

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 799 427**

51 Int. Cl.:

G01J 3/02 (2006.01)

G01J 3/36 (2006.01)

G02B 5/28 (2006.01)

G01J 3/26 (2006.01)

G01J 3/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.10.2015 PCT/DE2015/000504**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.04.2016 WO16055048**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2015 E 15797588 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020 EP 3204738**

54 Título: **Elemento de filtro óptico para dispositivos para convertir información espectral en información de ubicación**

30 Prioridad:

07.10.2014 DE 102014014983

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

17.12.2020

73 Titular/es:

**SENRICS GMBH (100.0%)
Räcknitzhöhe 35
01217 Dresden, DE**

72 Inventor/es:

**LANGNER, MAIK;
FRÖB, HARTMUT;
LYSSENKO, VADIM, G.;
SUDZIUS, MARKAS y
LEO, KARL**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 799 427 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

Elemento de filtro óptico para dispositivos para convertir información espectral en información de ubicación

- 5 La invención se refiere a un elemento de filtro óptico para dispositivos para convertir información espectral en información de ubicación con un detector conectado para detectar señales, donde la luz que incide en el elemento de filtro sobre toda la superficie se separa en los componentes espectrales individuales después de pasar a través del elemento de filtro a través de su extensión espacial,
- 10 que comprende al menos dos microrresonadores,
- donde ambos microrresonadores comprenden al menos
- al menos dos estructuras de capa reflectante que cubren la superficie al menos de una capa de material con un alto índice de refracción y al menos de una capa de material con un bajo índice de refracción en orden alternativo, y
 - al menos una capa de resonancia que cubre la superficie, que está dispuesta entre las dos estructuras de capa reflectante que cubren la superficie.
- 20 Para el análisis espectral de señales ópticas, es necesaria una separación en longitudes de onda individuales, las cuales a continuación se convierten en un flujo de datos utilizables eléctricamente para su evaluación a través de convertidores de señal. Esto se hace mediante la conversión de la información espectral en información de ubicación. Hasta ahora, se han utilizado elementos difractivos/refractivos (rejillas ópticas, prismas) para este propósito, que deben tener una extensión geométrica suficiente para una alta resolución espectral (es decir, una división suficientemente amplia de la luz incidente). Además, la alineación mutua de los elementos ópticos debe ser
- 25 térmica y mecánicamente lo suficientemente estable como para evitar errores sistemáticos en la medición. Por lo tanto, los espectrómetros anteriores no son adecuados para todas las ubicaciones, o los costes para este propósito son demasiado altos.
- 30 El desarrollo técnico de los espectrómetros ha llevado a la miniaturización y la reducción de costes en los últimos años. Los dispositivos actuales caben en la palma de una mano (por ejemplo: espectrómetro USB) y aun así alcanzan una resolución suficiente (≈ 1 nm FWHM) y una relación señal/ruido aceptable (1:1000). El principio básico de la medición no ha cambiado considerablemente. A través de una óptica (por ejemplo: sistema de lentes, fibra óptica) y una ranura de entrada, la señal de entrada se proyecta sobre un elemento dispersivo. Por lo general, se
- 35 utilizan prismas o rejillas. La señal espectralmente separada por el elemento dispersivo se dirige luego a un detector, cuyas señales pueden procesarse posteriormente. Para que la señal separada pueda ser resuelta por los elementos individuales del detector, la ruta de la señal tiene una longitud que dependerá del ángulo de desviación del elemento dispersivo. La longitud no se puede acortar arbitrariamente, lo que significa que los espectrómetros tienen un tamaño mínimo sobre esta base.
- 40 Una implementación alternativa de un espectrómetro implica el uso de un filtro de paso de banda con características de filtro localmente variables junto con una unidad detectora. Los elementos de filtro descritos en la publicación US 6 057 925 A bajo el término «filtro variable lineal» (LVF, del inglés *Linear variable filter*) se basan en efectos de interferencia y habitualmente consisten en un sistema de capas de capas delgadas metálicas y/o dieléctricas que se aplican técnicamente a un sustrato de manera que el grosor de la capa y las propiedades de transmisión varíen en
- 45 una dirección. Por lo tanto, los componentes individuales de la señal de entrada se atenúan en distintos grados según la ubicación. La información espectral se puede obtener a partir de la posición de los elementos del detector activo mediante calibración previa. Debido al diseño plano del filtro y el detector, la parte de resolución y medición espectral del componente puede hacerse particularmente compacta y robusta.
- 50 Sin embargo, el uso del efecto de interferencia para separar la luz significa que el filtro presenta una dependencia direccional de la señal incidente. Cuanto más alejado esté el ángulo de incidencia de la entrada de luz vertical, más se desplazarán las propiedades del filtro espectral a longitudes de onda cortas. Como resultado, ya no existe una correlación clara entre el elemento detector activo y la longitud de onda filtrada, y la resolución espectral práctica se
- 55 deteriora considerablemente en comparación con lo teóricamente posible (definido por las características del filtro y la resolución del detector). Para evitar este efecto dependiente de la dirección, la señal de entrada debe adaptarse ópticamente antes/durante el paso a través del componente para estar dentro de un intervalo angular estrecho.
- 60 En la publicación US 6 785 002 B2 «Variable filter-based optical spectrometer» o en la publicación US 2004/032584 A «Optical channel monitoring device», la estructura básica y el funcionamiento de dicho sistema integrado para su uso en el sector de las telecomunicaciones se multiplexan con señales de división enunciadas. La luz extraída de una fibra óptica incide en un sistema de lentes y luego se colima sobre el elemento filtrante. Los componentes espectrales individuales se registran a través del sensor de detrás. Para una alta resolución, se propone el uso de un etalón con espejos dieléctricos para el elemento de filtro variable.
- 65 Se describe un componente en la publicación US 2003/058447 A1 «Colorimeter apparatus for color printer ink»,

donde la selección direccional tiene lugar a través de una matriz de fibras de vidrio o una disposición de colimador plano entre el detector y el filtro. Se puede usar una segunda matriz o colimador de fibra de vidrio en el lado de entrada del filtro para aumentar aún más la resolución.

5 Como una variante adicional para restringir la dirección de las señales incidentes, se deben mencionar en este punto los conjuntos de lentes de enfoque automático, como se describe, por ejemplo, en la publicación US 2010/092083 A1 «In-line linear variable filter based spectrophotometer».

10 Otra variante de espectroscopía que usa filtros linealmente variables se describe en la publicación de US 5 144 498 A «A variable wavelength light filter and sensor system». La luz incidente se desvía por la reflexión de hasta dos filtros variables en un tercer elemento de filtro opcional y luego en el detector. Con esta configuración, los filtros también se pueden ubicar en las superficies laterales de un prisma equilátero.

15 En Emadi, A., et al.: «Linear variable optical filter-based ultraviolet microspectrometer», Appl. Opt. 51, 4308-4315 (2012) se describe un filtro variable lineal para el intervalo UV, el cual se puede montar frente a una cámara CMOS.

20 Una desventaja de las soluciones mencionadas es el hecho de que la óptica que está parcialmente extendida espacialmente o un componente adicional que es complejo de fabricar en términos de tecnología de producción es necesario para obtener información espectroscópica útil de la combinación de un filtro de paso de banda variable y un detector.

La publicación US 2007/0148760 A1 describe un procedimiento para la detección de productos químicos y biomoléculas, que consta de las etapas siguientes:

25 - generar luz desde una fuente de luz,

- incidir luz en/dentro de un sensor óptico que emite una banda estrecha de longitudes de onda ópticas cuando se ilumina con una banda ancha de longitudes de onda ópticas,

30 - difundir la luz de salida desde el sensor a un detector con una superficie de entrada que comprende al menos una capa con una propiedad de transmisión lateralmente variable, y

- usar la posición de la luz de salida por medio del detector para detectar la presencia de un agente analítico (químico o biomolecular).

35 La instalación asociada incluye

- una fuente de luz que produce una banda ancha de longitudes de onda ópticas,

40 - un sensor óptico que emite una banda estrecha de longitudes de onda ópticas cuando se ilumina con una banda ancha de longitudes de onda ópticas desde la fuente de luz,

45 - un detector que comprende al menos una capa con propiedades de transmisión lateralmente variables, mientras que el detector recibe luz de salida a través del sensor óptico, donde al menos una capa pasa una parte de la luz recibida en una posición de al menos una capa, y el detector usa la posición para captar la presencia del agente analítico.

50 Además, la publicación US 2007/0148760 A1 describe un procedimiento para obtener información sobre un agente analítico, que comprende:

- generar un estímulo de un agente analítico a un convertidor de longitud de onda del agente analítico en relación con el convertidor que genera una luz de salida, donde la luz de salida indica información analítica,

55 - propagar la luz de salida a una superficie de entrada de una estructura de transmisión, donde la estructura de transmisión tiene una superficie de salida que comprende un conjunto de dos o más posiciones, donde la estructura de transmisión es una estructura en capas con una función de transmisión de energía variable lateralmente, y

60 - dejar pasar la luz de salida a través de la estructura de transmisión a una superficie de salida para que cantidades relativas de fotones creen un conjunto de posiciones, donde las cantidades relativas indican información sobre un agente analítico.

La instalación asociada incluye

65 - un convertidor de longitud de onda del agente analítico que reacciona a un estímulo de un agente analítico, lo que genera una luz de salida que muestra información analítica,

- 5 - una estructura de transmisión con una superficie de entrada y una superficie de salida, donde la superficie de salida comprende un conjunto de al menos dos posiciones, donde la estructura de transmisión es una estructura de capas con una función de transmisión de energía variable lateralmente, y
- 10 - un componente de propagación que dirige la luz de salida desde el convertidor a la superficie de entrada de la estructura de transmisión, con respecto a la luz de salida, la estructura de transmisión genera fotones en el conjunto de posiciones de la superficie de salida, de manera que las cantidades relativas de los fotones crean un conjunto de posiciones que muestren información sobre el agente analítico.
- 15 Una desventaja de las dos últimas soluciones es que la señal de luz a analizar debe dirigirse lo más paralelamente posible para obtener una buena resolución antes de incidir. Para esto se requieren componentes ópticos adicionales, como lentes o láminas (cuchillas).
- 20 La publicación US 2007/146888 A1 describe un filtro variable linealmente con dos reflectores, cada uno formado por capas de capas de índice de refracción alto y bajo alternativamente, y entre las cuales se encuentra una capa de resonancia con forma de cuña. La estructura de filtro descrita se puede formar en un fotosensor. De manera desventajosa, la estructura de filtro descrita tiene una dispersión intrínseca, la cual puede conducir a problemas con la calibración de la longitud de onda.
- 25 La publicación US 6.768.097 B1 describe un dispositivo optoelectrónico donde se usa un acoplamiento de dos microrresonadores, que están dispuestos a una distancia uno del otro, para filtrar las longitudes de onda. Un primer microrresonador tiene una expansión comparativamente grande (unos 100 μm), lo que crea una gran cantidad de resonancias, denominadas peine de frecuencias. A diferencia del primero, el segundo microrresonador tiene una expansión en el orden de magnitud de sus longitudes de onda de resonancia. Además, la capa de resonancia del segundo microrresonador (delgado) puede controlarse eléctricamente para cambiar sus propiedades ópticas (grosor, índice de refracción).
- 30 Esto hace posible filtrar una de las resonancias del peine de frecuencias.
- 35 Por un lado, la desventaja es que el peine de frecuencias del primer microrresonador no permite un espectro continuo durante la medición. Además, se requiere un control eléctrico para seleccionar la señal que pasa a través de ambos microrresonadores. Esto también presenta una desventaja adicional, donde una medición de un amplio espectro solo es necesaria en serie, por lo que la resolución temporal es limitada.
- 40 La invención tiene por objeto proporcionar un elemento de filtro óptico para dispositivos para convertir información espectral en información de ubicación, que está diseñado de tal manera que su construcción en dispositivos para espectroscopía o para espectrometría ahorre espacio en la alineación de la señal luminosa y sea económico.
- 45 El objeto de la invención se logra mediante las características de la reivindicación de patente 1.
- El elemento de filtro óptico para dispositivos para convertir información espectral en información de ubicación con un detector conectado para la detección de señales
- 50 comprende al menos dos microrresonadores,
- donde ambos microrresonadores comprenden al menos
- al menos dos estructuras de capa reflectante que cubren la superficie al menos de una capa de material con un alto índice de refracción y al menos de una capa de material con un bajo índice de refracción en orden alternativo, y
- al menos una capa de resonancia que cubre la superficie, que está dispuesta entre las dos estructuras de capa reflectante que cubren la superficie,
- 55 donde, según la parte de caracterización de la reivindicación 1, el elemento de filtro comprende al menos un sustrato transparente paralelo al plano para desacoplar ópticamente los dos microrresonadores,
- donde el primer microrresonador está ubicado en una de las dos superficies opuestas del sustrato,
- 60 donde el segundo microrresonador está ubicado en el sustrato en una segunda superficie del sustrato opuesta a la primera superficie, y
- donde la capa de resonancia y/o la respectiva estructura de capa reflectante que rodea la capa de resonancia presenta un grosor de capa variable a lo largo de un eje horizontal del elemento de filtro.
- 65 Los dispositivos son preferiblemente dispositivos espectroscópicos/espectrométricos.

5 En el sentido de la invención, las estructuras que interactúan con los fotones cuando se introducen en un camino de luz de tal manera que falta una parte medible de los fotones después de pasar a través del filtro se denominan elementos de filtro óptico. Según la invención, solo una banda espectralmente estrecha pasa el elemento de filtro, mientras que el resto del espectro se refleja o absorbe completamente en la estructura.

10 En el sentido de las invenciones, las aplicaciones espectrométricas o espectroscópicas son procedimientos y dispositivos en los que la radiación se descompone y se asigna una variable de medición espectral (longitud de onda, intensidad) a un elemento detector legible.

15 La conversión de información espectral en información de ubicación en el sentido de la invención designa el modo de operación del elemento de filtro de tal manera que la luz que incide el filtro sobre toda la superficie se separa en componentes espectrales individuales sobre su extensión espacial después de pasar a través del elemento de filtro según su estructura.

20 En el sentido de la invención, los sensores optoelectrónicos en los que los fotones se convierten en una señal eléctrica por el efecto fotoeléctrico se denominan detectores. Estos incluyen fotocélulas, fotomultiplicadores o elementos CMOS/CCD y fotodiodos.

25 Según la invención, el detector contiene varios elementos sensores individuales, por ejemplo, en forma de línea o matriz. Los elementos individuales pueden tener distintas formas/tamaños y sensibilidad espectral.

30 En el sentido de la invención, la radiación electromagnética que incide el filtro tanto en banda ancha monocromática (una frecuencia o longitud de onda) como espectral se denomina señal. La señal puede tener una modulación de intensidad temporal (pulso único, variación periódica y aperiódica) o puede ocurrir con una distribución de intensidad constante.

35 Un microrresonador en el sentido de la invención es un componente que interactúa con la radiación electromagnética de tal manera que se pueden formar ondas estacionarias en el interior (capa de resonancia). Para este propósito, sus paredes están diseñadas como superficies límite (parcialmente) reflectantes.

40 Aquí es esencial que al menos una dirección espacial tenga una extensión en el orden de magnitud de la región espectral a examinar, por ejemplo, para luz de unos 10 nm a unos pocos μm . Para el elemento de filtro considerado, esta dirección espacial es perpendicular a la superficie de expansión de los filmes/superficies del sustrato.

45 Según la invención se denomina una estructura de capas pronunciada completa a una sucesión de capas de material interconectadas (p. ej., óxidos metálicos, metales, polímeros, moléculas orgánicas, etc.), cada una de las cuales presenta una extensión bidimensional entre unos pocos mm^2 y varios cientos de cm^2 y un grosor del orden de entre unas pocas decenas de nm y algunos cientos de nm, con exactamente una superficie límite entre cada dos materiales, cuya extensión difiere insignificamente de estas. Las superficies límite sucesivas en una estructura con más de dos capas son paralelas entre sí en una dimensión. Las capas también se designan como filmes debido a la relación de tamaño de sus extensiones.

50 Los procedimientos de fabricación para estos filmes pueden ser todos los procedimientos del estado de la técnica, como p. ej., sublimación en vacío, procedimiento de pulverización, procedimiento de centrifugación, procedimientos de inmersión.

55 Reflectante en el sentido de la invención representa una estructura fotónica de alta reflexión, también como espejo dieléctrico, en el que a través de los efectos de interferencia se refleja completamente una fracción elevada de radiación (casi 100 %) dentro de una banda ancha espectralmente (algunas decenas de nm - algunas centenas de nm). A diferencia de espejos metálicos, el rendimiento es casi el 100 %, dado que en general no se absorbe ninguna o casi ninguna radiación. Un espejo dieléctrico configurado de forma sencilla se compone de una sucesión alternante de capas de los materiales transparentes para el intervalo de longitudes de onda observado, que se diferencian entre sí en su respectivo índice de refracción. En el espectro visible estos son, por ejemplo, los materiales de dióxido de silicio ($n_{\text{SiO}_2} = 1,46$) y dióxido de titanio ($n_{\text{TiO}_2} = 2,4 - 2,6$), que se ajustan a respectivamente un grosor óptico $n \cdot d$ de un cuarto de la longitud de onda a reflejar como máximo. Con un número de aproximadamente 7 a 9 pares de capas alternantes se pueden obtener valores de reflexión >99 %. Para adaptaciones de la relación de reflexión concreta en un intervalo espectral ancho de más de varios cientos de nm se pueden añadir capas o pilas de capas adicionales con desviaciones de grosores de capa calculados exactamente en comparación con modelos más sencillos (p. ej., simulación con el procedimiento de matriz de transferencia).

60 El grosor de capa variable en el sentido de la invención denota un perfil establecido específicamente del grosor a lo largo de al menos un eje horizontal, donde las capas se extienden bidimensionalmente. Este perfil puede tener niveles discretos o cambiar continuamente. Una forma posible es una forma de cuña, por ejemplo, para la capa de resonancia, donde hay un aumento del grosor de la capa de entre 10 nm y 20 nm por mm en la dirección horizontal. Cuanto menor sea la variación por unidad de longitud, mayor será la resolución espectral o la sensibilidad al usar

detectores más grandes. Por otro lado, esto aumenta la extensión horizontal mientras que el intervalo de medición sigue siendo el mismo.

5 Los procedimientos de fabricación para grosores de capa variable incluyen, entre otros, procesos de inmersión con una profundidad de inmersión variable en el tiempo, capas depositadas por vapor o pulverizadas en ángulo, o alternativamente pantallas de tiempo variable que protegen una fuente. Las pantallas pueden cubrir periódicamente la capa de crecimiento de forma no homogénea (p. ej., rotativa), así como cubrirla cada vez más desde el principio hasta el final de la deposición.

10 Al menos una parte de la estructura de la capa reflectante y/o al menos una capa de resonancia puede consistir en un material dieléctrico.

Al menos una de las estructuras de capa reflectante puede consistir en una pila de capas de materiales ópticamente transparentes alternativos de alto índice y bajo índice.

15 Al menos un modo resonante de los microrresonadores comprende una transmitancia superior al 10 %, preferiblemente superior al 50 %, particularmente preferiblemente superior al 90 %.

20 La estructura geométrica y/o la composición del material de ambos microrresonadores puede ser simétrica al nivel del sustrato.

En el caso del elemento de filtro, el graduado del grosor de capa de las capas reflectantes a lo largo de un eje horizontal del componente o elemento de filtro puede tener una relación con el graduado del grosor de la capa de resonancia.

25 La primera capa de resonancia del primer microrresonador puede consistir en un material dieléctrico diferente de la segunda capa de resonancia del segundo microrresonador, y por lo tanto los modos resonantes pueden tener una parábola de dispersión con curvaturas mutuamente distintas.

30 La extensión de la superficie del sustrato perpendicular a la dirección del gradiente de la capa puede ser relativamente pequeña.

Los elementos de pared absorbentes extendidos se pueden unir a los lados del elemento de filtro en la dirección de la radiación.

35 Una parte del filtro óptico localmente variable se puede unir frente a uno de los microrresonadores, donde la preselección espectral de la señal entrante se lleva a cabo por medio de pasos de banda que tienen un efecto de absorción, transmisión o reflexión.

40 Un dispositivo espectroscópico/espectrométrico para convertir información espectral en información de ubicación comprende al menos

- una fuente de luz,

45 - un detector,

- una unidad de evaluación que está conectada al detector a través de una línea de conexión,

- una unidad de visualización y

50 - un elemento de filtro según la invención,

donde según la parte caracterizante de la reivindicación 10, el elemento de filtro está diseñado de tal manera que tiene una parte de onda corta de la luz de la fuente de luz después de pasar a través del elemento de filtro en la región transparente de onda corta y una parte de onda larga de la luz de la fuente de luz después de pasar a través del elemento de filtro en el área transparente de transmisión de onda larga y que refleja una parte de onda larga de la luz de la fuente de luz después de incidir el elemento de filtro en el área transparente de onda corta y una parte de onda corta de la luz de la fuente de luz después de incidir el elemento de filtro en el área transparente de onda larga.

60 El dispositivo espectroscópico/espectrométrico puede tener como detector un convertidor de fila/matriz fotoeléctrico basado en CCD, CMOS, fotodiodo o multiplicador.

El filtro de paso de banda del elemento de filtro según la invención está diseñado de tal manera que la colimación tiene lugar dentro del elemento de filtro y no se requieren más elementos ópticos. Esto permite implementar componentes o dispositivos espectroscópicos particularmente compactos y económicos.

65

En resumen, se puede establecer lo siguiente.

El elemento de filtro óptico según la invención está unido como un filtro graduado de densidad neutra espectral (lineal) frente a un detector (matriz CCD o CMOS, línea de diodos, matriz de diodos). El filtro graduado de densidad neutra consiste ventajosamente en al menos un cristal fotónico con un grosor de capa de al menos una capa que es variable en función de la ubicación. El filtro graduado de densidad neutra refleja en una banda ancha espectralmente todas las señales ópticas incidentes, excepto una resonancia específica que dependerá de la estructura y la posición. El estrecho intervalo espectral no reflejado (<1 nm posible) pasa el filtro casi sin obstáculos y luego se puede convertir en una señal eléctrica en el detector inmediatamente posterior.

Por lo tanto, la invención se refiere a un elemento de filtro óptico para separar el espectro electromagnético en el intervalo entre UV e IR, que, en combinación con un convertidor de señal posterior, permite que una señal de banda ancha electromagnética se descomponga en sus componentes individuales (espectroscopía, espectrofotometría). En la presente invención, no se requieren elementos ópticos anteriores para la conformación de la señal, como resultado de lo cual se puede implementar un elemento compacto e integrado.

Para la separación de la señal electromagnética en sus componentes individuales, se utiliza una disposición de al menos dos microrresonadores variables, que se encuentran uno frente al otro en la superficie respectiva de un sustrato transparente paralelo al plano.

Si se utilizan interferómetros Fabry-Perot para los microrresonadores ópticos variables, se puede lograr una relación señal/ruido buena a muy buena al mismo tiempo con una alta resolución espectral. Al adaptar los parámetros del elemento de filtro, el ancho espectral y la posición del intervalo de medición, se puede lograr una sensibilidad direccional alta o una separación de señal individual muy alta. Al mismo tiempo, el diseño compacto del elemento de filtro permite la integración en una gran cantidad de procedimientos que antes eran inaccesibles para la espectroscopía óptica. Para la producción del elemento filtrante, se pueden utilizar procedimientos conocidos del estado de la técnica para la producción de sistemas de capa delgada, los cuales incluyen procedimientos de recubrimiento al vacío (PVD, CVD), así como procedimientos sol-gel.

En el núcleo del elemento de filtro óptico, además del sustrato transparente, hay filtros de paso de banda variables. En este contexto, el término elemento de filtro óptico denota un componente que, cuando se irradia con una señal electromagnética compuesta arbitrariamente espectral en el intervalo de longitud de onda entre 100 nm y 10 μ m (UV-IR), refleja o transmite, o absorbe en caso necesario, partes de la señal electromagnética compuesta espectralmente en distintas fuerzas. El componente de señal está determinado por la estructura específica del elemento de filtro y puede incluir bandas espectrales de entre sub-nm y algunos cientos de nm de ancho (paso de banda/tope de banda), pero también oculta áreas individuales del espectro óptico (p. ej., transmisión de longitudes de onda cortas utilizando un pase corto).

En la presente invención, se usa un sustrato que tiene una transparencia suficiente mayor que un 25 % para que se examine el intervalo de longitud de onda deseado. Por ejemplo, materiales sólidos como el vidrio en el intervalo UV/VIS o silicio en el intervalo IR pueden usarse como materiales, pero también pueden usarse plásticos o polímeros equivalentes. El sustrato generalmente tiene una extensión bidimensional de unos pocos milímetros a unos pocos centímetros de longitud de borde. El grosor como la tercera variable es un parámetro que es decisivo para la función del elemento de filtro según la invención y está entre algunas pocas décimas partes y algunos pocos milímetros. Esto es para asegurar que los dos microrresonadores estén desacoplados ópticamente. Como resultado, no hay interacción entre ellos, lo que conduce a una resonancia común y se expresa en una degeneración y, por lo tanto, conduce a un ensanchamiento de la línea y al deterioro de la resolución del filtro.

Ambas superficies extendidas (en lo sucesivo, la primera superficie y la segunda superficie opuesta del sustrato) tienen una alineación paralela plana entre sí, por lo que el grosor del sustrato es constante en toda la superficie utilizable. Además, es conveniente que la calidad de la superficie sea alta para evitar efectos de dispersión.

Perfeccionamientos y configuraciones adicionales de la invención están indicados en otras reivindicaciones dependientes.

La invención se explica más en detalle mediante los ejemplos de realización por medio de varios dibujos.

Muestran:

la figura 1, una representación esquemática en vista lateral del elemento de filtro óptico en una realización general,

la figura 2, espectros de transmisión dependientes del ángulo de microrresonadores, calculados para una longitud de onda de 550 nm, donde la figura 2a muestra una capa de resonancia hecha de dióxido de silicio y 100 % de grosor de capa, la figura 2b muestra una capa de resonancia hecha de dióxido de silicio y 100,5 % de grosor de capa y la figura 2c muestra una capa de resonancia cuatro veces más gruesa hecha de fluoruro de magnesio y 100 % de grosor de capa,

la figura 3, una representación esquemática del principio funcional de la selección direccional de señales electromagnéticas incidentes a través de la geometría óptica variable a lo largo de un gradiente de grosor de capa,

5 la figura 4a, una representación esquemática de una realización del elemento de filtro con elementos de pared adicionales que restringen la dirección,

la figura 4, una vista lateral de la realización mostrada en la figura 4a que muestra el principio de funcionamiento,

10 la figura 5, varios espectros de transmisión de un elemento de filtro óptico, según la figura 1, calculado para tres ángulos de incidencia, donde la primera superficie tiene un microrresonador con dióxido de titanio y la segunda superficie tiene un resonador con fluoruro de magnesio como capa central de resonancia,

15 la figura 6, una ilustración esquemática de la restricción local de la señal de entrada mediante un prefiltro con un efecto de absorción o reflexión variable, y

la figura 7, una representación esquemática de un dispositivo espectroscópico/espectrométrico.

20 En la figura 1 se muestra la estructura de un elemento de filtro óptico 50, p. ej., para un dispositivo espectroscópico o espectrométrico para convertir información espectral en información de ubicación.

El elemento de filtro óptico 50 comprende al menos dos microrresonadores 10, 11, un microrresonador 10; 11 al menos comprende

25 - al menos dos estructuras de capa reflectante 4, 6; 8, 9 que cubren la superficie al menos de una capa de material 2 con un alto índice de refracción y al menos de una capa de material 3 con un bajo índice de refracción en orden alternativo, y

30 - al menos una capa de resonancia 5; 7 que cubre la superficie, que está dispuesta entre las dos estructuras de capa reflectante 4, 6; 8, 9 que cubren la superficie.

35 Según la invención, el elemento de filtro 50 comprende al menos un sustrato transparente, plano y paralelo 1 para desacoplar ópticamente los dos microrresonadores 10, 11, donde en una primera de las dos superficies opuestas 51; 52 del sustrato 1, se encuentra el primer microrresonador 10; 11, donde en el sustrato 1 en una segunda superficie 54 del sustrato 1 opuesta a la primera superficie 51, se encuentra el segundo microrresonador 11; 10, y donde la capa de resonancia 5; 7 de un microrresonador 10, 11 y/o la estructura de capa reflectante circundante 4, 6; 8, 9 de la capa de resonancia 5; 7 presentan un grosor de capa variable a lo largo de un eje horizontal 25 del elemento de filtro 50.

40 El sustrato 1, que es transparente para el intervalo espectral a analizar, tiene superficies ópticamente lisas 51 y 52 que son planas paralelas entre sí. El grosor h del sustrato 1 junto con el gradiente de grosor relativo de las capas dieléctricas 2, 3 es un parámetro crucial para la selectividad direccional o la resolución del elemento de filtro 50. Una primera pila de capas 4, que actúa como un reflector de banda ancha (cristal fotónico unidimensional), se produce ahora en la primera superficie 51 del sustrato 1 mediante la deposición mutua de las capas de material dieléctrico 2 con un alto índice de refracción y capas de material dieléctrico 3 con un bajo índice de refracción. La primera pila de capas dieléctrica 4 en la figura 1 no es de grosor constante, pero tiene un gradiente continuo de grosor de capa. La diferencia relativa de grosor entre las dos superficies laterales 53 y 54 del elemento de filtro 50 está determinada por el requisito del ancho del área de medición. El número de capas alternas individuales 2 y 3 determina la resolución del elemento de filtro óptico 50. El uso de muchas capas 2 y 3 permite una mejor separación de las señales cercanas entre sí, pero puede tener un efecto negativo en la sensibilidad y también aumenta los requisitos de producción.

45 Ahora se aplica una capa de resonancia 5 al primer reflector 4, que corresponde a una interrupción del cristal fotónico en términos ópticos. Su grosor corresponde normalmente a un múltiplo del grosor de la capa de material 2 y la capa de material 3. También está presente un graduado de capa en la capa de material 2 y en la capa de material 3, que se basa en el perfil de grosor de capa relativo del reflector 4.

50 La primera parte del elemento de filtro 50 está cerrada por un segundo reflector dieléctrico 6, como resultado de lo cual se crea un denominado microrresonador 10 con un grosor de capa localmente variable y, por lo tanto, se cambia continuamente el comportamiento de la transmisión. Como con cualquier resonador, al menos una frecuencia correspondiente a la geometría se amplifica en el microrresonador 10 por reflexión múltiple y se suprimen todas las otras partes del espectro.

55 La radiación electromagnética incidente en la primera parte se separa espectralmente localmente y puede penetrar el sustrato 1. Para evitar el problema de la dispersión intrínseca del microrresonador 10, que haría imposible la calibración, es necesario restringir la dirección de la señal a medir. Según la invención, para esto se usa un segundo

microrresonador 11 con una geometría similar. El segundo microrresonador 11 también está compuesto por un primer espejo dieléctrico 8 y un segundo espejo dieléctrico 9 y una capa de resonancia 7 situada entre los dos espejos/reflectores 8 y 9.

5 En el caso más simple, el segundo microrresonador 11 es una imagen completamente simétrica del primer microrresonador 10. Sin embargo, también es posible un número cambiado de capas 2, 3 o composición del material o grosor de las capas de resonancia 5 y 7. Es crucial que haya una coincidencia de las longitudes de onda resonantes para un ángulo fijo en toda la extensión del elemento de filtro 50. Los gradientes de grosor de capa se adaptan entre sí en consecuencia.

10 En la figura 2 se muestran espectros de transmisión dependientes del ángulo de microrresonadores 10 u 11, calculados para una longitud de onda de 550 nm, donde en la figura 2a se muestra una capa de resonancia hecha de dióxido de silicio y 100 % de grosor de capa, en la figura 2b se muestra una capa de resonancia hecha de dióxido de silicio y 100,5 % de grosor de capa y en la figura 2c se muestra una capa de resonancia cuatro veces más gruesa hecha de fluoruro de magnesio y 100 % de grosor de capa,

15 Para este propósito, se muestra el graduado energético de un modo resonante (dispersión), que es habitual para tres microrresonadores 10 distintos. Con una dispersión normal del material, el área transparente espectralmente estrecha (<1 nm FWHM) se desplaza con un ángulo de incidencia creciente a longitudes de onda más cortas (energías más altas) correspondientes a $\sim 1/(n d \cos(\alpha))$. Aquí n es el índice de refracción del material, d es el grosor de la capa de resonancia 5 y α es el ángulo de propagación.

20 Para el cálculo se utilizan los valores reales del material. Un espejo dieléctrico 4 que consta de $550 \text{ nm}/(4n_{\text{Material}})$ de grosor, capas alternas 2 y 3 de dióxido de titanio y dióxido de silicio se supone como un elemento de filtro ejemplar 50. Se disponen 7.5 pares en un sustrato de vidrio 1, seguido de la capa de resonancia 5 y luego se dispone un segundo espejo dieléctrico 6. El grosor de las capas individuales 2, 3 corresponde a:

25 100 % del grosor de $550 \text{ nm}/(4n_{\text{Material}})$ de la figura 2a, donde una capa de dióxido de silicio con un grosor de $550 \text{ nm}/(2n_{\text{Dióxido de silicio}})$ se utiliza como capa de resonancia 5,

30 100,5 % del grosor de $550 \text{ nm}/(4n_{\text{Material}})$ de la figura 2b, donde una capa de dióxido de silicio con un grosor del valor de $550 \text{ nm}/(2n_{\text{Dióxido de silicio}})$ también aumentado al 100,5 % se utiliza como la capa de resonancia 5, y

35 100 % del grosor de $550 \text{ nm}/(4n_{\text{Material}})$ de la figura 2c, donde una capa de fluoruro de magnesio con un grosor de $(2.550 \text{ nm})/n_{\text{Fluoruro de magnesio}}$ se utiliza como capa de resonancia 5.

40 A pesar del graduado muy similar, se puede ver que hay desviaciones. La comparación del espectro en la figura 2a y el espectro en la figura 2b muestra la influencia del grosor de capa d de la capa de resonancia 5 en la posición del modo resonante. El aumento del 0,5 % (correspondiente al grosor físico de 1 nm) desplaza la parábola de dispersión completa en casi 3 nm a longitudes de onda más largas. Un cruce de la resonancia entre las figuras 2a y 2b ya no es posibles para ningún ángulo si el ancho de resonancia de ambos modos es suficientemente estrecho (<1 nm).

45 El espectro en la figura 2c muestra un aumento más pronunciado en la dispersión asociada resultante del índice de refracción más bajo del fluoruro de magnesio y el grosor de la capa cuádruple. Si el espectro en la figura 2a ahora se compara con el espectro de la figura 2c, se puede ver que los modos resonantes se cruzan en un ángulo bajo y divergen con un ángulo creciente (la resonancia se determina en cada caso para 10° como ejemplo).

50 La figura 3 muestra el principio funcional de la selección de dirección del elemento de filtro 50 introducido en la figura 1, en base a los efectos que se enumeran en la explicación de la figura 2. Ambos microrresonadores 10, 11 tienen el mismo gradiente y están ubicados uno frente al otro en la superficie del sustrato 1 con un grosor h . Una señal perpendicularmente incidente 12 incide el primer microrresonador 10, y la parte de señal de la señal intermedia 14 correspondiente a 0° en la figura 2a se transmite e incide el segundo microrresonador 11 después del paso del sustrato 1. Dado que ambos resonadores 5 y 7 son simétricos, el segundo microrresonador 11 tiene el mismo comportamiento de transmisión en la posición de entrada del componente de señal 14, como resultado de lo cual el componente de señal (posiblemente debilitado) 14 puede penetrar en el segundo microrresonador 11 y ser detectado como una señal de salida 14a.

55 Si una señal incidente inclinada 13 incide el primer microrresonador 10 en un ángulo más alto, un componente de señal 15 correspondiente a este ángulo según la figura 2a se transmite como un modo resonante, en este caso la longitud de onda es menor que cuando la señal 12 es perpendicular. Dentro del sustrato 1, que es grueso en comparación con los microrresonadores 10, 11, este modo cubre una parte de trayectoria L a lo largo del gradiente de grosor de capa de los microrresonadores 10, 11, que resulta del grosor del sustrato h y el ángulo de incidencia de la señal incidente inclinada 13.

65 En la posición de entrada al segundo microrresonador 11, la señal incidente inclinada 13 incide ahora un espesor de capa discordante (más delgado o más grueso) provocado por el gradiente. Por consiguiente, como se establece en

la descripción de la figura 2, las parábolas de dispersión ya no se cruzan en ningún punto mientras se mantiene el ángulo de inclinación y la señal 15 se refleja como señal 15a en lugar de transmitirse. Decisivo para el ángulo de aceptación donde un modo resonante penetra a través de ambos microrresonadores 10, 11 es la resolución espectral (finura) de los microrresonadores individuales 10, 11, el grosor h del sustrato 1 y el gradiente relativo del grosor de la capa.

La figura 4a muestra una realización ejemplar de un componente 60 con un elemento de filtro 50, donde por medio de elementos de pared altamente absorbentes 18, 19 se asegura que también tenga lugar una selección direccional perpendicular al gradiente de grosor de los microrresonadores 10, 11. En esta dirección, la geometría idéntica asegura que las parábolas de transmisión según la figura 2 se solapen, de modo que no sería posible una calibración de la longitud de onda con luz incidente inclinada de la señal de entrada 13. Con la ayuda de los elementos de pared 18, 19, ahora se selecciona un intervalo angular de la señal de entrada 13. Para este propósito, la extensión del elemento de filtro 50 perpendicular al gradiente es considerablemente menor, por ejemplo, los elementos de línea se usan aquí como un posible sensor.

En la figura 4b se muestra la realización ejemplar específica del componente 60 según la figura 4a en una vista lateral para demostrar la selección del ángulo de inclinación de la señal incidente 22. Si una señal de entrada 20 cae verticalmente dentro del nivel mostrado en el componente 60 con el elemento de filtro 50, no está influenciada por los elementos de pared 18, 19 y puede, como se muestra en la figura 3, después de pasar a través de los microrresonadores 10, 11 en la parte posterior, detectarse como señal 25a. Un haz inclinado 22 en un ángulo suficientemente grande incide uno de los elementos de pared 18, 19 en su paso a través del componente 60 y se absorbe aquí como una señal 22a. El ángulo de aceptación γ , en consecuencia, la resolución espectral del elemento de filtro 50 dentro del plano mostrado se determina por la relación entre la altura de pared y la distancia de pared de los elementos de pared 18, 19. Esto hace posible miniaturizar todo el componente 60 si el ancho del elemento de filtro 50 perpendicular al gradiente de capa es muy estrecho. Sin embargo, la extensión deberá ser un múltiplo de la longitud de onda media a analizar para suprimir la influencia de los efectos de difracción y al mismo tiempo obtener una señal de entrada suficientemente fuerte para una alta relación señal/ruido.

La figura 5 muestra un procedimiento alternativo para la selección de dirección de la señal de entrada 20 perpendicular al gradiente de grosor del microrresonador 10 sobre la base de tres espectros de transmisión calculados para distintos ángulos de incidencia. Esto muestra un modo transmitido dentro del intervalo de longitud de onda espectralmente opaco (banda de detención). El elemento de filtro 50 tiene en su primer lado una capa de resonancia 5 de $550 \text{ nm}/(2n_{\text{Dióxido de titanio}})$ de grosor hecha del material de alto índice de dióxido de titanio ($n = 2.1$), en el segundo lado un microrresonador de bajo índice 11 hecho de fluoruro de magnesio ($n = 1.35$) con un grosor de $(3.550 \text{ nm})/2n_{\text{Fluoruro de magnesio}}$. El gradiente es simétrico con el sustrato 1, como resultado de lo cual los modos de ambos microrresonadores 10 y 11 coinciden en el caso de incidencia perpendicular de luz según la figura 2a y la figura 2c. A medida que aumenta el ángulo de incidencia (5° y 10°), como se esperaba, la resonancia cambia a longitudes de onda más cortas, pero al mismo tiempo la fuerza de la señal cae bruscamente, ya que las dos parábolas se separan cada vez más debido a la dispersión distinta.

Este efecto amplía la resolución espectral en la dirección de las longitudes de onda cortas en comparación con la transmisión bajo incidencia perpendicular de luz, pero aún puede ser pequeña ($<1 \text{ nm}$) según la estructura específica del elemento de filtro 50.

En la simulación, se supuso un microrresonador 10 que consta de 7.5 pares de capas alternas de dióxido de silicio y dióxido de titanio (grosor de $550 \text{ nm}/(4n_{\text{Material}})$), una reducción aumenta la intensidad de la posible señal, pero reduce el efecto de la selección del ángulo y por lo tanto reduce la resolución espectral.

En contraste con la realización del componente 60, como se muestra en las figuras 4a, 4b, en la presente invención no se necesitan más elementos para limitar la señal perpendicular al gradiente de capa. Como resultado, el componente 60 también puede extenderse en términos bidimensionales y, por lo tanto, es adecuado para llevar a cabo la detección espectral por medio de un detector de matriz a lo largo de una coordenada espacial o una coordenada angular mostrada.

La figura 6 muestra esquemáticamente cómo se puede detectar claramente una señal de entrada 20 en las posiciones 23, 24, que excede espectralmente el intervalo de longitud de onda opaca (intervalo de bloqueo) con el componente 60 presentado. En una primera posición 23 de la señal de entrada 20, la señal de entrada espectralmente ancha 20 está dentro de los límites del intervalo de bloqueo. Una detección puede tener lugar después de pasar a través de los microrresonadores 10, 11 según los principios explicados en las explicaciones anteriores con la señal intermedia 25 y la señal de salida 25a. En una segunda posición 24 de la señal de entrada 20, la señal de entrada espectralmente ancha 20 excede el límite del intervalo de bloqueo, donde ya no es posible asignar de forma exclusiva la señal detectable 25a (ya sea en modo resonante o luz transmitida fuera del intervalo de bloqueo). Por esta razón, la parte de filtro ascendente localmente variable 26 suprime la parte del espectro que se encuentra fuera del intervalo de bloqueo respectivo. La parte de filtro 26 puede actuar tanto de forma absorbente (p. ej., colorantes funcionales) como reflectante (filtro de paso de banda). Para la disposición local de la parte del filtro 26, son posibles niveles discretos, así como graduados de gradiente de corte.

La figura 7 muestra un dispositivo espectroscópico/espectrométrico 70 para convertir información espectral en información de ubicación, que al menos comprende

- 5 - una fuente de luz 16,
- un detector 30,
- 10 - una unidad de evaluación 40, que está conectada al detector 30 a través de una línea de conexión 35,
- una unidad de visualización 17 y
- un elemento de filtro 50 según la invención,
- 15 donde el elemento de filtro 50 está diseñado de tal manera que tiene una parte de onda corta 32b de la luz de la fuente de luz 16 después de pasar a través del elemento de filtro 50 en la región transparente de onda corta y una parte de onda larga 33b de la luz de la fuente de luz 16 después de pasar a través del elemento de filtro 50 en el área transparente de transmisión de onda larga y que refleja una parte de onda larga 31b de la luz de la fuente de luz 16 después de incidir el elemento de filtro 50 en el área transparente de onda corta y una parte de onda corta 34b de la luz de la fuente de luz 16 después de incidir el elemento de filtro 50 en el área transparente de onda larga.

Los siguientes componentes de luz se indican en la figura 7:

- 25 una parte de onda larga 31a de la luz de la fuente de luz 16 antes de que llegue al elemento de filtro 50 en la región transparente de onda corta,
- una parte de onda larga 31b de la luz de la fuente de luz 16 después de que llegue al elemento de filtro 50 en la región transparente de onda corta,
- 30 una parte de onda corta 32a de la luz de la fuente de luz 16 antes de que pase a través del elemento de filtro 50 en la región transparente de onda corta,
- una parte de onda corta 32b de la luz de la fuente de luz 16 después de pasar a través del elemento de filtro 50 en la región transparente de onda corta,
- 35 una parte de onda larga 33a de la luz de la fuente de luz 16 antes de que pase a través del elemento de filtro 50 en la región transparente de onda larga,
- una parte de onda larga 33b de la luz de la fuente de luz 16 después de pasar a través del elemento de filtro 50 en la región transparente de onda larga,
- 40 una parte de onda corta 34a de la luz de la fuente de luz 16 antes de que llegue al elemento de filtro 50 en la región transparente de onda larga y
- 45 una parte de onda corta 34b de la luz de la fuente de luz 16 después de que llegue al elemento de filtro 50 en la región transparente de onda larga.

Las ventajas del elemento de filtro 50 según la invención para un espectrómetro 70 son las siguientes:

- 50 La construcción según la invención permite la realización de espectrómetros 70 que ahorran espacio en particular en la dirección de propagación de la señal luminosa, ya que con una distancia mínima entre el elemento de filtro 50 y el detector 30 según la figura 7, solo su extensión vertical define el tamaño del espectrómetro 70.

- 55 Si se usa un elemento bidimensional (matriz) para el detector 30, en función de la configuración óptica en el lado de entrada, la calidad de la señal puede aumentarse por un lado (integración) o puede llevarse a cabo una medición espectral dependiente de la ubicación/ángulo.

- 60 Mediante el uso de materiales dieléctricos, se puede lograr una alta sensibilidad (transmisión de la resonancia cercana al 100 %) con alta selectividad (anchura a potencia media estrecha de la señal) y SNR favorable (entorno espectral de la resonancia con transmisión <0,1 %). Al elegir la extensión lateral de la combinación entre elemento de filtro y detector, así como la densidad de los elementos detectores, también existe la posibilidad de influir en la resolución del espectrómetro.

- 65 El uso de graduados de grosor de capa no uniformes permite la producción de espectrómetros específicos con distintos intervalos de medición en un dispositivo (por ejemplo, visión general espectral aproximada y sección finamente resuelta). La estructura básica también es fácil de encapsular y puede usarse en entornos particularmente

reivindicados debido a la pequeña cantidad de componentes necesarios.

Además, los componentes, como los detectores de alta resolución 30, ahora se producen en masa y los elementos de filtro 50 se pueden producir en grandes cantidades en paralelo, de modo que los costes totales de un espectrómetro 70 con el elemento de filtro óptico 50 según la invención pueden ser bajos.

Lista de referencias

- 1 sustrato
- 2 índice de refracción alto de la capa de material
- 3 índice de refracción bajo de la capa de material
- 4 primera pila de capas / primer reflector
- 5 primera capa de resonancia
- 6 segunda pila de capas / segundo reflector
- 7 segunda capa de resonancia
- 8 pila de capas / reflector
- 9 pila de capas / reflector
- 10 primer microrresonador
- 11 segundo microrresonador
- 12 señal incidente
- 13 señal de entrada
- 14 señal intermedia
- 14a señal de salida
- 15 componente de señal reflectante
- 15a componente de señal transmitido
- 16 fuente de luz
- 17 unidad de visualización
- 18 primer elemento de pared
- 19 segundo elemento de pared
- 20 señal de entrada
- 21 eje horizontal del elemento de filtro
- 22 señal incidente inclinada
- 22 señal absorbida
- 23 posición
- 24 posición
- 25 señal intermedia
- 25a señal de salida
- 26 parte de filtro
- 30 detector
- 31a parte de onda larga de la luz antes de incidir el elemento de filtro en el área transparente de onda corta
- 31b parte de onda larga de la luz después de incidir el elemento de filtro en el área transparente de onda corta
- 32a parte de onda corta de la luz antes de pasar a través del elemento de filtro en el área transparente de onda corta
- 32b parte de onda corta de la luz después de pasar a través del elemento de filtro en el área transparente de onda corta

ES 2 799 427 T3

33a	parte de onda larga de la luz antes de pasar a través del elemento de filtro en el área transparente de onda larga
33b	parte de onda larga de la luz después de pasar a través del elemento de filtro en el área transparente de onda larga
34a	parte de onda corta de la luz antes de incidir el elemento de filtro en el área transparente de onda larga
34b	parte de onda corta de la luz después de incidir el elemento de filtro en el área transparente de onda larga
35	línea de conexión
40	unidad de evaluación
50	elemento de filtro para convertir información espectral en información de ubicación
51	primera superficie
52	segunda superficie
53	primer lado del elemento de filtro
54	segundo lado del elemento de filtro
60	dispositivo
70	dispositivo espectroscópico
h	grosor del sustrato
d	grosor de la capa de resonancia
α	ángulo de propagación
n	índice de refracción

REIVINDICACIONES

1. Elemento de filtro óptico (50) para dispositivos (70) para convertir información espectral en información de ubicación con un detector conectado (30) para detectar señales, donde luz que golpea el elemento de filtro (50) sobre toda la superficie, después de pasar a través del elemento de filtro (50) se separa en los componentes espectrales individuales sobre su extensión espacial,
- que comprende al menos dos microrresonadores (10, 11),
- donde ambos microrresonadores (10; 11) comprenden al menos
- al menos dos estructuras de capa reflectantes que cubren la superficie (4, 6; 8, 9) hechas al menos de una capa de material (2) con un alto índice de refracción y al menos de una capa de material (3) con un bajo índice de refracción en una secuencia alterna y
 - al menos una capa de resonancia que cubre la superficie (5; 7) que está dispuesta entre las dos estructuras de capa reflectantes que cubren la superficie (4, 6; 8, 9),
- caracterizado porque el elemento de filtro (50) comprende al menos un sustrato transparente plano paralelo (1) para desacoplar ópticamente los dos microrresonadores (10, 11),
- donde el primer microrresonador (10; 11) está ubicado en una primera de las dos superficies opuestas (51; 52) del sustrato (1), donde el segundo microrresonador (11; 10) está ubicado en el sustrato (1) en una segunda superficie (54) del sustrato (1) opuesta a la primera superficie (51), y
- donde la capa de resonancia (5; 7) y/o la respectiva estructura de la capa reflectante (4, 6; 8, 9) que rodea la capa de resonancia (5; 7) presentan un grosor de capa variable a lo largo de un eje horizontal (25) del elemento de filtro (50).
2. Elemento de filtro óptico según la reivindicación 1, caracterizado porque al menos una parte de la estructura de la capa reflectante (4, 6; 8, 9) y/o al menos una capa de resonancia (5; 7) consiste en un material dieléctrico.
3. Elemento de filtro óptico según la reivindicación 1, caracterizado porque al menos una de las estructuras de capa reflectantes (4, 6; 8, 9) consiste en una pila de capas de materiales ópticamente transparentes alternativos de alto índice y bajo índice.
4. Elemento de filtro óptico según las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque al menos un modo resonante de los microrresonadores (10, 11) tiene una transmitancia superior al 10 %, preferiblemente superior al 50 %, particularmente preferiblemente superior al 90 %.
5. Elemento de filtro óptico según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la estructura geométrica y/o la composición del material de ambos microrresonadores (10, 11) son simétricas al nivel del sustrato.
6. Elemento de filtro óptico según la reivindicación 1, caracterizado porque la primera capa de resonancia (5) del primer microrresonador (10) consiste en un material dieléctrico que es diferente de la segunda capa de resonancia (7) del segundo microrresonador (11), y por lo tanto los modos resonantes tienen una parábola de dispersión con curvaturas mutuamente distintas.
7. Elemento de filtro óptico según la reivindicación 1, caracterizado porque la extensión de la superficie (51, 52) del sustrato (1) perpendicular a la dirección del gradiente del grosor de la capa es menor que en la dirección del gradiente del grosor de la capa.
8. Elemento de filtro óptico según la reivindicación 1, caracterizado porque los elementos de pared absorbentes (18, 19) alargados en la dirección de la radiación están unidos a los lados (53, 54) del elemento de filtro (5).
9. Elemento de filtro óptico según la reivindicación 1, caracterizado porque una parte del filtro óptico localmente variable (26) está unida frente a uno de los microrresonadores (10, 11), donde la preselección espectral de una señal entrante (20) tiene lugar por medio de pasos de banda que tienen un efecto de absorción, transmisión o reflexión.
10. Dispositivo espectroscópico/espectrométrico (70) para convertir información espectral en información de ubicación, que comprende al menos
- una fuente de luz (16),
 - un detector (30),

- una unidad de evaluación (40) que está conectada al detector (30) a través de una línea de conexión (35),

- una unidad de visualización (17) y

5

- un elemento de filtro (50) según las reivindicaciones 1 a 9,

caracterizado porque el elemento de filtro (50) está diseñado de tal manera

10 que deja pasar una parte de onda corta (32b) de la luz de la fuente de luz (16) después de pasar a través del elemento de filtro (50) en la región transparente de onda corta y una parte de onda larga (33b) de la luz de la fuente de luz (16) después de pasar a través del elemento de filtro (50) en el área transparente de onda larga, y

15 que refleja una parte de onda larga (31b) de la luz de la fuente de luz (16) después de incidir el elemento de filtro (50) en la región transparente de onda corta y una parte de onda corta (34b) de la luz de la fuente de luz (16) después de incidir el elemento de filtro (50) en el área transparente de onda larga.

11. Dispositivo espectroscópico/espectrométrico según la reivindicación 10, caracterizado porque tiene como detector (30) un convertidor de matriz o de serie fotoeléctrico basado en CCD, CMOS, fotodiodo o multiplicador.

Fig. 1

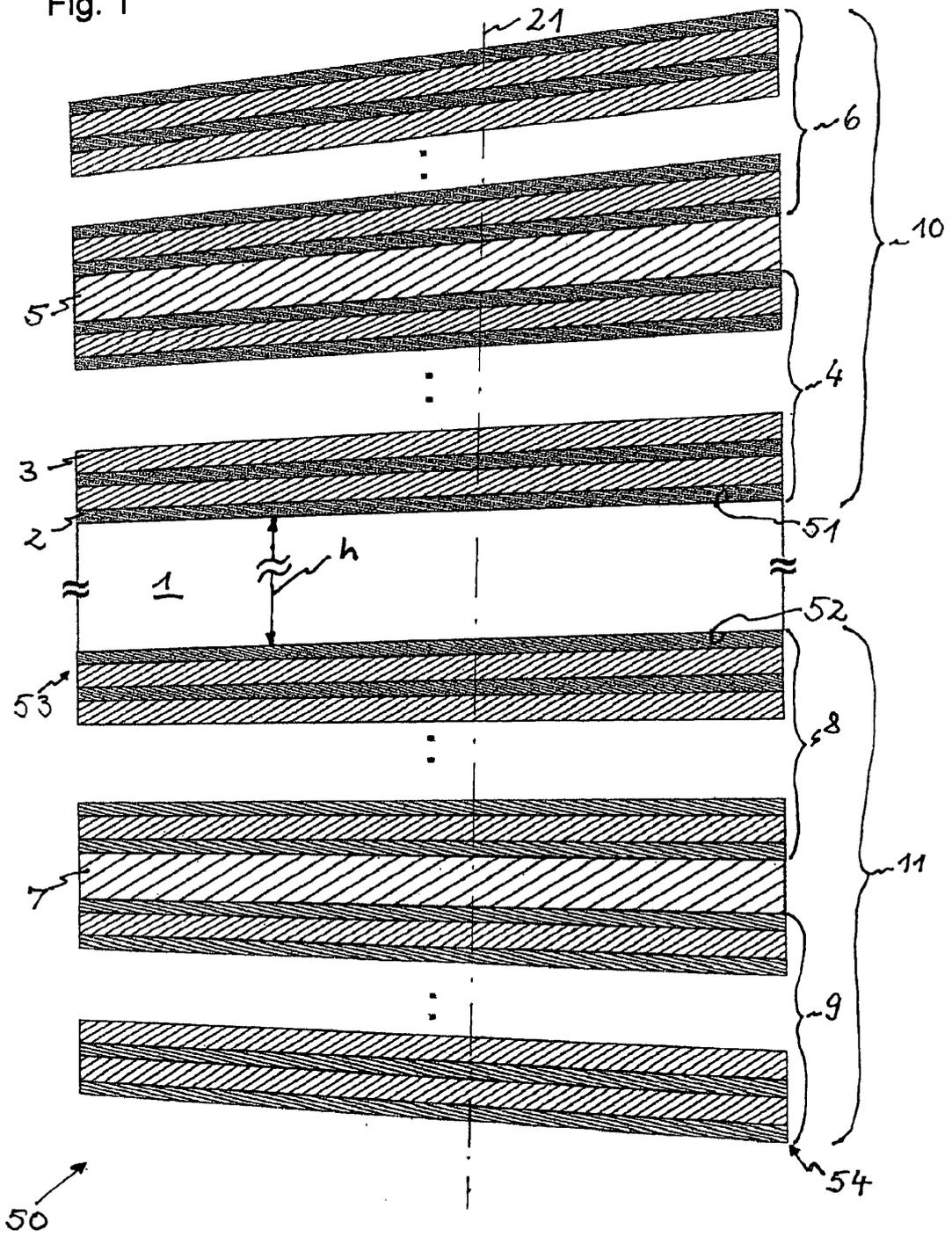


Fig. 2a

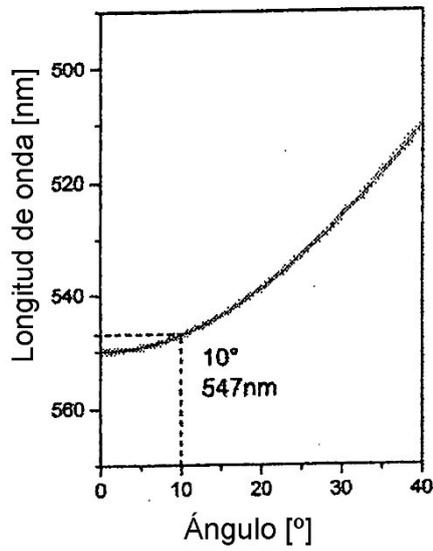


Fig. 2b

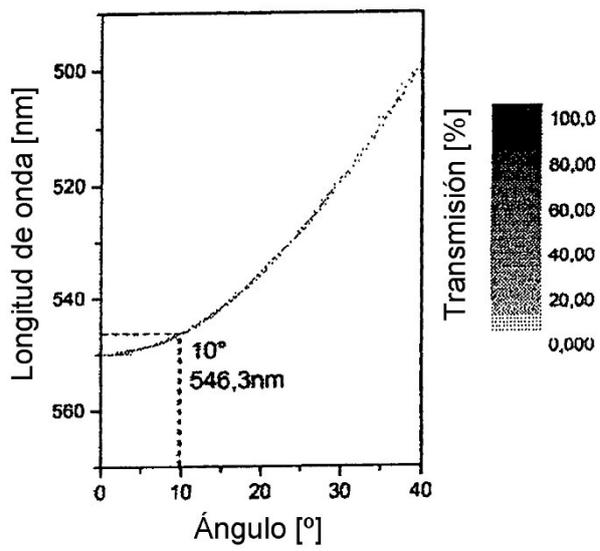
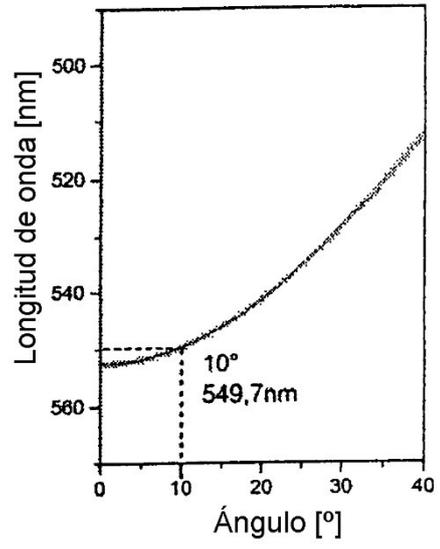


Fig. 2c

Fig. 2

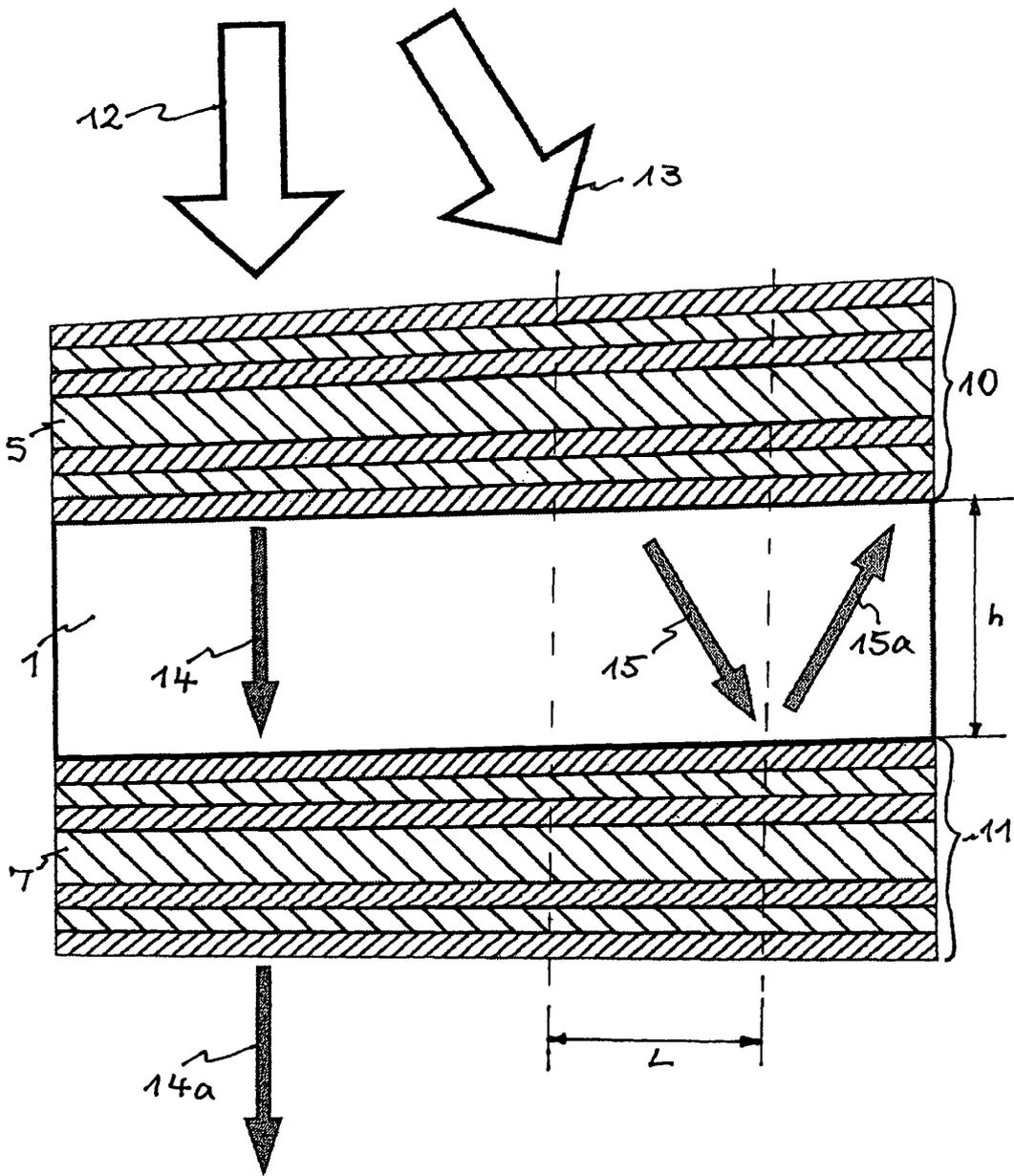


Fig. 3

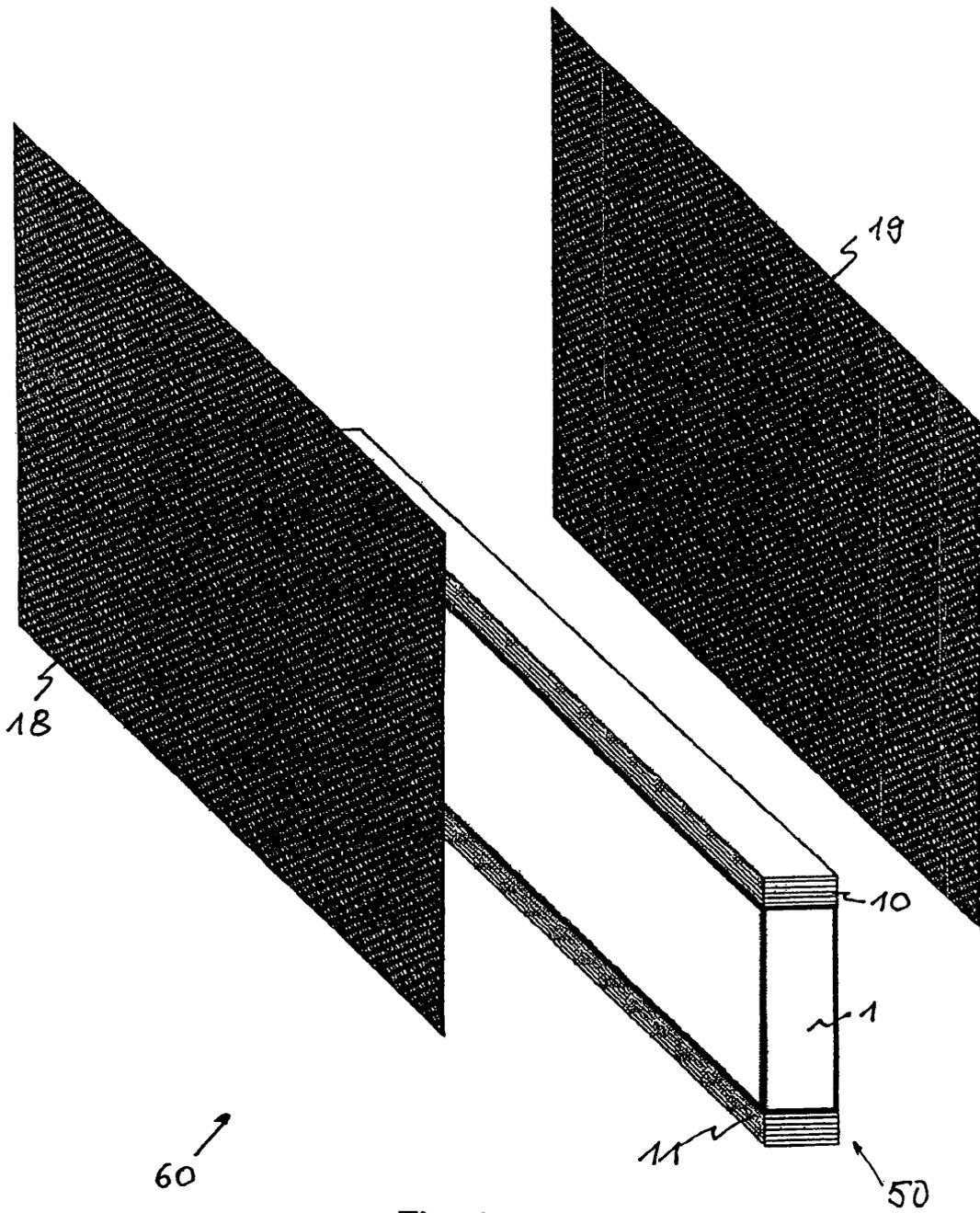


Fig. 4a

Fig. 4b

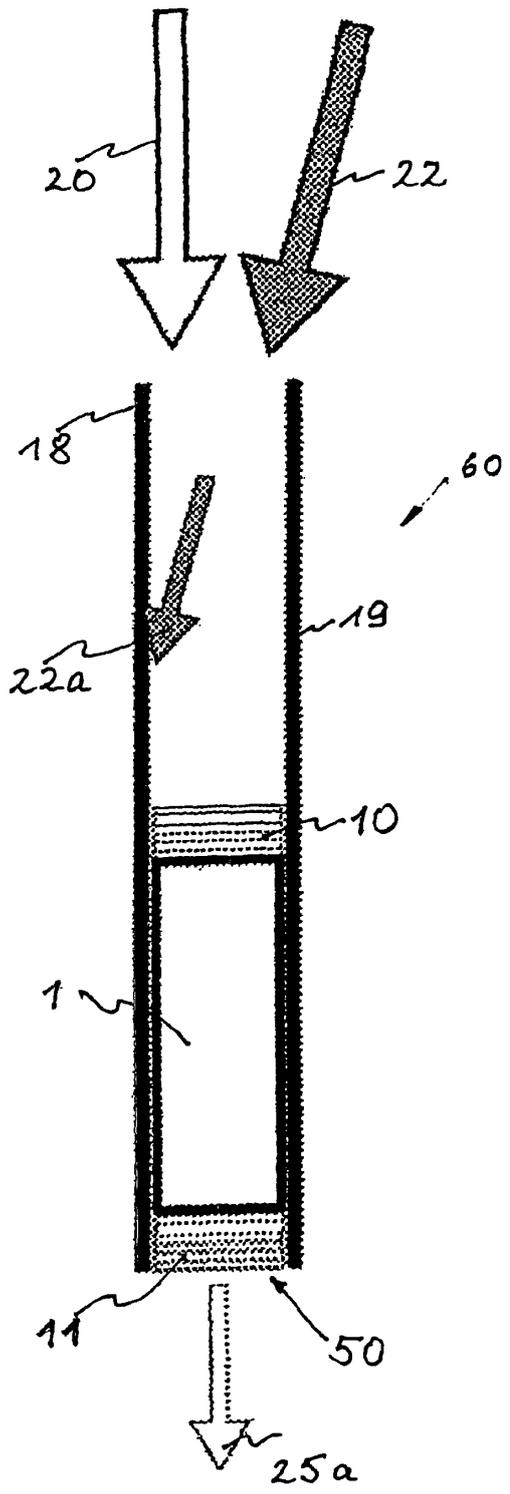
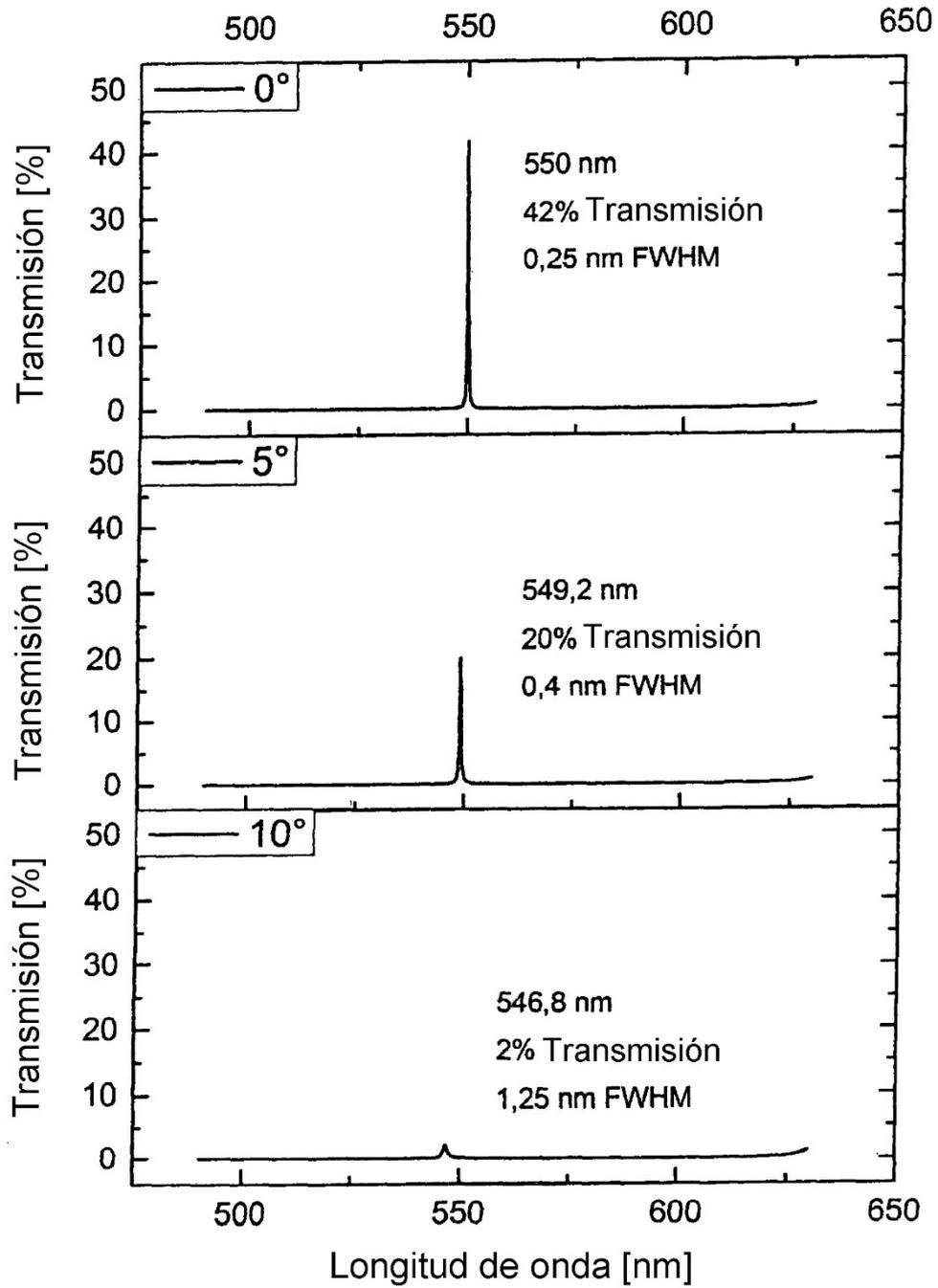


Fig. 5



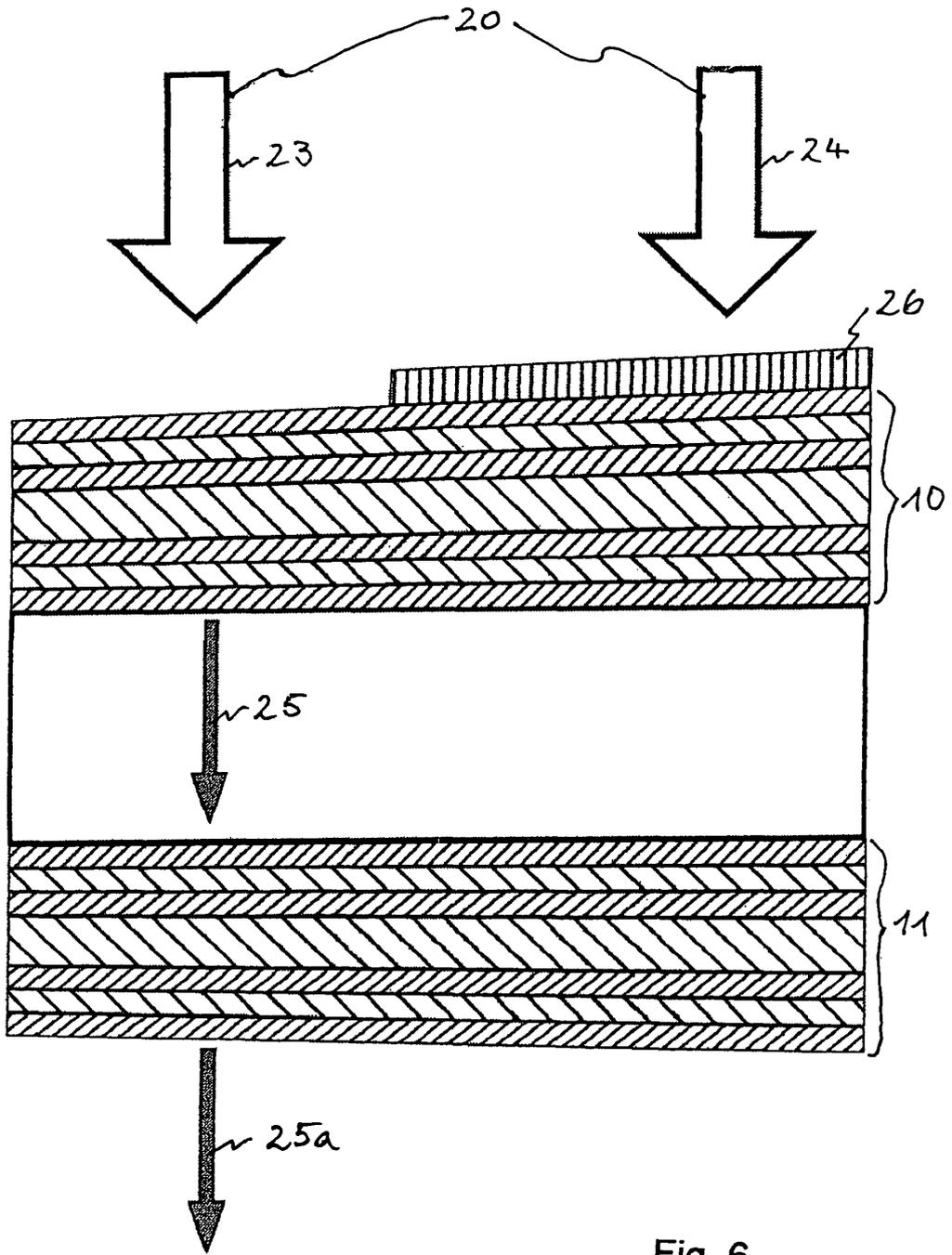


Fig. 6

