

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 050**

51 Int. Cl.:

G01N 21/39 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.07.2005 E 05763252 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.10.2012 EP 1771720**

54 Título: **Dispositivo sensor y procedimiento para la determinación de una magnitud física**

30 Prioridad:

30.07.2004 DE 102004037519

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

13.03.2013

73 Titular/es:

**UNIVERSITAT KASSEL (100.0%)
MONCHEBERGSTRASSE 19
34125 KASSEL, DE**

72 Inventor/es:

HILLMER, HARTMUT

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 398 050 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo sensor y procedimiento para la determinación de una magnitud física

La invención se refiere a un dispositivo sensor del tipo indicado en el preámbulo de la reivindicación 1 y a un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 16.

5 En dispositivos y procedimientos conocidos de este tipo se calcula como magnitud física, por ejemplo, la absorción óptica o bien la capacidad de absorción de una sustancia química, en particular de un fluido (por ejemplo, DE 197 17 145 C2, DE 100 63 678 A1). A tal fin se sintoniza un diodo láser emisor monomodo sobre una zona de longitudes de ondas predeterminada, para cubrir de esta manera al menos una línea de absorción característica en el espectro de un fluido a detectar. La sintonización del láser se realiza, por ejemplo, a través de una variación de su temperatura de trabajo.

10 Un problema en dispositivos sensores de este tipo representa la longitud reducida de interacción con las moléculas de fluido a detectar. Por lo tanto, también se conoce ya incrementar la longitud de interacción efectiva de los dispositivos sensores a través de la aplicación de un micro-resonador en forma de un cristal fotónico, lo que se opone al mismo tiempo al deseado de una fuente de luz externa, por ejemplo un láser. En este caso, o bien una luz emitida desde una fuente de luz externa, por ejemplo un láser es conducida a través del cristal fotónico atravesado por la corriente de fluido (por ejemplo, DE 100 63 151 A1) o el cristal fotónico es concentrado junto con un material activo de láser en un láser, de tal manera que el gas que circula a través del resonador influye directamente en las propiedades del láser o bien en el comportamiento de emisión del láser (por ejemplo, DE 101 19 618 A1). A partir de las modificaciones de las propiedades de emisión se puede deducir el tipo o la concentración del fluido.

15 La sensibilidad de verificación de tales sensores de fluido es considerada, sin embargo, todavía como insuficiente para aplicaciones prácticas, en particular cuando deben utilizarse para la verificación cualitativa o cuantitativa de fluidos especialmente tóxicos o especialmente nocivos por otros motivos.

En el caso de un sensor de fluido, la absorción óptica como magnitud física provoca un debilitamiento de la intensidad de la luz irradiada y con ello una modificación del comportamiento de emisión del láser.

20 A partir del Artículo "Use of the mode competition effect in a Helium – Neon Laser for Measurements of small acoustic vibration amplitudes" (traducción, Izmeritel" naya Tekhnika, Número 9, página 80, Septiembre de 1974, se conoce un dispositivo sensor, en el que se compara entre sí la intensidad de dos modos que concurren entre sí en un láser. Para la determinación de la intensidad de los modos concurrentes se emplea un interferómetro con foto multiplicadores dispuestos a continuación. En el ejemplo de una modificación de la longitud provocada por ondas acústicas del resonador del láser se muestra que ya una modificación insignificante de magnitudes físicas exteriores tiene una repercusión considerable sobre las intensidades de los modos concurrentes, a partir de lo cual resulta una alta sensibilidad del dispositivo sensor. No obstante, la medición óptica realizada es comparativamente costosa y sólo con condiciones se puede miniaturizar.

25 Por lo tanto, el problema técnico de la presente invención consiste en configurar el dispositivo sensor y el procedimiento de los tipos designados al principio de tal forma que a pesar del tipo de construcción miniaturizado, se pueden calcular numerosas magnitudes físicas diferentes y en particular sus modificaciones con una alta sensibilidad y exactitud.

Para la solución de este problema sirven los rasgos característicos de las reivindicaciones 1 y 16.

30 Mientras que hasta ahora, salvo en aplicaciones directas (por ejemplo, soldadura, estañado o taladrado), se ha pretendido siempre accionar un láser en monomodo y suprimir los modos secundarios (por ejemplo, DE 38 36 116 A1), la presente invención tiene el objetivo de aprovechar la competencia de los modos que se produce durante el funcionamiento de un láser con más de un modo. En este caso, se aprovecha el hecho de que el equilibrio de modos comparativamente inestable de un láser accionado en varios modos se perturba en una medida considerable ya a través de modificaciones insignificantes de numerosas magnitudes de influencia, como por ejemplo temperatura, corriente de inyección o condiciones geométricas del resonador. Estas magnitudes de influencia son utilizadas de acuerdo con la invención o bien directamente como las magnitudes físicas a calcular o indirectamente para la medición de magnitudes dependientes como, por ejemplo, longitud, volumen, índice de refracción, campo eléctrico, campo magnético, presión, absorción óptica o similares. Por lo tanto, en principio, el dispositivo sensor de acuerdo con la invención es adecuado para la determinación de todas las magnitudes físicas, que influyen o bien directa o indirectamente en el comportamiento de emisión de un láser o a partir de aquéllas que se pueden derivar de magnitudes que influyen en el comportamiento de emisión.

35 En el caso de una operación láser de varios modos, incluso una influencia extraordinariamente pequeña de la emisión láser, provocada por una magnitud física, conduce a una modificación esencialmente clara de los modos, como se observa para un único modo en el funcionamiento monomodo.

- De acuerdo con la invención, las intensidades de los al menos dos modos concurrentes son calculadas a través de una medición del ruido relativo de la intensidad (relativ intensity noise, RIN). La invención aprovecha el hecho de que a través de ecuaciones de tasas de láser, la dinámica de las densidades portadoras de carga (electrónicas) en la zona activa del láser y las densidades de fotones (fotónicas) en los modos individuales están estrechamente correlacionadas en el resonador, con lo que todos los elementos visibles en el espectro se pueden encontrar de nuevo también en magnitudes electrónicas. De esta manera, es posible sustituir la medición óptica comparativamente cara a través de la medición del ruido relativo de la intensidad, es decir, a través de la medición de una magnitud electrónica, lo que implementa una posibilidad de medición muy económica.
- Otras características ventajosas de la invención se deducen a partir de las siguientes reivindicaciones dependientes.
- 10 A continuación se explica en detalle la invención en combinación con los dibujos adjuntos en ejemplos de realización. En este caso:
- La figura 1 muestra una representación esquemática de un primer dispositivo sensor destinado para la verificación y medición de la concentración de una sustancia química;
- 15 la figura 2 muestra una representación esquemática de la dependencia espectral de las magnitudes de funcionamiento o bien de medición del dispositivo sensor según la figura 1;
- las figuras 3 y 4 muestran representaciones correspondientes a las figuras 1 y 2 para un dispositivo sensor para la medición de una longitud o modificación de la longitud;
- la figura 5 muestra de forma esquemática partes de un dispositivo sensor para la medición de una presión o de una modificación de la presión;
- 20 las figuras 6 a 10 muestran dispositivos sensores para la verificación y para la medición de la concentración de una sustancia química;
- la figura 11 muestra una representación esquemática de la dependencia espectral de las magnitudes de funcionamiento o bien de las magnitudes de medición del dispositivo sensor según la figura 10; y
- 25 las figuras 12 a 24 muestran otros dispositivos sensores para la verificación y para la medición de la concentración de una sustancia química.
- La figura 1 muestra un dispositivo sensor para la verificación de una sustancia química en forma de un fluido para la determinación de la absorción de luz láser. En este caso, se aprovecha el hecho de que se pueden identificar fluidos con la ayuda de sus bandas o bien líneas de absorción características y también se pueden verificar cuantitativamente.
- 30 El dispositivo sensor contiene un láser 1 representado de forma esquemática y realizado con preferencia como láser de cuerpo sólido con un resonador horizontal, delimitado por dos espesor resonadores 2 y 3. Entre los espejos resonadores 2, 3 está dispuesto un medio láser activo 4 del láser 1, en cuyos lados anchos está previsto, respectivamente, una capa de semiconductores 4a, 4b. La reflexividad del espejo resonador 3 es inferior al 100 %, de manera que una parte de la luz 5 intensificada óptimamente en el medio activa 4 y reflejada entre los espejos 2 y 3 sale desde el espejo resonador 3 hacia fuera. La luz que sale desde el espejo resonador 3, indicada a través de una flecha a es introducida, por ejemplo, en un intersticio de entrada 6a de un monocromador 6. Dentro del monocromador 6 se refleja la luz en espejos de desviación 7 y en una rejilla óptica 8, de manera que sale desde un intersticio de salida 6b del monocromador 6. La luz que sale desde el monocromador 6 es alimentada a través de un elemento de desviación 9 hacia un foto detector 10.
- 35
- 40 El medio láser activo 4 está interrumpido o bien atravesado perpendicularmente a un eje horizontal 12 del láser 1 por una cámara de alojamiento 14 del tipo de cuerpo hueco para un fluido, que puede ser, por ejemplo, un gas, un líquido, una mezcla de aire y fluido o una mezcla de un gas portador y un fluido a verificar, posiblemente nocivo para la salud. La cámara de alojamiento 14 presenta en sus lados previstos paralelamente al eje 12, respectivamente, unos orificios de entrada y de salida 15a, 15b para el fluido, mientras que permite el paso de la luz láser 5 en sus lados frontales dispuestos perpendicularmente al eje 12. Para la identificación del fluido, éste es conducido, como se indica de forma simplificada por las flechas b y c, por medio de los orificios 15a, b a través de la cámara de alojamiento 14. En la cámara de alojamiento 14, el fluido interactúa con la luz 5 reflejada en vaivén en el láser 1.
- 45
- Como se indica de forma esquemática en la figura 2, se selecciona un láser o bien un diseño de láser de tal manera que la emisión de luz tiene lugar de forma bimodal y el láser 1 irradia dos modos E1' y E2' según la figura 2(a). En este caso, se selecciona un modo, de manera que se encuentra espectralmente en la zona de una línea de absorción conocida y característica para el fluido a verificar o bien de una banda de absorción A correspondiente con una longitud de onda λ_A según la figura 2(c). Con preferencia, los parámetros de funcionamiento se ajustan en este caso de tal manera que el espectro de modos mostrado en la figura 2(a) emite dos modos E1', E2' dominantes, que
- 50

se encuentran por encima del umbral del láser y, por lo demás, modos laterales claramente más débiles, estando los modos E1', E2', además, en competencia con respecto a la amplificación óptica, es decir, que son concurrentes. Tal modo de funcionamiento, como se ha mencionado al principio, no es deseable, en general, puesto que el láser 1 no funciona allí de forma suficientemente estable y la propia intensidad de los modos más fuertes E1', E2' según la figura 2(a) está la mayoría de las veces claramente por debajo de la intensidad alcanzable en un modo de emisión monomodo.

Puesto que la posición espectral de un modo láser en la zona de varios modos depende de una manera muy sensible de los parámetros de funcionamiento respectivos, la longitud absoluta de ondas de modos solamente se puede predecir teóricamente con dificultad. Por lo tanto, en el caso normal, ninguno de los modos E1', E2' del láser representados en la figura 2 coincidirá enseguida espectralmente con exactitud con la línea de absorción característica A del fluido. No obstante, en general, al menos uno de los modos se puede determinar de tal forma que está espectralmente suficientemente cerca de la línea de absorción A. El láser 1 se puede sintonizar entonces, por ejemplo, a través de la modificación de una corriente de inyección eléctrica, que sirve para la generación de una inversión de la ocupación en la estructura láser de semiconductores, a través de la modificación de la temperatura de trabajo por medio de un sumidero de calor (por ejemplo elemento calefactor o elemento Peltier) o de cualquier otro modo, de tal manera que uno de los dos modos E1' y E2', con preferencia esencialmente de la misma intensidad, cuya diferencia de intensidad es con preferencia sólo algunos dB, coincide espectralmente con la banda de absorción A del fluido. Esto se indica en la figuras 2(a) para el modo E2' desplazado hacia E2m mientras que el modo E1' ha sido desplazado hacia E1. El espectro de emisión obtenido de esta manera con los modos principales E1, E2 y las longitudes de ondas λ_1 y λ_2 correspondientes se indica en la figura 2(a) a través de una línea de trazos. En este caos, la capacidad de sintonización del láser 1, por ejemplo, al mismo tiempo con la ayuda de la corriente de inyección y la temperatura tiene la ventaja de que también las intensidades de los modos E1, E2 obtenidos después de la sintonización se pueden ajustar aproximadamente a valores de la misma magnitud, es decir, que la bimodalidad no se tiene en cuenta ya a través de la sintonización del láser.

El modo de funcionamiento del dispositivo sensor descrito es esencialmente el siguiente:

A través de la excitación óptica de la absorción del fluido, que sirve de base a la banda de absorción A a través de la luz láser de la longitud de onda $\lambda_2 = \lambda_A$ se debilita en el resonador láser la luz de la longitud de onda $\lambda_2 = \lambda_A$ en cada pasada a través del fluido. De esta manera, se reduce la intensidad de la luz necesaria para el proceso láser a través de emisión estimulada para el modo E2 [figura 2(d)], es decir, que se reduce selectivamente a la longitud de onda $\lambda_2 = \lambda_A$. A la longitud de onda $\lambda_2 = \lambda_A$ resulta en la curva característica de la amplificación una cavidad (Dip). El ajuste de la inversión de la ocupación en el medio láser activo 4 no está influenciado esencialmente por ello. Los electrones llevados a un estado energético más elevado para la generación de una inversión de la ocupación están disponibles como anteriormente para una transición a un estado básico energético bajo la emisión de un protón. Puesto que la emisión estimulada excede a la emisión espontánea, los electrones en el estado energético más elevado so excitados por una estimulación del modo E1 no influenciado por procesos de absorción de una manera esencialmente más eficiente hacia una transición al estado básico bajo la emisión de un protón de la longitud de ondas λ_1 . De esta manera, se observan una elevación de la intensidad del modo E1 y una reducción de la intensidad del modo E2 [figura 2(e)]. Con otras palabras, la disminución extraordinariamente reducida de la intensificación efectiva [Figura 2(d)] provoca exactamente en la posición espectral de la línea de absorción A (foco espectral) drásticamente una diferencia correspondiente de la intensidad de los dos modos.

El espectro de emisión del láser 1 de acuerdo con el estado de la técnica es registrado con la ayuda del monocromador 6 (figura 1) y del fotodetector 10. Entonces se determina, por ejemplo, la diferencia ΔI de los máximos de la intensidad determinados espectroscópicamente de los dos modos E1 y E2. A partir de esta diferencia ΔI se puede determinar con la ayuda de una calibración realizada previamente para el fluido también la concentración del fluido. Una calibración de este tipo se puede realizar, por ejemplo, generando concentraciones de fluido conocidas en la cámara de alojamiento 14 y luego determinando las diferencias ΔI correspondientes de los máximos de la intensidad de los dos modos E1 y E2. Para esta finalidad puede ser conveniente cerrar los orificios de entrada y de salida 15a, 15b con tapas, para introducir durante la calibración en cada caso exactamente cantidades de fluido exactamente predeterminadas en la cámara de alojamiento 14.

Como se deduce a partir de la figura 2(e), no sólo se reduce la intensidad del modo de emisión E2 en comparación con su intensidad sin la presencia del fluido, sino que se incrementa al mismo tiempo también la intensidad del modo E1 con relación a su intensidad sin la presencia del fluido. Las modificaciones relativas de la intensidad ΔI resultantes de los dos modos E1 y E2 conducen a una señal de medición fuerte. Puesto que los dos modos E1 y E2 están en competencia entre sí, especialmente la modificación de la intensidad del modo E1 no influenciado directamente puede ser mucho más fuerte que la intensidad del modo E2 influenciado a través de absorción. A partir de la representación logarítmica de la figura 2(e) se deduce claramente que aquí se pueden observar modificaciones de la intensidad hasta órdenes de magnitud. De esta manera se obtiene una alta sensibilidad y exactitud tanto desde el aspecto cualitativo como también desde el aspecto cuantitativo.

Si la cantidad del fluido conducido a través del resonador de láser es suficiente para modificar el número de

refracción o bien el índice de refracción en el resonador y, por lo tanto su longitud óptica, se obtiene además de la modificación de las intensidades relativas de los dos modos E1, E2, también un desplazamiento espectral irregular de los dos modos E1 y E2, que puede conducir de manera similar a la figura 2(a), a la modificación de su distancia espectral original $\Delta\lambda$.

- 5 La invención se basa en un láser, cuya competencia modal está influenciada de una manera muy sensible por la magnitud física a detectar (absorción del fluido), siendo determinada la señal del sensor a partir del ruido relativo de la intensidad.

10 Puesto que a través de las ecuaciones de las tasas de láser, la dinámica de las densidades portadoras de carga (electrónicas) en la zona activa del láser y las densidades de fotones (fotónicas) en los modos individuales están estrechamente correlacionadas en el resonador, todos los elementos visibles en el espectro se pueden encontrar de nuevo también en magnitudes eléctricas. Esto posibilita sustituir la medición óptica comparativamente cara, explicada con la ayuda de la figura 1, por la medición de una magnitud electrónica, a saber, los ruidos relativos de la intensidad. A través de la correlación de las densidades portadoras de carga y de las densidades de fotones se puede extraer a partir del ruido, de la misma manera después de la calibración precedente, la misma información, es decir, que se puede "medir" también aquí una concentración de moléculas correspondiente, lo que implementa una posibilidad de medición muy económica.

15 Las modificaciones de los dos modos obtenidas a través del fluido se calculan en este caso, por ejemplo, a través de medición del ruido relativo de la intensidad (relative intensity noise, RIN). El ruido relativo de la intensidad describe la fluctuación de las amplitudes de un campo óptico y se indica a través del cociente de la fluctuación media cuadrática de la intensidad de la densidad espectral y de la potencia óptica media. De acuerdo con la invención, la magnitud física a medir en el espectro provoca una modificación de al menos dos modos. Con una modificación de este tipo va unida también una modificación de la señal RIN. Cuanto más fuertemente se desvía la señal óptica de los dos modos entre sí, tanto más reducida es la señal RIN del láser. Se sabe que el ruido relativo de la intensidad se reduce en el caso de una transición desde un funcionamiento multimodo de un láser de semiconductores a un funcionamiento monomodo (por ejemplo, DE 38 36 116 A1). Si la influencia de la magnitud física conduce a que la señal de uno de los dos modos corresponda aproximadamente a la señal de fondo, es decir, que ha tenido lugar una transición a un funcionamiento láser casi monomodal, la reducción de la señal RIN es clara y la medición es especialmente sencilla. La señal RIN se obtiene utilizando un fotodetector y un filtro de pasabanda eléctrico, por ejemplo como señal de la tensión.

20 La corriente de inyección en una estructura láser hecha a medida se puede seleccionar, además, para que un modo de un láser esté en competencia entre dos estados de polarización (por ejemplo, entre TE y TM). En este caso, las porciones de polarización TE y de polarización TM son casi iguales. En muchos láseres estas dos porciones se diferencian, además, todavía espectralmente. Éste es otro ejemplo de una competencia entre dos componentes espectrales, que están designadas, en general, como modos para mayor claridad en el marco de la presente invención. En este caso, son concebibles las siguientes combinaciones de modos indicadas a modo de ejemplo: dos modos TE longitudinales, dos modos-TE transversales, dos modos TM, dos modos TM transversales o longitudinales o, respectivamente, un modo-TE longitudinal y un modo-TM longitudinal.

25 En un ejemplo de realización especialmente económico del dispositivo sensor, se utiliza el comportamiento biestable de los dos modos para detectar un valor umbral (que corresponde, por ejemplo, a una degeneración de los modos) o bien un llamado umbral de concentración (por ejemplo, umbral límite de toxicidad de una molécula tóxica). A este respecto serían concebibles los dos casos siguientes: (a) el fluido contiene las moléculas tóxicas en concentración muy reducida por debajo del valor límite de la toxicidad y una instalación de alarma conectada en el dispositivo sensor no emite ninguna señal de alarma; (b) el fluido contiene las moléculas tóxicas en concentración elevada por encima del valor límite de toxicidad y la instalación de alarma emite una señal de alarma. El valor límite se puede ajustar con mucha precisión.

30 En un desarrollo del dispositivo sensor descrito con la ayuda de la figura 1, se pueden verificar también una pluralidad de fluidos juntos junto a los otros a través de la determinación de la magnitud física "absorción óptica". A tal fin, se acciona el láser 1 de tal manera que emite más de dos modos, es decir, una pluralidad de número entero "k" de modos. En "k" mediciones diferentes se puede sintonizar un modo láser a una línea de absorción característica de uno de la pluralidad "k" de fluidos. Un fluido es verificado entonces en cada caso a través del incremento de la intensidad de los modos que no coinciden espectralmente con la banda de absorción del fluido. También es posible de una manera alternativa sintonizar al mismo tiempo, con la excepción de un modo de referencia, todos los otros "k-1" modos del láser modal-k 1, de tal manera que coincidan espectralmente con "k-1" bandas de absorción diferentes de hasta "k-1" fluidos diferentes. La verificación de los fluidos presentes será posible entonces cualitativamente a través de una disminución de las intensidades de los "k-1" modos o bien a través de una desaparición de los "k-1" modos y una elevación simultánea de la intensidad del modo de referencia. Una determinación cualitativa de los fluidos podría realizarse a partir de las modificaciones de la intensidad a través de una comparación con mediciones comparativas realizadas al mismo tiempo en cantidades de fluidos conocidas. De esta manera, con un dispositivo sensor se pueden verificar una pluralidad de fluidos. La ventaja reside aquí en la

selectividad grande.

El dispositivo sensor representado en la figura 1 se puede emplear de una manera alternativa también como sensor de corriente, como se indica de forma muy esquemática en la figura 1.

5 A tal fin, se alimenta una corriente a medir en una conexión de medición 17 de un circuito de corriente de inyección 18 representado de forma muy simplificada, que presenta elementos de alimentación eléctrica y de control 19, 20 para el láser 1. Con la ayuda de una calibración realizada previamente del espectro de modos del láser 1 accionado de forma bimodal se puede determinar la corriente aplicada en la conexión de medición 17 o bien la modificación de la corriente que fluye en el circuito 18. Esta medición de la corriente se puede realizar, prescindiendo de una conversión de la señal de medición, naturalmente sólo en una zona de intensidad de la corriente, en la que se encuentra también la corriente de inyección necesaria para el funcionamiento del láser de semiconductores. No obstante, existe una ventaja en que la corriente se puede medir con una gran exactitud de hasta décimas de un nano-amperio.

15 La medición de la corriente se basa en que una modificación de la corriente de inyección para el láser 1 a través de una modificación de la distribución de los portadores de carga provoca también una modificación de la amplificación del material del medio láser 4. La modificación de la amplificación del material, en particular una modificación espectral de la amplificación del material tiene como consecuencia una modificación dirigida de los dos modos. A partir de una comparación de las intensidades de las señales de los dos modos se puede determinar también cuantitativamente la intensidad de la corriente con la ayuda de una curva de calibración. En oposición a la verificación de un fluido, la corriente de medición es aquí la magnitud física, que influye en el comportamiento de emisión del láser 1 y de esta manera se puede medir.

La figura 3 muestra un dispositivo sensor, que equivale en gran medida al dispositivo sensor según la figura 1, por lo que para las mismas partes se utilizan los mismos signos de referencia. En oposición a la figura 1, la magnitud física, que influye en el comportamiento de emisión del láser 1, es aquí la longitud, por lo que el dispositivo según la figura 3 se diferencia especialmente en dos aspectos del dispositivo según la figura 1.

25 Una primera diferencia consiste en que falta la cámara de alojamiento 14 para el fluido. En la figura 3 se representa, por lo tanto, el medio láser activo 4 sin interrupción, es decir, de forma continua.

Otra diferencia esencial con respecto a la figura 1 consiste en que el dispositivo sensor de acuerdo con la figura 3 sirve para la medición de una longitud. Con esta finalidad, por ejemplo, el espesor resonador 3 está fijado inmóvil, es decir, fijamente en un componente estacionario, mientras que el espejo resonador 2 está alojado de forma desplazable con medios no representados en detalle en la dirección de una flecha doble \underline{d} . En este caso, en un lado exterior 2a del espejo resonador 2 está colocado fijamente un elemento de medición 22, por ejemplo en forma de barra, que presenta una superficie frontal 2a alejada del espejo resonador 2, que se utiliza como referencia para la medición de la longitud o bien de la modificación de la longitud y a tal fin se posiciona en una posición de partida. La medición de la longitud se realiza por medio de una consideración de las modificaciones, que resultan en la emisión del láser en virtud de un desplazamiento del elemento de medición 22 y, por lo tanto, también del espejo resonador 2 en la dirección de la doble flecha \underline{d} . Como en el caso de la figura 1, el láser 1 es accionado en este caso en modo doble. La luz emitida (flecha \underline{a}) se desintegra espectralmente por medio de la rejilla 8 y se desvía sobre el fotodetector 10, para registrar su intensidad espectral. En este caso, se toma la disposición de que en el estado no desplazado del elemento de medición 22 resulta un espectro de intensidad / longitudes de ondas según la figura 4, que presenta de una manera similar a la figura 2 dos modos principales E2 y E4 con longitudes de ondas λ_3 y λ_4 que son irradiadas con la misma intensidad.

La medición de una longitud presupone para la finalidad de la invención un desplazamiento correspondiente del elemento de medición 22 o bien del espejo resonador 2 en la medida de un trayecto Δx en la dirección del eje 12, como se representa de forma muy ampliada en la figura 3. En realidad, la medida Δx es, por ejemplo, solamente algunos nanómetros o incluso Fentómetros o Attómetros. Debido al espejo resonador 3 dispuesto de forma desplazable, esto tiene como consecuencia una reducción correspondiente de la longitud geométrica del resonador en la medida Δx . Puesto que el láser 1 es accionado de forma bimodal, adoptando ambos modos prácticamente un estado biestable, una modificación ya extraordinariamente reducida de la geometría del resonador conduce a una modificación clara de la emisión de modos. En la figura 4(b) se muestra un espectro de intensidad / longitudes de onda de la emisión láser registrado después de la reducción del resonador en la magnitud Δx . Los modos E3 y E4 irradiados al principio esencialmente con la misma intensidad han sido transferidos a través de la modificación de la longitud Δx del resonador a dos modos E3', E4', cuyos máximos de intensidad están en longitudes de ondas $\lambda_{3'}$ y $\lambda_{4'}$ y cuyas posiciones espectrales absolutas están desplazadas, respectivamente, de manera que su distancia espectral $\Delta \lambda'$ se puede haber modificado en comparación con la distancia $\Delta \lambda$ de los máximos de la intensidad de los modos de partida E3 y E4. En particular, como se muestra en la figura 4(b), se puede observar una modificación clara de las curvas de la intensidad de los dos modos E3, E3' o bien E4, E4', por lo que la magnitud ΔI medida posibilita también aquí una indicación sensible de la longitud o bien de la modificación de la longitud.

Si en el caso particular la medida Δl es más adecuada que la medida $\Delta \lambda$ para la medición de la longitud, debe evaluarse con la ayuda del caso individual. Para la medición de la longitud absoluta sería conveniente, además, registrar una curva de calibración, asociado las medidas Δl y $\Delta \lambda$ a modificaciones conocidas, medidas con otros medios (por ejemplo, un interferómetro láser) de la longitud del resonador.

5 De manera alternativa, el dispositivo sensor según la figura 3 se puede emplear también como sensor para la determinación de la temperatura como magnitud física. En este caso, se pone un objeto, cuya temperatura debe determinarse, por ejemplo en contacto térmico con un cuerpo 23 buen conductor de calor, dispuesto de forma desplazable, que se indica con línea de trazos en la figura 3 y que está conectado fijamente con la superficie frontal 22a del elemento de medición 22. Una dilatación o contracción térmica provocada de esta manera del elemento de medición 22 conduce a un desplazamiento del espejo resonador 2, a no ser que se procure con medios no representados que el cuerpo 23 propiamente dicho se pueda dilatar en este caso solamente en la dirección del espejo resonador 3. Un desplazamiento del espejo resonador 2 bajo la influencia de modificaciones de la temperatura conduce de una manera similar a la medición de la longitud a una modificación de las propiedades de los modos, de manera que su medición se puede utilizar como medida para la temperatura.

15 Como otra magnitud física puede servir la presión. A tal fin se puede utilizar, por ejemplo, un láser 25 representado de forma esquemática en la figura 5, que está configurado como láser de diodos de heteroestructura doble. Por lo demás, el dispositivo corresponde en gran medida al dispositivo según las figuras 1 y 3, por lo que las partes iguales están provistas de nuevo con los mismos signos de referencia y solamente se representan las partes del láser 25 que son necesarias para la comprensión de la invención. El láser 25 está constituido como un cuerpo de capas compuesto por diferentes capas de semiconductores 25a a 25e, siendo una capa central 25c activa para láser y estando dos capas frontales del cuerpo de capas hendidas cristalográficamente, bonificadas óptimamente con capas múltiples o pulidas óptimamente y de esta manera están configuradas como espejos resonadores 25f, 25g. A través del dimensionado adecuado de la estructura de capas y de la geometría de contacto del láser 25 así como a través de una corriente de inyección adecuada para la generación de una inversión de la ocupación se procura que el láser 25 emita de acuerdo con la invención al menos dos modos ópticos. Éstos son desacoplados de esta manera del láser 25 (flecha a) y son investigados como se ha explicado en detalle anteriormente con la ayuda de las figuras 1 y 3.

30 Si se ejerce sobre los lados anchos del láser 25 o bien sobre su estructura fina del tipo de membrana una presión en la dirección de las flechas p1, p2, entonces se deforma el láser 25 a lo largo de líneas de deformación indicadas de forma muy esquemática y con trazos. Esta modificación de la geometría del láser influye en la emisión del láser de una manera similar a las figuras 2 y 4, de manera que aquí a partir de una comparación de las modificaciones de los al menos dos modos se puede deducir cualitativamente o bien después de una calibración también cuantitativamente la presión como magnitud física. De manera alternativa, en una configuración correspondiente del láser 25 sería concebible también convertir presiones que actúan en la dirección del eje 12 en una modificación de la distancia de los espejos resonadores 25f, 25g, siendo configurados éstos, por ejemplo, como membranas finas, flexible, empotradas en el borde, y determinar la presión de una manera de una forma similar a la temperatura en la figura 3 indirectamente a través de una modificación correspondiente de la longitud.

40 A continuación se explican con la ayuda de las figuras 6 a 24 otros ejemplos de realización del dispositivo sensor de acuerdo con la invención. Puesto que estos ejemplos de realización solamente se diferencian de los ejemplos de realización según las figuras 1 a 5 esencialmente por detalles del láser o bien de la estructura de un componente del láser dispuesto entre dos espejos resonadores, pero no por su funcionamiento bimodal o polimodal, a continuación solamente se explican en detalle los componentes diferentes del láser, Por lo demás la descripción se limita, para evitar repeticiones, al caso de la verificación de un fluido con la ayuda de la absorción espectral como magnitud física.

45 Las figuras 6 a 9 muestran componentes láser conocidos en sí con resonadores horizontales (por ejemplo "A micromachined in-plane turnable optical filter using a thermo-optic effect of crystalline silicon" de S. S. Yun y J. H. Lee publicado en J. Micromechanics and microengineering", 13, 1-5 (2003).

50 De acuerdo con la figura 6, al láser 1 está asociado adicionalmente un sumidero de calor 27 en forma de un elemento Peltier, sobre el que está montado el componente de láser con sus espejos resonadores 2, 3, que están constituidos, por ejemplo, de capas de bonificación vaporizadas. El medio láser activo 4 está interrumpido de acuerdo con la invención y de una manera similar a la figura 1 a lo largo del eje horizontal 12 bajo la formación de una cámara de alojamiento de fluido 28, que se extiende hacia abajo hasta el sumidero de calor 27. Además, el láser 1 presenta elementos de guía 29 dispuestos o bien configurados en forma de embudo, que dirigen el fluido en la dirección de la cámara de alojamiento 28 y son especialmente convenientes en el caso de un fluido en forma de un líquido.

55 La figura 7 muestra de manera similar a la figura 6 un dispositivo sensor, en el que una cámara de alojamiento 30 realizada en forma de ranura para el fluido está atravesada sólo parcialmente por el medio láser activo 4. Por encima del medio activo de láser 4, es decir, sobre el lado alejado del sumidero de calor 27, el espacio de alojamiento 30

está delimitado lateralmente por dos capas 31, 32, en las que está configurada en cada caso una estructura espacialmente periódica, que sirve para el reacoplamiento distribuido espacialmente (distributed feedback, DFB), en forma de una llamada rejilla DFB 33.

5 Los láseres 1 mostrados en las figuras 6 y 7 pueden ser de acuerdo con la invención también componentes de un dispositivo sensor previsto para la medición de la temperatura. Si debe determinarse, por ejemplo, la temperatura de un objeto de investigación (no mostrado), se pone el sumidero de calor 27 en un contacto térmico bueno con el objeto de investigación. De acuerdo con el calor transmitido desde el objeto de investigación sobre el sumidero de calor 27 se consigue una modificación insignificante de la distancia del espejo resonador 2, 3, lo que conduce de una manera similar a la descripción anterior a una modificación del espectro de emisión del láser 1.

10 En la forma de realización del láser 1 representada en la figura 8 están previstas una pluralidad de cavidades 34, que forman conjuntamente una cámara de alojamiento para un fluido. De esta manera se interrumpe varias veces el medio activo 4 del láser. En el ejemplo de realización según la figura 8, unas secciones presentes entre las cavidades 34 forman, además, una rejilla DFB 35, que presenta un contraste de alto índice de refracción y, por lo tanto, un coeficiente de acoplamiento grande. Sobre una sección 4a no interrumpida del medio láser activo 4 está prevista una rejilla DFB 36 con un coeficiente de acoplamiento reducido.

Como muestra una comparación de las figuras 6 a 8, las cámaras de alojamiento 28, 30 y 34 respectivas pueden estar configuradas, en principio, de forma discrecional y pueden estar dispuestas en la trayectoria de la luz. Además, puede faltar totalmente la rejilla DFB 35 (figura 6) o puede estar dispuesta opcionalmente sólo en un lado o en ambos lados de la cámara de alojamiento 30 (figura 7).

20 Un láser empleado en un dispositivo sensor de acuerdo con la invención se puede formar también a partir de varios elementos. Un láser 37 de este tipo contiene, por ejemplo según la figura 9, un llamado componente láser Fabry-Pérot 38, configurado de acuerdo con la figura 3, con un material láser activo 39 y una fibra 40 dispuesta coaxial al mismo, que están dispuestos ambos uno detrás de otro a lo largo de un eje 41, a lo largo del cual se realiza la emisión láser. El componente láser 38 está provisto en un lado frontal con una capa de bonificación altamente reflectante (HR = alta reflexividad) y que forma un espejo resonador 42, mientras que un lado frontal opuesto presenta una capa de bonificación 43 con baja reflexividad (AR = antirreflexión). Un resonador 44 del láser 37 se forma aquí, por una parte, a través del espejo resonador 42 y, por otra parte, a través de un espejo resonador 45 en forma de una rejilla de fibras prevista en la fibra 40. Los circuitos luminosos se indican de forma simplificada por medio de flecha e. Una cámara de alojamiento 46 para el fluido se encuentra entre el componente láser 38 y una superficie frontal 47 siguiente a lo largo del eje 41 de la fibra 40 formada esencialmente a partir de un núcleo de fibras 48. Desde la superficie frontal 47 hasta el extremo opuesto, el núcleo de fibras 48 está rodeado por una envolvente de fibras 49. La luz a emitida por el láser es alimentada de manera similar a la figura 1 a un dispositivo de medición no mostrado.

35 Las figuras 10(a) a 10(c) muestran las partes esenciales de un láser 51 con un resonador vertical (VCSEL = láser emisor de superficie de cavidad vertical). La estructura básica de un láser 51 de este tipo, que emite luz hacia arriba (vertical) en la dirección de las flechas f, es conocida [por ejemplo, "Ultra low biased widely continuously tunable Fabry-Pérot Filter" de S. Irmer, J. Daleiden, V. Rangelov, C. Prot., F. Römer, M. Strossner, A. Tarraf, H. Hillmer en Phot. Technol. Lett. 15, 434 (2003)]. El láser 51 contiene un sumidero de calor 52, sobre el que está montado un componente, que presenta dos espejos resonadores 53 y 54 en forma de espejos DBR = reflector Bragg distribuido) y una cavidad 55 dispuesta entre éstos, en la que está dispuesto un medio láser activo 56. Los espejos DBR o bien espejos resonadores 53, 54 están constituidos como cuerpos de capas con secuencias de capas, de las cuales se representan tres variantes a modo de ejemplo en las figuras 10(a) a 10(c). Según la figura 10(a), ambos espejos resonadores 53, 54 contienen diferentes capas alternas de cuerpos sólidos 57 y 58. En el ejemplo de realización según la figura 10(b), el espejo resonador 54 contiene las capas de cuerpos sólidos 57a y 57b dispuestas alternando, mientras que el espejo resonador 53 presenta alternando capas de cuerpos sólidos 58a y capas de aire 58b. Por último, de acuerdo con la figura 10(c), ambos espejos resonadores 53, 54 contienen alternando capas de cuerpos sólidos 59a y capas de aire 59b. Las capas de aire 58b y 59b abiertas lateralmente sirven en este caso como cámaras de alojamiento, que son atravesadas en la dirección de las flechas g por la corriente de fluido a verificar, que puede entrar también en una cavidad 60 remanente entre el medio láser 56 y el espejo resonador 53.

50 Un fluido en forma de gas puede circular en este caso por todos los lados alrededor y a través del componente. En el caso de un líquido, se utilizan con preferencia los elementos de guía 29 descritos con la ayuda de la figura 6 [por ejemplo, figura 10(b)], que dirigen la corriente de líquido a modo de embudo sobre las cavidades respectivas.

De acuerdo con la invención, el láser 51 se puede utilizar para la determinación de un fluido, siendo conducido este fluido en la dirección de las flechas g y transversalmente a las flechas f o bien de acuerdo con la figura 10(a) a través de la cavidad 60, según la figura 10(b) a través de ésta y a través de las capas de aire 58b del espejo resonador 53 o según la figura 10(c) a través de la cavidad 60 y a través de las capas de aire 58b, 59b de ambos espejos resonadores 53, 54. Estas partes de la cavidad 55 o bien las capas de aire 58b, 59aa y 59b sustituyen en este caso a las cavidades 14, 28, 30, 34 y 46 previstas con la ayuda de las figuras 1 y 6 a 9. En este caso, el ejemplo de realización según la figura 10(c) se considera actualmente como el más adecuado para los fines de la invención,

porque el fluido puede penetrar aquí en numerosas cavidades del láser 51, a partir de lo cual resulta una alta sensibilidad.

La verificación de un fluido de acuerdo con la invención utilizando el láser 51 según la figura 10 se realiza, por ejemplo, de manera correspondiente a la figura 11. La figura 11 muestra en la parte superior un espectro ejemplar de modos del medio láser activo 56 y en la parte inferior un espectro de reflexión de los espejos resonadores 53 y 54. A través del alto contraste del índice de refracción de las capas individuales 57, 58 y 59 que constituyen los espejos resonadores 53, 54, una banda de tope SB está muy dilatada espectralmente. A través de la selección de la longitud de la cavidad 55 en la dirección de las flechas f en la figura 10 se establecen los modos láser de manera que exactamente dos modos se colocan en la zona de la máxima reflexividad, es decir, en la banda de tope SB, como se indica a través de las líneas de trazos en la figura 11. De esta manera se obtiene un láser emisor bimodal, como en los otros ejemplos de realización. Uno de estos dos modos se lleva de acuerdo con la invención y de manera similar a la figura 2 espectralmente sobre una banda o línea de absorción de un fluido a verificar que circula a través del láser 51. Por lo demás, se procede de la manera que se ha descrito con la ayuda de la figura 2.

En el ejemplo de realización según la figura 12, un láser 61 presenta de una manera similar a la figura 1 un resonador horizontal no representado en detalle, desde el que se emite luz a lo largo de un eje 62 en la dirección de la flecha a . En el eje 62 está dispuesto un medio láser activo 63. A ambos lados del mismo están previstas unas cavidades dispuestas paralelamente al eje 62 y que sirven como cámaras de alojamiento 64 para un fluido, en cuyas cavidades se conectan dos secuencias de capas exteriores, que están configuradas alternando por capas de cuerpos sólidos 65 del tipo de membrana y capas de aire 66, de tal manera que en la dirección del eje 62 resulta una curva de la intensidad 67 indicada de forma esquemática para los modos. Las capas de cuerpos sólidos 65 están distanciadas por cuerpos de retención 68, que posibilita conducir, por una parte, el gas a investigar a través de la cámara de alojamiento 64 y, por otra parte, apoyar todo el componente sobre un sustrato o bien un sumidero de calor 69.

El ejemplo de realización según la figura 13 se diferencia del ejemplo de realización según la figura 12 solamente porque las estructuras de membranas múltiples que contienen una pluralidad de capas 65, 66, están sustituidas por dos capas externas de material 70, que poseen un índice de refracción más reducido que el medio láser activo 63. La fijación de las membranas en parte en suspensión libre en el sumidero de calor 69 se realiza con bloques de retención no designados en particular.

La luz es guiada horizontalmente, como muestra la curva de la intensidad 67, en ambos ejemplos de realización, extendiéndose los modos de luz en cada caso también sobre la cámara de alojamiento 64 atravesada por la corriente de líquido.

En una variante mostrada en la figura 14, los modos de un láser 71 son guiados en un resonador de guías de ondas horizontal. Adyacente a una capa de un medio láser activo 27 se encuentran a ambos lados dos capas 73 y 74 diferentes, que presentan ambas un índice de refracción más reducido que el medio láser activo 72. Una capa interior 73 está montada en un sustrato 75 (por ejemplo, un sumidero de calor), mientras que la otra capa exterior 74 está realizada de tal forma que puede absorber componente del fluido a verificar, como se indica por medio de las flechas j . La concentración del fluido en la capa exterior 74, que forma aquí la cámara de alojamiento para el fluido, es en este caso, sin embargo, tan reducida que no se modifica el índice de refracción. Los componentes del fluido pueden ser, por ejemplo, partículas que penetran por difusión o aglomerados de moléculas de un gas. El fluido o bien los componentes del mismo que han penetrado en la capa 74 influyen, de manera similar a la descripción anterior, en los modos láser guiados en el resonador de guías de ondas. Con la ayuda de las modificaciones que resultan de ello del comportamiento de emisión del láser 71 se puede verificar el fluido.

De acuerdo con otro ejemplo de realización mostrado en las figuras 15 y 16 con la ayuda de una sección longitudinal y de una vista en planta superior, el resonador de un láser 80 está configurado como reflector DBR con una estructura nervada habitual, que contiene una pluralidad de nervaduras 81, que se distancian verticalmente des un componente 83 dispuesto sobre un sumidero de calor 82 que están distanciadas en la dirección de la emisión láser a por medio de cavidades 84. Cada nervadura 81 contiene una parte de un medio activo láser 85. Las cavidades 84 están abiertas al menos hacia un lado y/o hacia arriba y forman de esta manera al mismo tiempo una cámara de alojamiento para un fluido.

En otro ejemplo de realización de la invención mostrado en la figura 17, un láser 86 contiene dos espejos resonadores 87, 88 en forma de cristales fotónicos, que presentan en cada caso una pluralidad de columnas 89 dispuestas regularmente. Cada columna 89 contiene en cada caso una parte de un medio activo láser no representado en particular. En este caso, las columnas 89 están dispuestas en series paralelas de manera que la luz láser es irradiada, como en el ejemplo de realización según la figura 1, en la dirección de la flecha a (dirección-x). Un fluido a verificar es conducido a una cámara de alojamiento, que está formada por cavidades 90 que permanecen libres entre las columnas 89. En este caso, la figura 17 muestra una vista en planta superior correspondiente a la figura 16, de manera que una sección longitudinal a través de las columnas 89 corresponde con la figura 15.

El ejemplo de realización de un láser 91 según la figura 18 se diferencia del mostrado en la figura 17 porque el resonador del láser 91 está formado por un cristal fotónico 92 con una pluralidad de columnas 93, que están dispuestas en series, que parten esencialmente radiales desde un centro común. Por lo tanto, la irradiación de la luz láser tiene lugar aquí radialmente en la dirección de una pluralidad de flechas h, que se encuentran en un plano-zx imaginario como es habitual. Las cavidades 94 que permanecen libres entre las columnas 93 forman una cámara de alojamiento para un fluido. A través de una disposición de la rejilla realizada modificada de forma correspondiente es posible también una emisión perpendicularmente al plano de la figura.

Mientras que en los ejemplos de realización según las figuras 15 a 18, la cámara de alojamiento formada a partir de las cavidades 84, 90 o bien 94 para el fluido son en cada caso comparativamente grandes y el espacio ocupado por el medio láser activo (por ejemplo, 85) es comparativamente pequeño, la disposición en ejemplos de realización correspondientes, representados en las figuras 19 a 22 a través de una estructura inversa es, respectivamente, a la inversa. En lugar de las nervaduras o bien columnas 81 o bien 89, 93, aquí están previstos unos taladros 96, 97 o bien 98 en forma de tubos configurados en cada caso en el componente 83 o bien en los cristales fotónicos como cámaras de alojamiento del fluido. Como se muestra en las figuras 19 y 20, de esta manera se incrementa el espacio para el medio láser 85 que se puede introducir en las zonas remanentes del componente 83, mientras que al mismo tiempo se reduce en una medida correspondiente el espacio ocupado por los taladros 96 para el fluido. Lo mismo se aplica para los ejemplos de realización de acuerdo con las figuras 21 y 22. Por lo demás, los ejemplos de realización de acuerdo con las figuras 19 a 22 corresponden a los mostrados en las figuras 15 a 18.

Las figuras 23 y 24 muestran, por último, en cada caso un láser 1202 y 103, respectivamente, con cristales fotónicos 104 y 105, en los que están previstas series defectuosas 106 y 107, respectivamente, que presentan con un dimensionado adecuado unas propiedades de guías de ondas. De acuerdo con la figura 23, las series defectuosas 106 están formadas por secciones defectuosas 108, que contienen la capa activa láser. Entre las secciones defectuosas 108 o bien las series defectuosas 106 está prevista una cámara de alojamiento 109 para un fluido. En el caso de la figura 24, las series defectuosas 107 están formadas por taladros 110 en forma de tubos en el cristal fotónico 105, que forman una cámara de alojamiento para un fluido. El medio láser activo se encuentra aquí en las series defectuosas 107 o bien en las capas de material del cristal fotónico 105 que rodean los taladros 110. La luz láser es irradiada paralelamente a las series defectuosas 106, 107 (flecha a), puesto que se ha tomado la disposición de que existan resonadores horizontales.

La invención no está limitada a las formas de realización descritas y representadas en los dibujos que se acompañan, que se pueden modificar de múltiples maneras. Así, por ejemplo, la invención prevé también la medición de una modificación del volumen a través de la traslación a una modificación de la longitud correspondiente a ésta. De la misma manera, la invención comprende la medición de una energía térmica o bien su modificación así como una medición de un flujo de energía térmica o bien sus modificaciones. A tal fin, las magnitudes son detectadas como se ha descrito en cada caso a través de las repercusiones que ellas o bien sus modificaciones tienen sobre los al menos dos modos irradiados o bien sobre el comportamiento de emisión del láser. De una manera correspondiente, se pueden detectar índices de refracción óptica de componentes empleados en el láser de los dispositivos sensores de acuerdo con la invención o sus dependencias de la temperatura, del campo eléctrico y magnético o de una intensidad de la radiación o similares y son determinados a través de una determinación de la diferencia de los máximos de intensidad de los modos emitidos por los láseres. De esta manera, se pueden construir sensores altamente sensibles para campos magnéticos, campos eléctricos, modificación de la energía térmica y radiación electromagnética. También sería posible configurar los dispositivos sensores de tal manera que se puedan detectar como magnitudes físicas la longitud, la presión y la absorción a través de un fluido en un único dispositivo de forma individual o en combinación.

Además, en lugar de las estructuras de rejilla de primer orden mostradas en los resonadores horizontales, que provocan una emisión de luz horizontal (flecha a), se pueden utilizar también rejillas de orden más elevado (por ejemplo, de segundo orden). De esta manera, se irradia luz verticalmente, es decir, en dirección-y (por ejemplo la flecha f en la figura 10). Esto es muy ventajoso especialmente cuando la verificación de un fluido tiene lugar a través de una medición y evaluación ópticas.

Como láser se contemplan para los fines de la presente invención especialmente láser de semiconductores, como láser de diodos de heteroestructura de III-V-semiconductores, Quantum Well-Laser, II-VI-láser de diodos, láser de cuerpo sólido como por ejemplo láser Nd:YAG o láser de fibras. Especialmente preferidos son láseres, que posibilitan una estructura miniaturizada del dispositivo sensor de acuerdo con la invención.

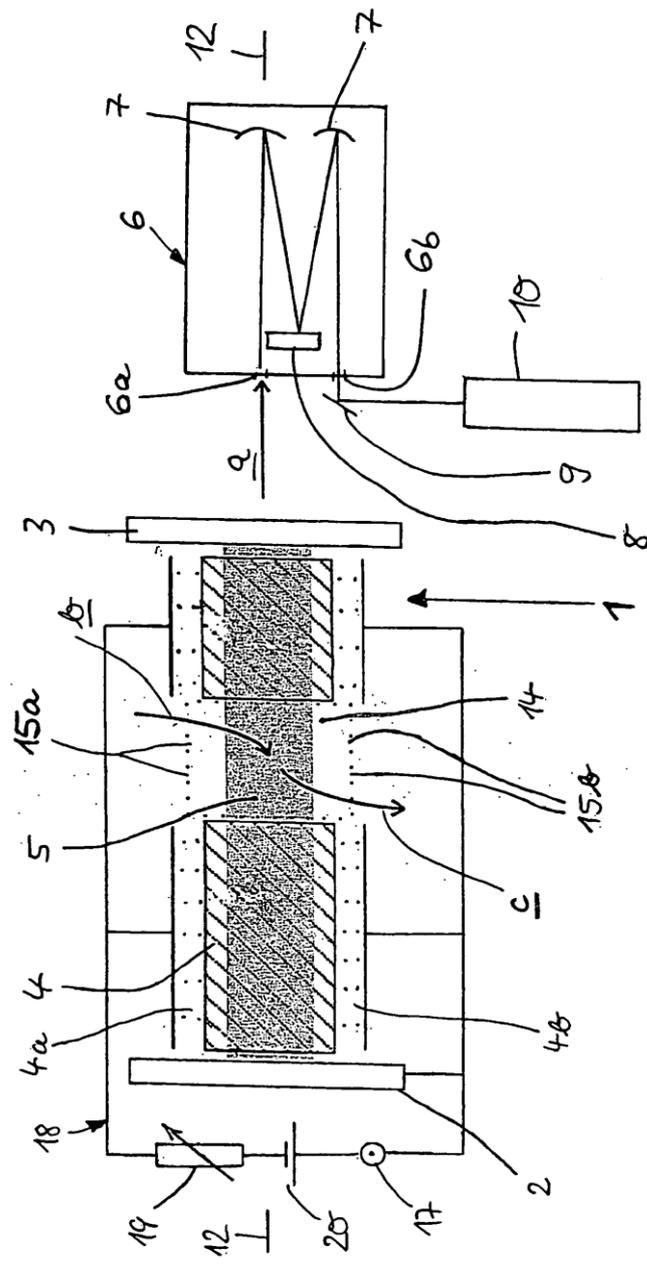
Por último, se entiende que las diferentes características se pueden aplicar también en otras combinaciones que las descritas y representadas en los dibujos.

REIVINDICACIONES

- 1.- Dispositivo sensor para la determinación de una magnitud física con un láser (1, 25, 37, 51, 61, 71, 80, 86, 91, 102, 103), cuyo comportamiento de emisión puede ser influenciado a través de la magnitud física, en el que el láser (1, 25, 37, 51, 61, 71, 80, 86, 91, 102, 103) está instalado para la emisión de al menos dos modos concurrentes y que se encuentran por encima del umbral del láser (E1, E2, E1', E2', E3, E4) y el dispositivo sensor está diseñado para la determinación de la magnitud física a través de una comparación de las modificaciones de las intensidades, que resultan bajo la influencia de la magnitud física, de los al menos dos modos (E1, E2, E1', E2', E3, E4), caracterizado porque el dispositivo sensor para la determinación de las intensidades de los al menos dos modos (E1, E2, E1', E2', E3, E4) presenta una instalación de medición para el alojamiento del ruido relativo de intensidad (RIN) del láser (1, 25, 37, 51, 61, 71, 80, 86, 91, 102, 103).
- 2.- Dispositivo sensor de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque presenta un sistema de detección óptica (6 a 10) para la medición de una distribución de la intensidad espectral de la radiación emitida por el láser (1, 25, 37, 51, 61, 71, 80, 86, 91, 102, 103).
- 3.- Dispositivo sensor de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el láser (1, 25, 37, 51, 61, 71, 80, 86, 91, 102, 103) es un láser de cuerpo sólido.
- 4.- Dispositivo sensor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque está configurado para la determinación de la absorción óptica a través de una sustancia química, que presenta al menos una banda de absorción óptica (A) como magnitud física.
- 5.- Dispositivo sensor de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque presenta una cámara de alojamiento (14, 28, 30,34, 45, 55, 58b, 60, 64, 74, 84, 90, 94, 96 a 98, 109, 110) prevista dentro de un resonador del láser (1, 25, 37, 51, 61, 71, 80, 86, 91, 102, 103), para un fluido.
- 6.- Dispositivo sensor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque contiene un láser (1, 25, 37, 51, 61, 71, 80, 86, 91, 102, 103) con un resonador horizontal.
- 7.- Dispositivo sensor de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque la cámara de alojamiento (14, 28, 30, 34, 84, 90, 94) está configurada como al menos una interrupción en un material láser activo (4, 85).
- 8.- Dispositivo sensor de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque el resonador contiene espejos resonadores (87, 88, 92, 104) configurados como cristales fotónicos.
- 9.- Dispositivo sensor de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque la cámara de alojamiento (90, 94) contiene cavidades que permanecen libres entre columnas (89, 93) de los cristales fotónicos (87, 88, 92).
- 10.- Dispositivo sensor de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque los cristales fotónicos contienen taladros (97, 98) en forma de tubos que formar el espacio de alojamiento.
- 11.- Dispositivo sensor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque contiene un láser (51) con un resonador vertical.
- 12.- Dispositivo sensor de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque la cámara de alojamiento contiene al menos una cavidad (60), que está dispuesta entre dos espejos resonadores (53, 54) formados por espejos DBR.
- 13.- Dispositivo sensor de acuerdo con la reivindicación 11 ó 12, caracterizado porque al menos un espejo resonador (53) contiene una secuencia de capas formada por al menos una capa de cuerpo sólido (58a, 59a) y al menos una capa de aire (58b, 59b) que forma una cámara de alojamiento para un fluido.
- 14.- Dispositivo sensor de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 13, caracterizado porque está instalado para la determinación de la absorción a través de varias sustancias químicas, conteniendo un láser (1, 25, 37, 51, 61, 71, 80, 86, 91, 102, 103), que está configurado para la irradiación de una pluralidad correspondiente de modos (E1, E2, E1', E2', E3, E4), uno modo de los cuales se puede sintonizar a una banda de absorción (A) de una de las sustancias.
- 15.- Dispositivo sensor de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 13, caracterizado porque está instalado para la determinación de la absorción a través de una pluralidad (k-1) de sustancias químicas, conteniendo un láser (1, 25, 37, 51, 61, 71, 80, 86, 91, 102, 103), que está instalado para la radiación de una pluralidad (k) de modos (E1, E2, E1', E2', R3, R4), que es al menos en uno mayor que la pluralidad (k-1) de las sustancias, pudiendo sintonizarse, con la excepción de un modo que sirve como modo de referencia, todos los demás modos (k-1) al mismo tiempo a una banda de absorción (A) respectiva de una de las sustancias.
- 16.- Procedimiento para la determinación de una magnitud física utilizando un láser (1, 25, 37, 51, 61, 71, 80, 86, 91, 102, 103) a través de la influencia de su comportamiento de emisión por medio de la magnitud física, en el que el

- láser (1, 25, 37, 51, 61, 71, 80, 86, 91, 102, 103), es accionado de tal manera que emite al menos dos modos (E1, E2, E1', E2', R3, R4) concurrentes que se encuentran por encima del umbral láser, y en el que la magnitud física se determina a través de comparación de aquellas modificaciones, que resultan en las intensidades de los al menos dos modos (E1, E2, E1', E2', R3, R4) bajo la influencia de la magnitud física, caracterizado porque las intensidades de los al menos dos modos (E1, E2, E1', E2', R3, R4) son determinadas a través de una medición del ruido relativo de la intensidad (RIN) del láser (1, 25, 37, 51, 61, 71, 80, 86, 91, 102, 103).
- 5
- 17.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 16, caracterizado porque como modos (E1, E2, E1', E2', R3, R4), se utilizan modos longitudinales y/o transversales eléctricos y/o magnéticos.
- 10
- 18.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 16 ó 17, caracterizado porque el láser (1, 25, 37, 51, 61, 71, 80, 86, 91, 102, 103) es accionado con al menos dos modos (E1, E2, E1', E2', R3, R4), que poseen polarizaciones diferentes.
- 19.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 16 a 18, caracterizado porque se realizan mediciones de calibración para la determinación cuantitativa de la magnitud física.
- 15
- 20.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 16 a 19, caracterizado porque como magnitud física se determina una absorción óptica (A) a través de una sustancia química.
- 21.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 16 a 19, caracterizado porque como magnitud física se determina una longitud, una presión, un campo magnético o eléctrico, una energía de radiación electromagnética, una temperatura, una energía térmica, una potencia de radiación o una magnitud derivada de ellas.
- 20
- 22.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 20, caracterizado porque el láser (1, 25, 37, 51, 61, 71, 80, 86, 91, 102, 103) es accionado de tal manera que irradia una pluralidad de (k) modos (E1, E2, E1', E2', R3, R4) y se sintoniza de tal manera que la pluralidad (k) de modos (E1, E2, E1', E2', R3, R4) coincide espectralmente, salvo al menos un modo, respectivamente, con una banda de absorción (A) de una pluralidad (k-1), inferior al menos en uno, de sustancias químicas y porque al menos un modo, que no está asociado a ninguna de las sustancias, se utiliza como modo de referencia.
- 25
- 23.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 20, caracterizado porque el láser (1, 25, 37, 51, 61, 71, 80, 86, 91, 102, 103) es accionado de tal forma que puede irradiar para la determinación de la absorción que se puede conducir a través de diferentes sustancias una pluralidad (k) de modos (E1, E2, E1', E2', R3, R4) y de esta manera se puede determinar que en cada caso uno de los modos coincide espectralmente con una banda de absorción (A) de una de las sustancias.

30



R8.1

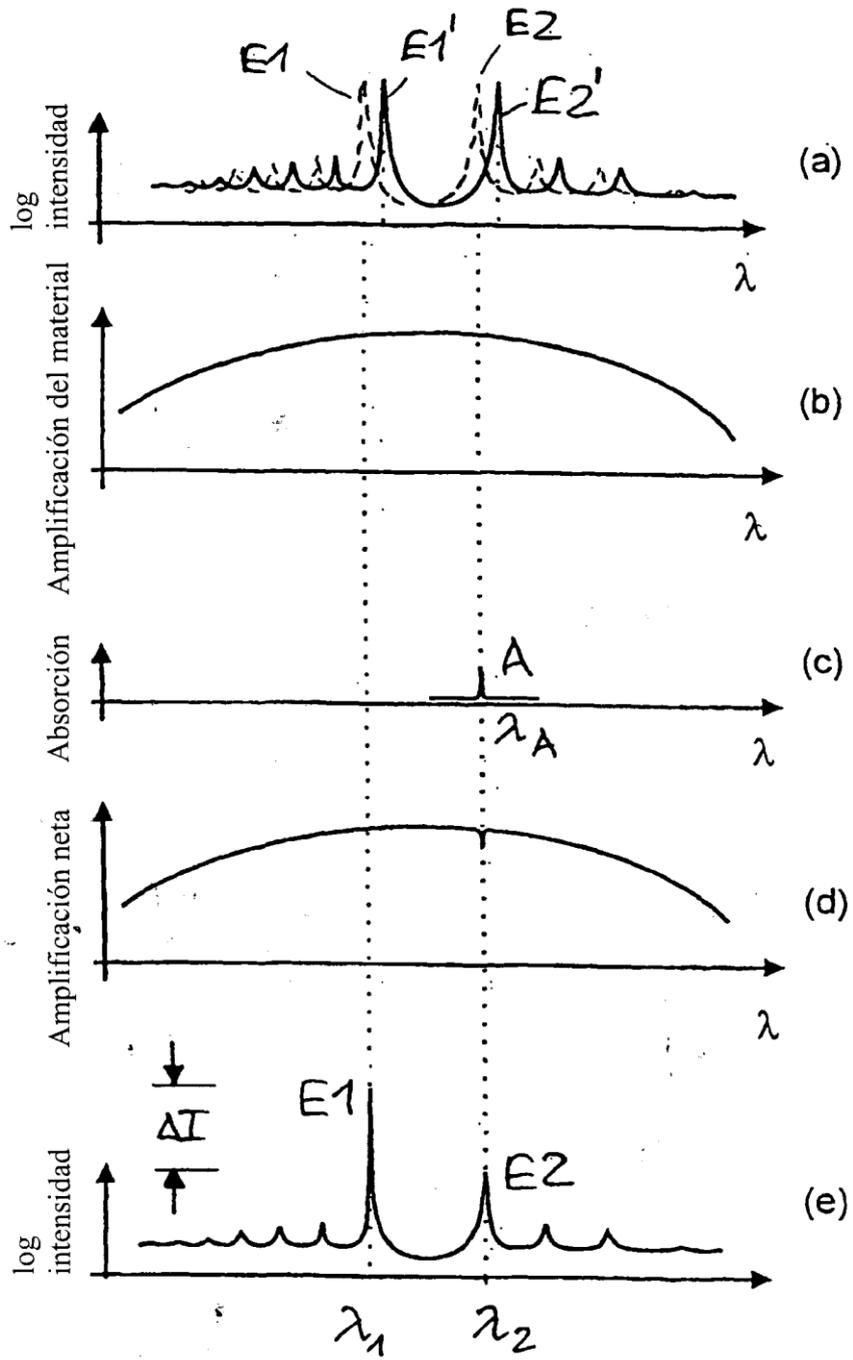


Fig. 2

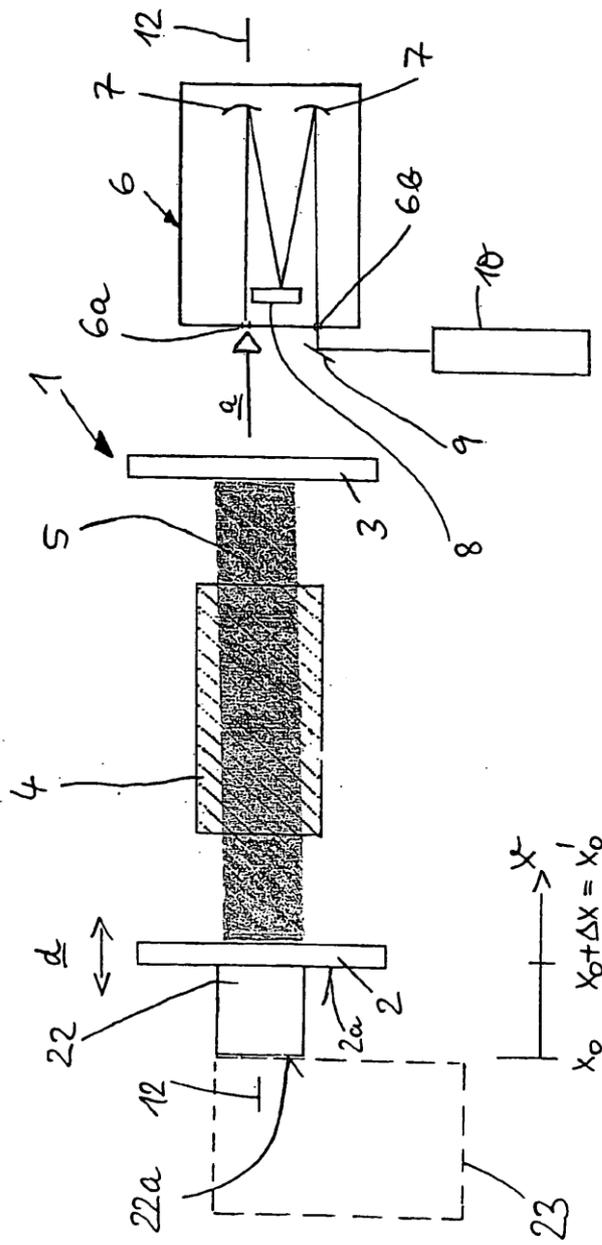


Fig 3

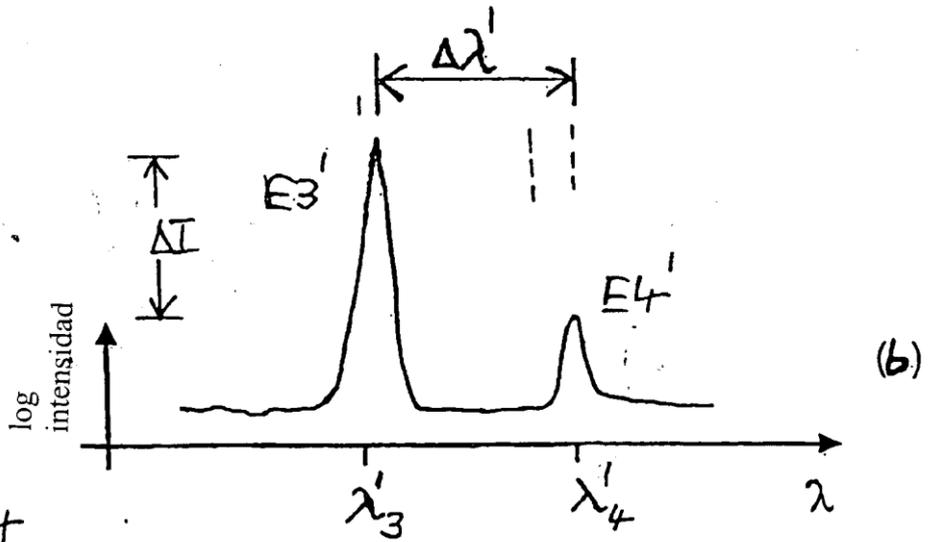
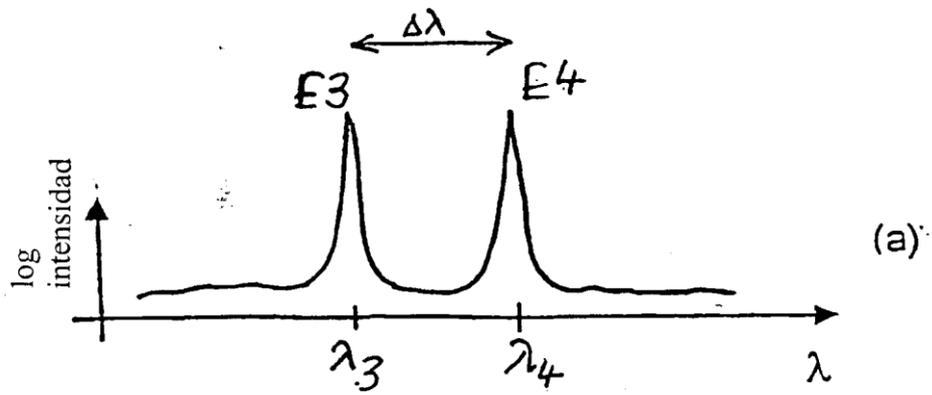


Fig. 4

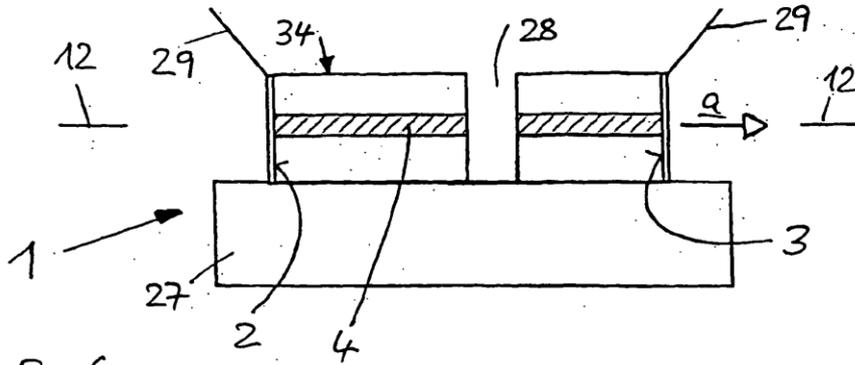


Fig. 6

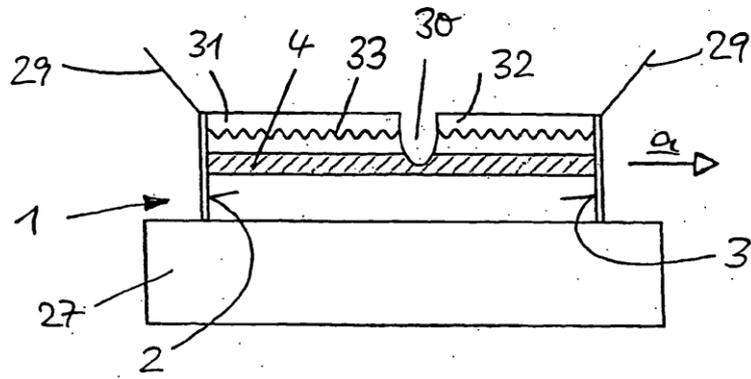


Fig. 7

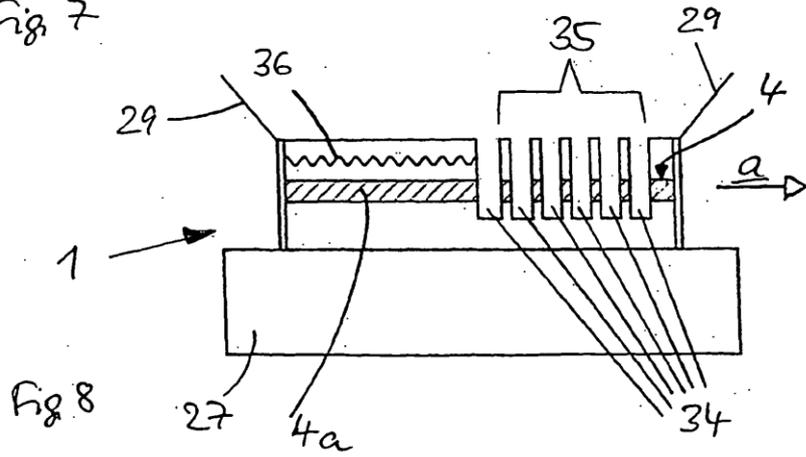


Fig. 8

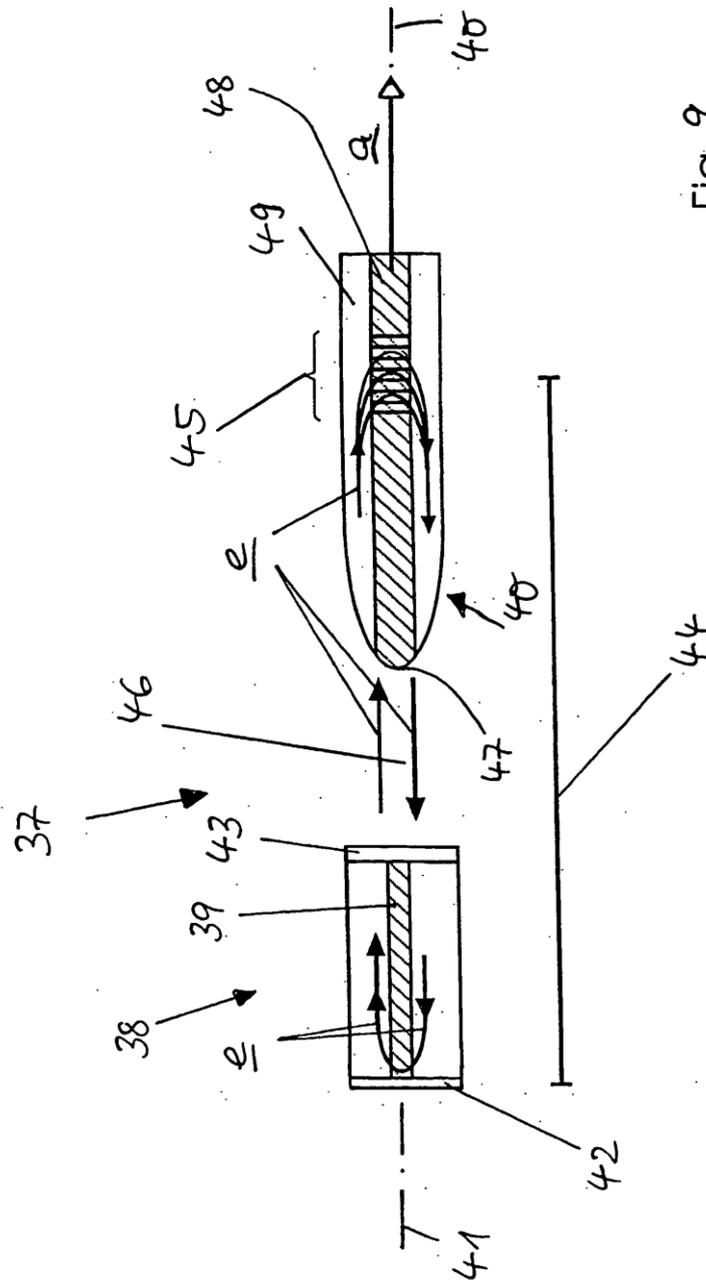
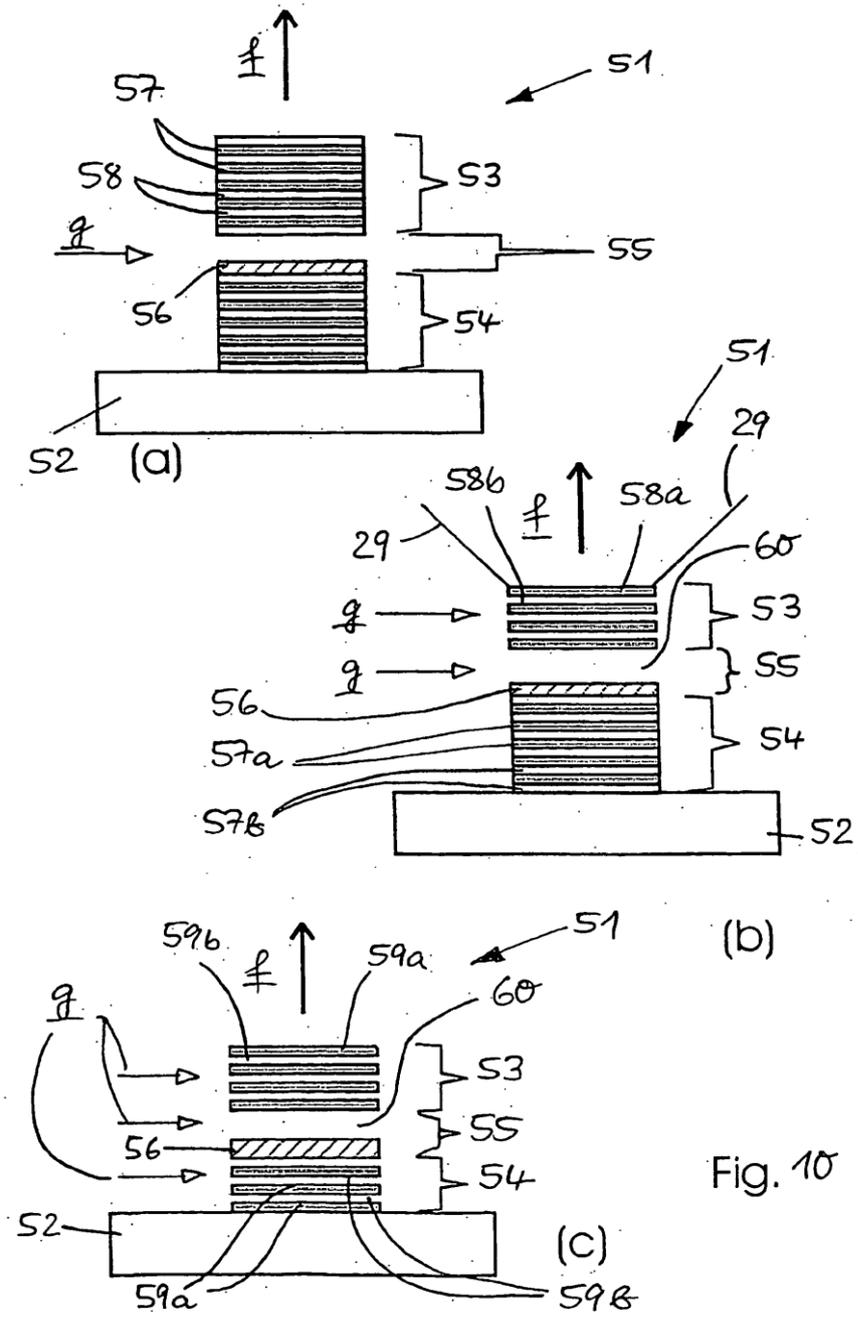


Fig. 9



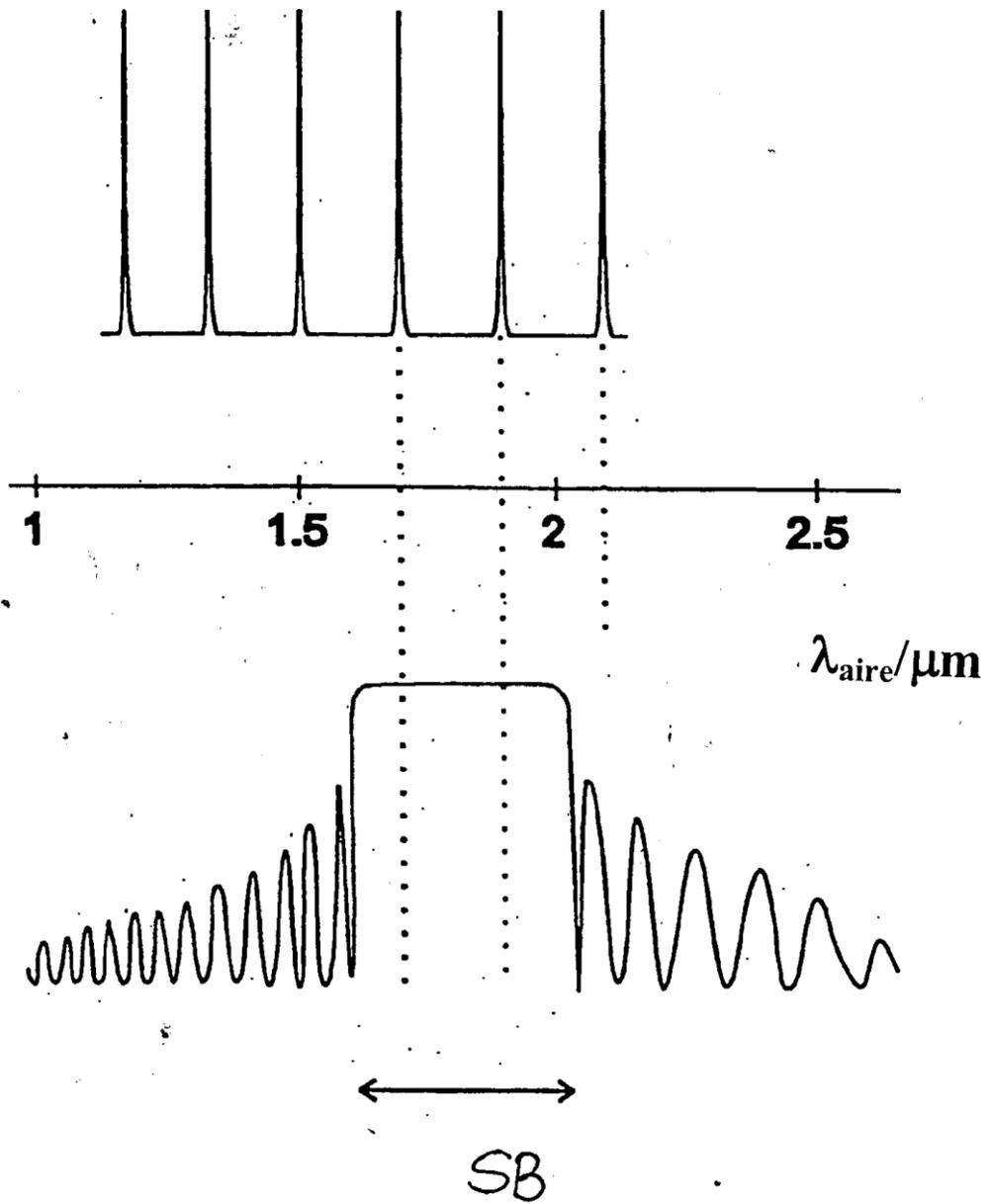


Fig. 11

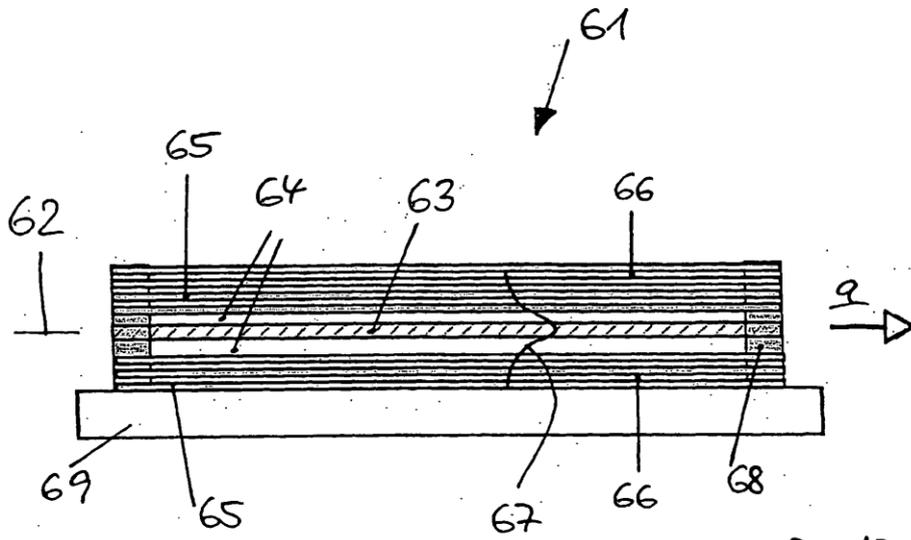


Fig. 12

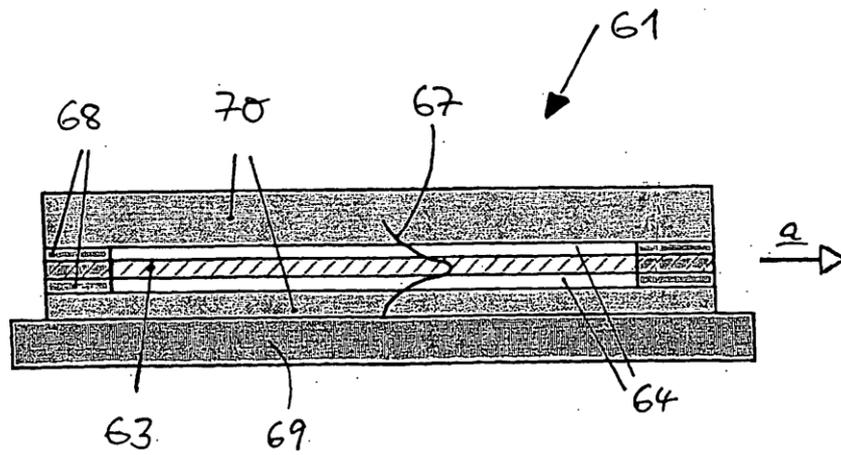


Fig. 13

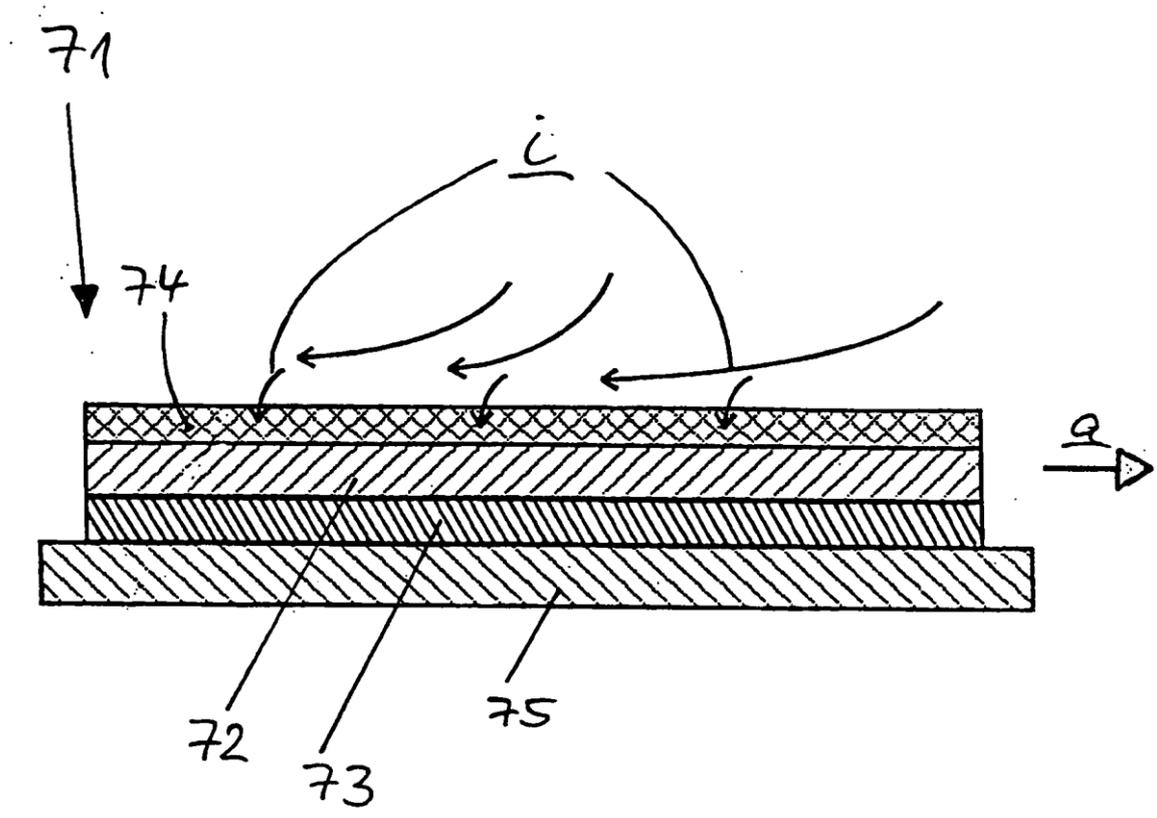
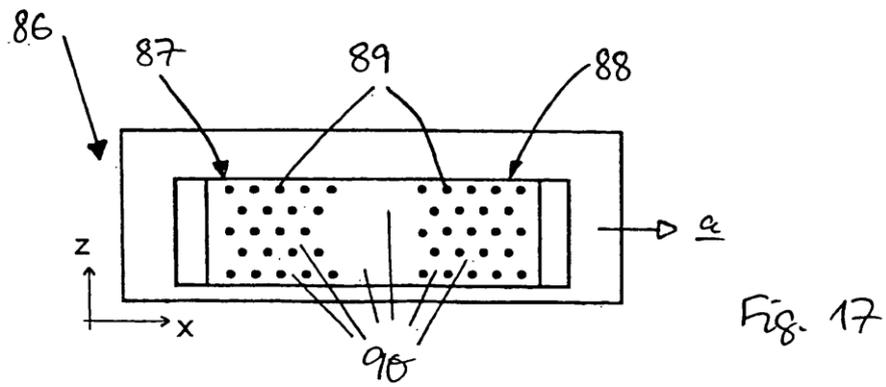
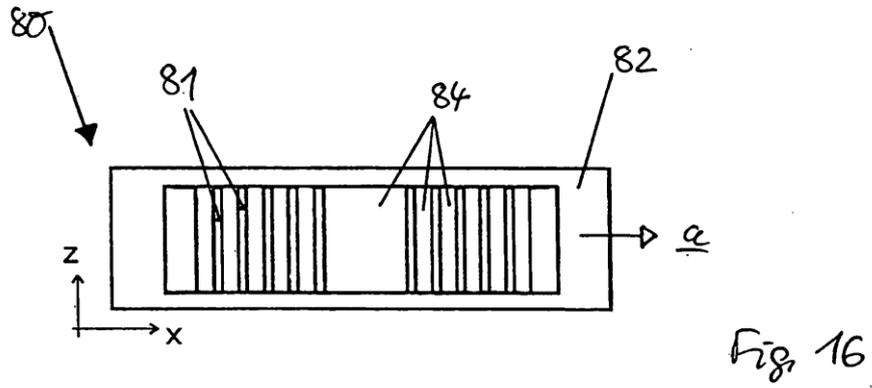
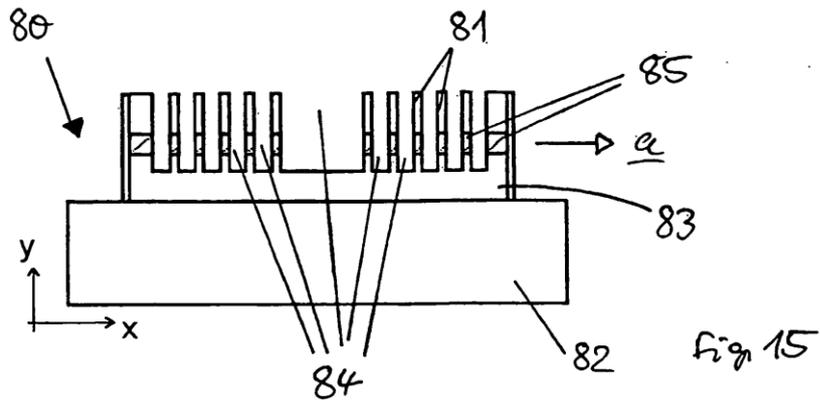
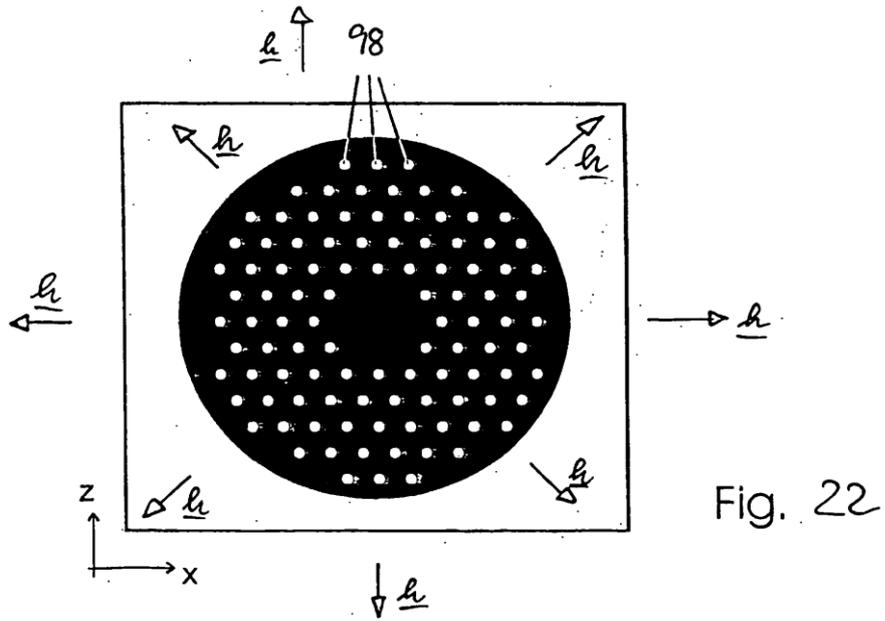
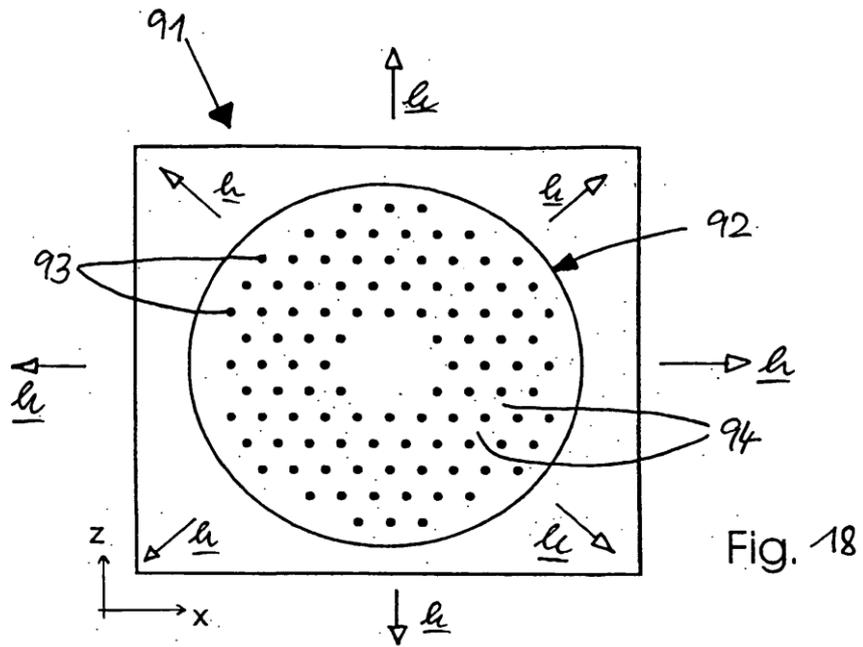


Fig. 14





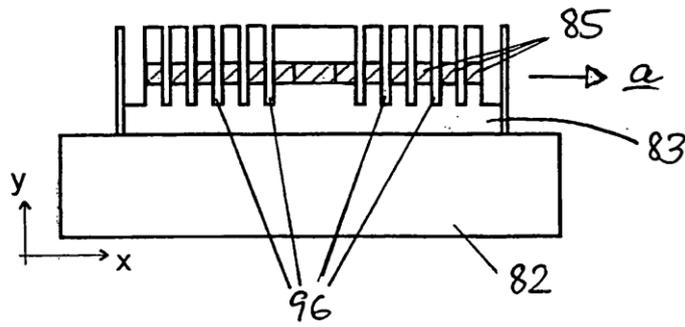


Fig. 19

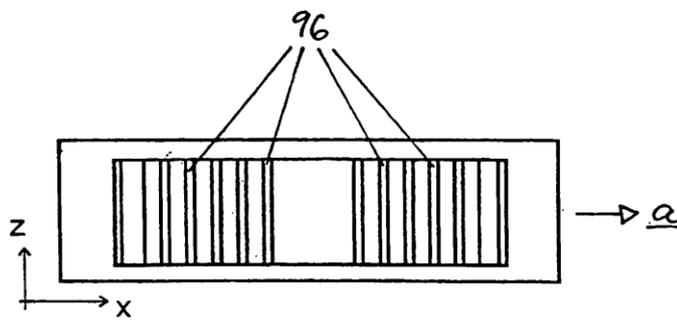


Fig. 20

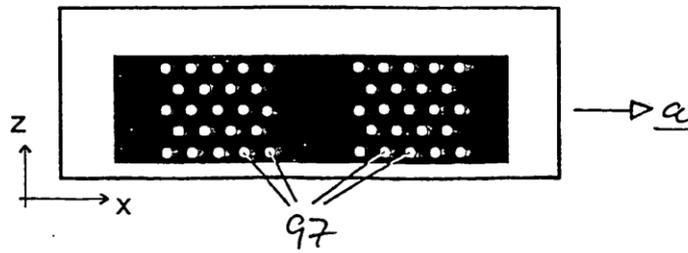


Fig. 21

