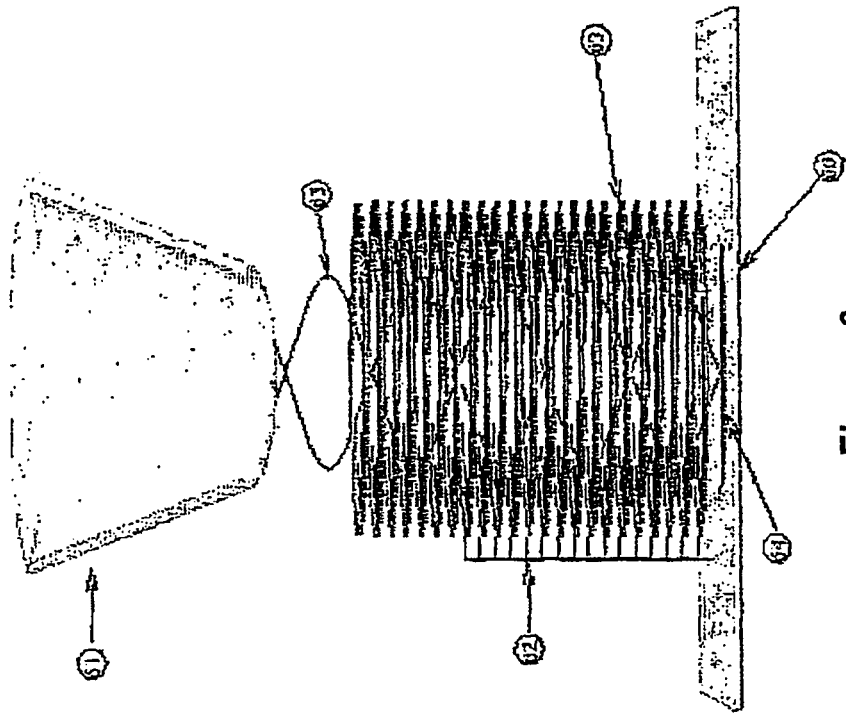


Figura 6