

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 664 410**

51 Int. Cl.:

G07D 7/1205 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.04.2007 PCT/EP2007/003220**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.10.2007 WO07118655**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2007 E 07724161 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018 EP 2011092**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para el análisis óptico de documentos de valor**

30 Prioridad:

12.04.2006 DE 102006017256
27.09.2006 DE 102006045624

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

19.04.2018

73 Titular/es:

**GIESECKE+DEVRIENT CURRENCY
TECHNOLOGY GMBH (100.0%)
Prinzregentenstraße 159
81677 München, DE**

72 Inventor/es:

**BLOSS, MICHAEL;
CLARA, MARTIN y
DECKENBACH, WOLFGANG**

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 664 410 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 y procedimiento para el análisis óptico de documentos de valor

5 La invención se refiere a un dispositivo y a un procedimiento para el análisis óptico de documentos de valor, así como a dispositivos para procesar documentos de valor con un dispositivo de análisis según la invención.

10 Por documento de valor se entienden en este contexto objetos que representan, por ejemplo, un valor monetario o una autorización y, por tanto, no deben poder ser fabricados por personas no autorizadas. Por este motivo, presentan características que no resultan fáciles de fabricar, especialmente de copiar, cuya presencia es un indicio de autenticidad, es decir, de la fabricación por parte de un organismo autorizado. Ejemplos importantes de este tipo de documentos de valor son tarjetas de chip, cupones, vales, cheques y, en particular, billetes.

15 Una clase importante de características de este tipo de documentos de valor son características ópticamente reconocibles, entre la cuales se encuentran en particular aquellas para las cuales se utilizan sustancias luminiscentes que emiten radiación de luminiscencia con un espectro característico cuando son irradiadas con radiación óptica con una longitud de onda predeterminada. Por radiación óptica se entiende en este contexto la radiación electromagnética en el rango ultravioleta, visible o infrarrojo del espectro electromagnético.

20 Para comprobar la autenticidad, un documento de valor se puede irradiar con la radiación óptica adecuada. Mediante un dispositivo sensor adecuado se comprueba entonces si la radiación óptica en zonas predeterminadas sobre o en el documento de valor provoca una radiación de luminiscencia, para lo cual se analiza espectralmente la radiación óptica procedente del documento de valor.

25 Una comprobación de este tipo debe poder realizarse de forma lo más rápida posible y con un equipo lo más sencillo posible; para poder realizar los dispositivos en los cuales se realiza una comprobación de autenticidad en base a las características de luminiscencia con requisitos de espacio reducidos, es conveniente que un dispositivo para la comprobación de características de luminiscencia esté construido de forma muy compacta, pero aun así ofrezca suficiente resolución espectral y sensibilidad para poder reconocer la presencia del espectro de luminiscencia característico.

30 De los documentos DE 10 2004 035494 A1 y EP 1158 459 A1 se conocen dispositivos según los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 8, que presentan respectivamente una red de proyección como elemento óptico de dispersión espacial.

35 Del documento WO 01/16870 A1 se conocen un procedimiento y un dispositivo para la comprobación de autenticidad de documentos. El dispositivo dispone de una carcasa con una abertura transparente. Una fuente de luz de banda ancha se utiliza para iluminar un documento colocado sobre la abertura. Una lente convexa y un conductor de luz son utilizados para enfocar y transmitir la luz procedente del documento iluminado. La luz reflejada es dirigida a un diafragma que está dispuesto en el foco de una lente de colimación. La lente de colimación actúa en combinación con una red de difracción para dirigir un espectro de longitudes de onda de luz a un dispositivo fotosensor. Para la comprobación de autenticidad se compara el espectro en el rango de longitudes de onda visibles con un espectro predeterminado.

45 El objetivo de la presente invención consiste en crear un dispositivo para el análisis óptico de documentos de valor que permita una construcción muy compacta con requisitos de espacio reducidos.

50 El objetivo se consigue según una primera alternativa mediante un dispositivo con las características de la reivindicación 1. El dispositivo para el análisis óptico de documentos de valor comprende en primer lugar una zona de registro, en la que durante el análisis se encuentra un documento de valor, y un dispositivo espectrográfico para analizar la radiación óptica procedente de la zona de registro. El dispositivo espectrográfico comprende un elemento óptico de dispersión espacial para descomponer, al menos parcialmente, la radiación óptica procedente de la zona de registro en componentes espectrales separados, que se propagan en diferentes direcciones en función de la longitud de onda, un dispositivo de detección de resolución espacial en al menos una dirección espacial para la detección, en particular de resolución espacial, de los componentes espectrales y un elemento óptico de colimación y enfoque para colimar la radiación óptica desviada de la zona de registro al elemento de dispersión y enfocar en el dispositivo de detección al menos algunos de los componentes espectrales generados mediante el elemento de dispersión.

60 Para analizar el documento de valor en la zona de registro, el dispositivo según la invención conforme a la primera alternativa utiliza una descomposición espectral de la radiación óptica procedente de la zona de registro, en particular, un documento de valor en la zona de registro, que a continuación también se denomina radiación de detección. Para ello dispone de un elemento de dispersión espacial que descompone la radiación óptica incidente, al menos parcialmente, en componentes espectrales que se expanden en direcciones espaciales diferentes en función de la longitud de onda del correspondiente componente espectral. Para ello, el elemento de dispersión únicamente necesita poder trabajar en un rango de longitudes de onda predeterminado en función de los documentos de valor

predeterminados. La presencia de radiación óptica en una determinada dirección espacial y, a través de ello, del correspondiente componente espectral, es detectada mediante el dispositivo de detección de resolución espacial, cuyas señales de detección pueden ser enviadas a un dispositivo de evaluación y evaluadas en el mismo para un registro al menos parcial de un espectro de la radiación procedente de la zona de registro. En particular, la zona de registro se puede elegir en este caso de forma que un dispositivo de transporte predeterminado para los documentos de valor, por ejemplo, correas accionadas, puedan transportar los documentos de valor a analizar en la zona de registro.

El dispositivo de detección puede presentar en particular varios elementos de detección dispuestos preferentemente en fila para detectar la radiación óptica que incide respectivamente sobre los mismos y generar las correspondientes señales de detección. No obstante, también se puede utilizar un campo bidimensional de elementos de detección.

De forma correspondiente, para el análisis óptico de un documento de valor, en el que la radiación óptica procedente del documento de valor es transformada por un elemento óptico, en particular, un elemento óptico de colimación y enfoque, en un haz de rayos paralelos, se descompone al menos parcialmente el haz de rayos en componentes espectrales de diferentes longitudes de onda, que se propagan en diferentes direcciones en función de la longitud de onda, se enfocan al menos algunos de los componentes espectrales mediante el elemento óptico en un dispositivo de detección y se detectan los componentes espectrales enfocados en el dispositivo de detección.

El dispositivo está caracterizado en particular por que únicamente se utiliza un elemento óptico, el elemento óptico de colimación y enfoque, para cumplir con dos objetivos, a saber, por un lado, la colimación de la radiación óptica procedente de la zona de registro, en particular, un documento de valor en la misma, y, por otro lado, el enfoque de los componentes espectralmente descompuestos en el dispositivo de detección.

La propuesta de esta construcción sorprendentemente sencilla se basa en la observación de que, con el objetivo de comprobar documentos de valor, es suficiente una capacidad de resolución espectral moderada, en comparación con la espectroscopía científica, que se puede lograr fácilmente con los medios propuestos.

El uso de únicamente un elemento óptico para la colimación y el enfoque permite además al menos un pliegue de la trayectoria de rayo después del elemento óptico, lo que permite una buena capacidad de resolución espectral con requisitos de espacio reducidos.

En comparación con otra solución posible, por ejemplo, el uso de una red de proyección, resulta como ventaja adicional que el elemento de dispersión y el elemento óptico de colimación y enfoque son componentes sencillos y, por tanto, fáciles y económicos de fabricar.

Además, solo es necesario ajustar el elemento óptico de colimación y enfoque, mientras en construcciones con elementos ópticos separados para colimación y enfoque se deben ajustar dos elementos ópticos.

Otra ventaja de la disposición propuesta consiste en que se puede lograr una apertura numérica muy elevada de la trayectoria del rayo entre el elemento óptico de colimación y enfoque.

Además, el dispositivo está caracterizado por que la dirección de la radiación de la zona de registro que incide sobre el elemento óptico de colimación y enfoque está inclinada respecto a una superficie abarcada por los componentes espectrales en la zona entre el elemento óptico de colimación y enfoque y el dispositivo de detección. Esto permite una disposición del dispositivo de detección con requisitos de espacio reducidos.

El elemento óptico de colimación y enfoque puede realizarse básicamente de cualquier forma. Por ejemplo, como elemento constructivo óptico de colimación y enfoque, este puede contener al menos un espejo de proyección. No obstante, para poder lograr una trayectoria de rayo lo más simple posible y una construcción económica, el elemento óptico de colimación y enfoque presenta preferentemente al menos una lente, que puede ser una lente refractiva o una lente óptica difractiva.

Para lograr una buena resolución espectral y permitir una evaluación y una calibración sencillas del dispositivo de detección, el elemento óptico de colimación y enfoque del dispositivo puede ser acromático. Por acromático se entiende que el elemento óptico en el rango espectral en el que trabaja el dispositivo espectrográfico está corregido cromáticamente; preferentemente, los focos para dos diferentes longitudes de onda en el rango espectral predeterminado están superpuestos. El uso de un elemento óptico acromático tiene la ventaja de que la radiación procedente de la zona de registro y desviada al elemento de dispersión prácticamente no es dividida espectralmente de forma adicional y en particular, si se producen aberraciones cromáticas al enfocar los componentes espectrales en el dispositivo de detección, solo es en menor medida. En caso del uso de un diafragma de entrada o un dispositivo equivalente, para acercarse lo máximo posible al límite de resolución teórico determinado por el tamaño de la abertura del diafragma, por ejemplo, en el caso de un diafragma de ranura, la anchura de la ranura, se pretende que el círculo de confusión de un punto de imagen generado en el dispositivo de detección en el rango espectral a demostrar o el rango espectral de trabajo del dispositivo mediante cromatismo se mantenga inferior a preferentemente $1/5$, de forma especialmente preferente $1/10$, del tamaño de la abertura del diafragma.

5 Los componentes espectrales abarcan como superficie un plano y el dispositivo de detección comprende una fila de elementos de detección, que discurre en dirección del plano, los cuales discurren por encima o por debajo de un plano determinado por la trayectoria de rayo de la radiación procedente de la zona de registro. La dirección de la radiación de la zona de registro entre el elemento óptico de colimación y enfoque y el elemento de dispersión está inclinada respecto a una superficie abarcada por los componentes espectrales en la zona entre el elemento óptico de colimación y enfoque y el dispositivo de detección.

10 Además, en el dispositivo, una proyección geométrica de la radiación procedente de la zona de registro sobre una superficie limitada y abarcada por los componentes espectrales que inciden sobre el dispositivo de detección puede encontrarse en esta superficie, al menos en una sección directamente delante del elemento óptico de colimación y enfoque. Esto da lugar a una disposición con requisitos de espacio especialmente reducidos.

15 Además, en la trayectoria del rayo desde la zona de registro hasta el dispositivo espectrográfico, en el dispositivo pueden estar dispuestos un diafragma dispuesto en la superficie cáustica del elemento óptico de colimación y enfoque y un elemento óptico de proyección para proyectar la zona de registro en el diafragma. El diafragma se puede realizar en este caso en particular mediante un cuerpo de diafragma con una abertura de diafragma o también mediante un elemento desviador de rayo o elemento desviador, por ejemplo, un espejo o un divisor de haces, con una superficie que represente un diafragma y refleje al menos parcialmente la radiación de detección.

20 De forma especialmente preferente, el dispositivo de detección puede estar entonces distanciado del diafragma en una dirección que discorra ortogonal a la dirección en la que están divididos los componentes espectrales. Esto da lugar a una construcción especialmente compacta del dispositivo.

25 El diafragma se encuentra en este caso, visto preferentemente en dirección de la división de los componentes espectrales, a un lado del dispositivo de detección. A un lado también puede significar en este caso por encima o por debajo, en función de la orientación del dispositivo respecto al suelo. Si se utiliza un dispositivo de detección con una fila de elementos de detección, una perpendicular al diafragma hacia la fila, corta preferentemente la propia fila.

30 Como elemento de dispersión se puede utilizar básicamente cualquier elemento constructivo óptico o una combinación de elementos constructivos ópticos que divida la radiación incidente al menos parcialmente en componentes espectrales que se propagan en diferentes direcciones en función de las respectivas longitudes de onda. Por ejemplo, se puede utilizar un prisma. No obstante, el elemento óptico de dispersión del dispositivo presenta preferentemente una red óptica. Como componentes espectrales se pueden utilizar en este caso preferentemente los componentes espectrales del primer orden de difracción, aunque, no obstante, también es posible el uso de mayores órdenes de difracción. Este modo de realización tiene la ventaja de que las redes están disponibles de forma sencilla y económica para cualquier rango del espectro óptico, especialmente para el rango infrarrojo. La red puede ser cualquier tipo de red, por ejemplo, de fabricación mecánica, litográfica u holográfica.

40 En este sentido, la red es preferentemente una red de reflexión que desvía los componentes espectrales directamente de vuelta al elemento óptico de colimación y enfoque, lo que permite lograr una construcción especialmente compacta.

45 Además, la red se debe elegir y orientar respecto al dispositivo de detección preferentemente de forma que la radiación del orden de difracción cero no incida sobre el dispositivo de detección. Esto tiene la ventaja de que el orden de difracción cero se puede utilizar opcionalmente para otros análisis. Como red se puede utilizar en particular una red Echelle. De forma especialmente preferente, como red Echelle se utiliza una red "Blaze". Esto tiene la ventaja de que, mediante la correspondiente realización y disposición de la red, la radiación del orden de difracción predeterminado para la formación de los componentes espectrales puede lograr una intensidad especialmente elevada.

50 La red puede estar orientada con su estructura lineal de efecto dispersante ortogonal al eje óptico del elemento óptico de colimación y enfoque. En este caso, la radiación procedente de la zona de registro debe incidir entonces sobre la red con una inclinación respecto al eje óptico. No obstante, las estructuras lineales de la red están preferentemente inclinadas respecto al eje óptico del elemento óptico de colimación y enfoque. Esto permite un ajuste sencillo de todos los elementos constructivos dispuestos entre la zona de registro y el elemento óptico de colimación y enfoque entre sí.

60 Además, el elemento óptico de dispersión puede ser reflectante por sí mismo o estar integrado con un elemento reflectante, lo que reduce el número de elementos constructivos ópticos. No obstante, también es posible utilizar como elemento de dispersión un elemento óptico de dispersión en transmisión, estando previsto entonces un elemento de desvío, por ejemplo, un espejo, para devolver los componentes del rayo generados por el elemento al elemento óptico de colimación y enfoque. En un perfeccionamiento especialmente preferente, el dispositivo de detección presenta al menos dos elementos de detección de borde que están dispuestos de forma que al menos una parte de la trayectoria del rayo de detección pasa entre estos. La trayectoria del rayo de detección desde la zona de registro hasta el elemento de dispersión discurre al menos parcialmente a través del dispositivo de detección, lo que

resulta en una construcción con requisitos de espacio ventajosamente reducidos.

No obstante, esta construcción con requisitos de espacio reducidos no resulta únicamente en el caso del dispositivo según la primera alternativa o del uso del elemento óptico de colimación y enfoque.

5 El objetivo también se consigue fundamentalmente de forma más general según una segunda alternativa mediante un dispositivo con las características de la reivindicación 8 y, en particular, mediante un dispositivo para el análisis óptico de documentos de valor con una zona de registro, en la que, durante el análisis, se encuentra un documento de valor y un dispositivo espectrográfico que comprende un elemento óptico de dispersión espacial para descomponer al menos parcialmente la radiación óptica procedente de la zona de registro a lo largo de una trayectoria del rayo de detección en componentes espectrales separados, que se propagan en diferentes direcciones en función de la longitud de onda, y un dispositivo de detección de resolución espacial en al menos una dirección espacial para la detección de los componentes espectrales, que presenta al menos dos elementos de detección de borde que están dispuestos de forma que al menos una parte de la trayectoria del rayo de detección pasa entre estos.

10 El dispositivo de detección puede presentar en ambas alternativas, además de los dos elementos de detección de borde mencionados, también otros elementos de detección dispuestos respectivamente a continuación de los elementos de detección en una fila. Los elementos de detección de borde no necesitan diferenciarse, salvo en su ubicación, de otros elementos de detección eventualmente presentes, aunque esto es posible. Esto da lugar a un dispositivo de detección con dos filas de detectores de elementos de detección dispuestos a lo largo de una fila. Las filas de detectores forman un hueco a través del cual pasa al menos una parte de la trayectoria del rayo de detección. Ambos elementos de detección de borde están dispuestos a ambos lados del hueco.

20 En la segunda alternativa resulta una construcción especialmente compacta porque el dispositivo está realizado de forma que, en la zona de ambos elementos de detección de borde, la trayectoria del rayo de detección discurre en paralelo a una superficie determinada por una trayectoria de rayo de los componentes espectrales. En particular, la trayectoria del rayo de detección después de ambos elementos de detección de borde y las trayectorias de rayo de los componentes espectrales pueden discurrir al menos parcialmente en un plano, de forma que resulta una construcción especialmente plana.

25 En principio, en un dispositivo según la segunda alternativa, el elemento de dispersión puede realizarse tal como se describe en la primera alternativa, aunque, no obstante, se deben tener en cuenta las trayectorias de rayo modificadas. En particular, el elemento de dispersión puede presentar un efecto reflectante. Si se utiliza un elemento óptico de colimación y enfoque, en un dispositivo según la segunda alternativa se prefiere especialmente que el elemento óptico de dispersión espacial presente un elemento de dispersión y proyección que enfoque la radiación óptica de la zona de registro que ha pasado entre los elementos de detección de borde, dividida en componentes espectrales para al menos un rango espectral predeterminado, en el dispositivo de detección, preferentemente en sus elementos de detección incluyendo los elementos de detección de borde. Este modo de realización ofrece en particular la ventaja de que necesitan utilizarse únicamente unas pocas piezas.

30 Para el elemento de dispersión del dispositivo según la segunda alternativa son válidas las realizaciones correspondientes a la primera alternativa. En particular, el elemento óptico de dispersión puede presentar preferentemente una red óptica que sea preferentemente una red Echelle, cuyos escalones se eligen de forma que la radiación del orden de difracción cero no incida sobre el dispositivo de detección. El uso de una red permite un ajuste especialmente variable de la división de los componentes espectrales. Además, la red puede estar realizada de forma sencilla como red de reflexión, lo que resulta en una construcción con pocos elementos.

35 Si la red es una red de líneas, las estructurales lineales de la red discurren preferentemente de manera ortogonal a la trayectoria del rayo de detección directamente delante de la red óptica. De este modo, los componentes espectrales pueden ser desviados directamente a los elementos de detección del dispositivo de detección.

40 En la zona entre ambos elementos de detección de borde no se detecta ningún componente espectral. Por lo tanto, en un dispositivo según cualquiera de las dos alternativas se prefiere que una trayectoria de rayo desde el elemento de dispersión espacial hasta el dispositivo de detección discurra de forma que un componente espectral de una longitud de onda predeterminada sea desviado entre ambos elementos de detección de borde. En particular, el dispositivo de detección o sus elementos de detección y el elemento de dispersión pueden estar dispuestos entre sí de la forma adecuada para ello. La longitud de onda puede estar predeterminada en función del uso previsto del dispositivo. Si el dispositivo se va a utilizar, por ejemplo, para la medición de radiación de luminiscencia o Raman, la longitud de onda predeterminada es preferentemente la longitud de onda de la radiación de excitación con la que se excita la radiación de luminiscencia o Raman.

45 En particular para comprobar billetes, frecuentemente es conveniente poder detectar la radiación con resolución espectral en diferentes rangos del espectro óptico, en particular en la parte visible e infrarroja del espectro óptico. Por lo tanto, en un dispositivo según cualquiera de las dos alternativas se prefiere que los dos elementos de detección de borde presenten respectivamente diferentes rangos de detección espectral. Si el dispositivo de

5 detección dispone de dos filas de detectores en cuyos extremos opuestos están dispuestos los dos elementos de
 10 detección de borde, se prefiere que los elementos de detección de ambas filas presentan respectivamente los
 mismos rangos de detección espectral, de forma que se diferencien los rangos de detección de los elementos de
 detección en lados opuestos del hueco. En particular, una fila de detectores puede presentar elementos de
 detección para la detección de radiación, al menos en el rango visual de la radiación óptica, por ejemplo, a base de
 silicio, y el otro elemento de detección para la detección de radiación en el rango infrarrojo de la radiación óptica,
 preferentemente con longitudes de onda superiores a 900 nm, a base de semiconductores de arseniuro de indio y
 galio. Este ofrece la ventaja de una detección de banda espectral especialmente ancha con requisitos de espacio
 reducidos. En particular se puede superar la desventaja de que los elementos de detección a base de silicio
 presentan una sensibilidad muy baja para fines de detección práctica en el rango espectral con longitudes de onda
 superiores a 1100 nm.

15 Para poder lograr una relación señal ruido buena a pesar de tiempos de registro lo más cortos posible, para un
 dispositivo según cualquiera de las dos alternativas también se prefiere que al menos algunos elementos de
 detección del dispositivo de detección presenten una superficie sensible de al menos $0,1 \text{ mm}^2$. Esto puede dar lugar
 a ventajas considerables, en particular en comparación con el uso de elementos CCD, en términos de relación señal
 ruido y tiempo de registro.

20 De forma especialmente preferente, el dispositivo de detección cuenta con elementos de detección, en particular
 adicionales a los dos elementos de detección de borde, mediante los cuales se pueden generar simultáneamente
 señales de detección que reproducen una propiedad, especialmente la intensidad, de la radiación que incide sobre
 ellos. Este modo de realización ofrece la ventaja de que las señales de detección generadas por los elementos de
 detección a partir de los componentes espectrales pueden ser registradas simultáneamente, lo que, en particular en
 comparación con los campos CCD, admite una velocidad de registro o una tasa de repetición elevada de la
 medición. En particular, los elementos de detección pueden permitir una lectura independiente entre sí o una
 generación de señales de detección independiente entre sí.

30 En este caso se prefiere especialmente que el dispositivo según cualquiera de las dos alternativas presente un
 dispositivo de evaluación, conectado a los elementos de detección mediante conexiones de señal, que registre
 paralelamente las señales de detección generadas mediante los elementos de detección. Un dispositivo de este tipo
 se puede utilizar preferentemente para registrar tras la radiación de un solo pulso al menos un espectro,
 preferentemente una secuencia temporal de espectros, lo que es particularmente ventajoso para el análisis de
 fenómenos de luminiscencia.

35 Resulta muy ventajoso que el dispositivo de evaluación registre señales de detección de los elementos de detección
 del dispositivo de detección en función de una señal que representa la emisión de un pulso de radiación de
 iluminación sobre la zona de registro. De este modo se puede realizar de forma muy sencilla y simultáneamente
 precisa un análisis de luminiscencia, por ejemplo, de un billete, ya que se puede fijar el intervalo de tiempo entre la
 emisión del pulso y el registro.

40 Para limitar o incluso evitar una reducción de la relación señal ruido de la detección por radiación externa, en los
 dispositivos según cualquiera de las dos alternativas está dispuesto un filtro que suprime la radiación en un rango
 espectral predeterminado, preferentemente en la trayectoria del rayo de detección entra la zona de registro y el
 elemento óptico de dispersión especial. El rango espectral predeterminado se puede elegir a su vez en función del
 uso del dispositivo. Si el dispositivo se utiliza, por ejemplo, para la medición de radiación de luminiscencia o Raman,
 el rango espectral predeterminado puede ser, por ejemplo, el rango espectral de la radiación de excitación con la
 que se excita la radiación de luminiscencia o Raman. No obstante, también es posible utilizar filtros que únicamente
 dejan pasar radiación en un rango espectral determinado por los componentes espectrales a detectar, pero al menos
 debilitan fuertemente la radiación fuera del rango.

50 En un dispositivo según cualquiera de las dos alternativas también se prefiere que en la trayectoria de rayo entre la
 zona de registro y un espacio intermedio formado por ambos elementos de detección de borde o el elemento óptico
 de colimación y enfoque esté previsto un divisor de haces mediante el cual se puede desacoplar una parte de la
 radiación óptica de la zona de registro de una trayectoria de rayo hacia el elemento óptico de colimación y enfoque.
 Esto tiene la ventaja de que no solo es posible analizar espectralmente la radiación procedente de la zona de
 registro, sino que también se puede utilizar al menos parcialmente para otros análisis, por ejemplo, para fines de
 proyección o análisis espectral de otros rangos espectrales no analizables mediante el dispositivo espectrográfico.
 En un modo de realización especialmente preferido, el filtro mencionado está formado por el divisor de haces,
 correspondientemente realizado para ello.

60 En función del tipo de iluminación, el dispositivo no necesita necesariamente presentar una ranura de entrada o, de
 forma más general, un diafragma de entrada u otro elemento que cumpla con la misma función. Sin embargo, el
 dispositivo según cualquiera de las dos alternativas dispone preferentemente de al menos una pieza que cumple con
 la función de un diafragma de entrada.

65 De este modo, el dispositivo puede disponer, por ejemplo, de un diafragma de entrada que se encuentra en el plano

de los elementos de detección al menos aproximadamente, es decir, en la zona de profundidad de campo de los elementos proyectados dispuestos a lo largo de la trayectoria de rayo tras la ranura de entrada. Este diafragma de entrada puede estar previsto como pieza independiente, aunque preferentemente es formado por los elementos de detección y/o uno o varios portadores para los elementos de detección. Esto da lugar a una construcción especialmente sencilla. Si se utiliza un divisor de haces o un elemento desviador de rayo en la trayectoria del rayo de detección desde la zona de registro hasta el elemento de dispersión, el divisor de haces o el elemento desviador de rayo, por ejemplo, un espejo, también puede cumplir con la función de la ranura de entrada. Una transmisión de la radiación de detección especialmente sin pérdidas, con un apantallamiento simultáneo contra radiación externa, se puede lograr en un dispositivo según cualquiera de las dos alternativas preferentemente disponiendo en la trayectoria del rayo de detección un conductor de luz para dirigir la radiación de detección, cuyo extremo está dispuesto entre ambos elementos de detección de borde. Preferentemente, el extremo también puede asumir la función de un diafragma de entrada. Por un conductor de luz se entiende en este sentido particularmente también cada elemento para dirigir y, dado el caso, también desviar radiación óptica que pueda ser registrada con resolución espectral mediante el elemento de dispersión y el dispositivo de detección. En función de la realización de estos elementos, el conductor de luz también puede estar realizado especialmente para conducir radiación óptica no visible en el rango infrarrojo.

Aunque básicamente es posible una iluminación de la zona de registro con luz ambiental, un dispositivo según cualquiera de las dos alternativas dispone preferentemente de una fuente de radiación para emitir radiación de iluminación óptica en al menos un rango de longitudes de onda predeterminado a la zona de registro. La radiación de iluminación puede utilizarse en este sentido como luz directa o trasluz.

Preferentemente, un dispositivo según cualquiera de las dos alternativas presenta al menos una fuente de radiación de semiconductores para iluminar la zona de registro. El uso de fuentes de radiación de semiconductores tiene una serie de ventajas. Las fuentes de radiación de semiconductores presentan generalmente una vida útil considerablemente más larga que otras fuentes de radiación. Además, para emitir radiación óptica con un rendimiento predeterminado, requieren menos potencia de entrada y generan menos calor residual, lo que reduce considerablemente los requisitos de refrigeración del elemento. Además, las fuentes de radiación de semiconductores están disponibles para diferentes rangos de longitudes de onda, de forma que resulta sencillo generar radiación de excitación en rangos de longitudes de onda predeterminados. Como fuentes de radiación de semiconductores se consideran, por ejemplo, diodos emisores de luz o diodos superluminiscentes, aunque preferentemente diodos láser. Por fuentes de radiación de semiconductores no solo se entienden elementos constructivos a base de semiconductores inorgánicos, sino también aquellos a base de sustancias orgánicas, especialmente OLED.

En principio, si se utiliza una iluminación de la zona de registro a modo de iluminación directa, la radiación de iluminación puede irradiarse sobre la misma inclinada respecto al documento de valor. No obstante, se prefiere que en la trayectoria de rayo desde la zona de registro hasta el dispositivo espectrográfico esté dispuesto un divisor de haces, a través del cual la radiación óptica de la fuente de radiación de semiconductores llega, en particular, es desviada, a la zona de registro. Esto tiene la ventaja de que la radiación de iluminación puede ser desviada ortogonalmente hacia el documento de valor, por lo que se produce menos radiación dispersa que puede dificultar la detección. De forma especialmente preferente se utiliza un divisor de haces dicróico, mediante el cual se puede separar la radiación en el rango de la radiación de iluminación que llega a la zona de registro de la radiación de detección que procede del documento de valor y está prevista para la descomposición espectral, en un rango de longitudes de onda predeterminado que puede haber sido elegido, por ejemplo, en función de al menos una característica óptica del documento de valor. Esto aumenta la relación señal ruido durante la detección.

Otro objeto de la invención es un dispositivo para procesar documentos de valor con un dispositivo conforme a la invención, según cualquiera de las dos alternativas para analizar documentos de valor, y un recorrido de transporte para los documentos de valor a procesar, que conduce por y/o a través de la zona de registro. En este caso, el recorrido de transporte puede presentar en particular, por ejemplo, correas accionadas a través de un dispositivo de transporte para el transporte de documentos de valor. En particular, como dispositivos de procesamiento se consideran dispositivos para contar y/o clasificar billetes, cajeros automáticos para recibir y entregar documentos de valor, especialmente billetes, así como dispositivos para la comprobación de autenticidad de documentos de valor.

La invención se continúa explicando a modo de ejemplo en base a los dibujos. Muestra:

la figura 1, una representación esquemática de un dispositivo clasificador de billetes,

la figura 2, una vista superior esquemática de un dispositivo para analizar billetes según un primer modo de realización preferente de la invención,

la figura 3, una vista esquemática, parcialmente lateral del dispositivo de la figura 2,

la figura 4, una vista superior esquemática de un dispositivo para analizar billetes según un segundo modo de realización preferente de la invención,

la figura 5, una vista esquemática, parcialmente lateral del dispositivo de la figura 4,

5 la figura 6, una vista superior esquemática de un dispositivo para analizar billetes según otro modo de realización preferente de la invención,

la figura 7, una vista esquemática, parcialmente lateral del dispositivo de la figura 6,

10 la figura 8, una vista superior esquemática de un dispositivo para analizar billetes según otro modo de realización adicional preferente de la invención,

la figura 9, una vista esquemática, parcialmente lateral del dispositivo de la figura 8,

15 la figura 10, una vista superior esquemática de un dispositivo para analizar billetes según otro modo de realización preferente de la invención,

la figura 11, una vista esquemática, parcialmente en corte del dispositivo de la figura 10,

20 la figura 12, una vista esquemática en perspectiva de una disposición de detectores con un conductor de luz del dispositivo de la figura 10,

la figura 13, una vista superior esquemática de un dispositivo para analizar billetes según otro modo de realización adicional de la invención, y

25 la figura 14, una representación esquemática de una disposición de elementos de detección con diferentes anchuras.

En la figura 1 se muestra como ejemplo de un dispositivo para procesar documentos de valor un dispositivo clasificador de billetes -1- con un dispositivo de análisis según un primer modo de realización preferente de la invención.

30 El dispositivo clasificador de billetes -1- presenta en una carcasa -2- un compartimento de introducción -3- para billetes -BN-, en el cual se pueden introducir los billetes -BN- a procesar como fajo, de forma manual o automática, dado el caso tras un desfajado previo, para luego formar allí una pila. Los billetes -BN- introducidos en el
35 compartimento de introducción -3- son retirados uno a uno de la pila mediante un separador -4- y transportados mediante un dispositivo de transporte -5- que define un recorrido de transporte, a través de un dispositivo sensor -6- que sirve para analizar los billetes. En este ejemplo de realización, el dispositivo sensor -6- dispone de varios módulos de sensor alojados en una carcasa común. Los módulos de sensor son utilizados en este contexto para la comprobación de la autenticidad, el estado y el valor de los billetes -BN- comprobados. Tras pasar por el dispositivo
40 sensor -6-, los billetes -BN- comprobados y clasificados en función de los resultados del análisis o la comprobación del dispositivo sensor -6- y de criterios de clasificación predeterminados son entregados a través de desvíos -7-, que se pueden mover respectivamente mediante señales de ajuste de desvíos entre dos diferentes posiciones, y los correspondientes apiladores de compartimento en espiral -8- a compartimentos de entrega -9-, desde los cuales pueden ser retirados manualmente o transportados automáticamente. El control del dispositivo clasificador de
45 billetes -1-, en particular la conversión de señales de análisis del dispositivo sensor -6- en señales de ajuste de desvíos para los desvíos -7-, tiene lugar mediante un dispositivo de control -10-.

50 Como ya se ha mencionado, el dispositivo sensor -6- presenta en este ejemplo de realización diferentes módulos de sensor, de los cuales únicamente se muestra en las figuras y se describe a continuación de forma detallada el módulo de sensor -11-, un dispositivo para el análisis de documentos de valor, en el ejemplo, billetes -BN-, según un modo de realización preferente de la invención, que a continuación se denomina dispositivo de análisis. Los módulos de sensor para reconocer el estado, es decir, la aptitud de circulación, y el valor o la denominación de los billetes -BN- son módulos de sensor habituales, conocidos para un experto, y por tanto no necesitan ser descritos en detalle.

55 En este ejemplo de realización, el dispositivo de análisis -11- está realizado para la detección y el análisis de radiación de luminiscencia que se excita al iluminar billetes predeterminados con radiación óptica de longitud de onda predeterminada, en el ejemplo, en el rango infrarrojo del espectro.

60 El dispositivo de análisis -11- dispone de una carcasa de sensor -12- con una placa -13- transparente para la radiación óptica utilizada para el análisis, que cierra una ventana hacia una zona de registro -14-, en la que se encuentra al menos parcialmente un billete -BN- durante un análisis. La carcasa de sensor -12- con la placa -13- está realizada y en particular cerrada de forma que no es posible un acceso no autorizado a los componentes que se encuentran dentro sin dañar la carcasa de sensor -12- y/o la placa -13-.

65 La zona de registro -14- limitada, entre otros, por la disposición y las características de los elementos ópticos constructivos del dispositivo de análisis -11- está limitada por el lado opuesto a la carcasa de sensor -12- por una

placa -33-, en principio opcional, de forma que un billete -BN- puede ser transportado a lo largo de la placa -13- en una dirección -T-, que en la figura 2 discurre ortogonalmente al plano del dibujo, mediante el dispositivo de transporte -5- no mostrado en la figura 2.

5 El dispositivo de análisis -11- dispone de un dispositivo de iluminación -15- para emitir radiación de iluminación en la zona de registro -14- y, en particular, sobre un documento de valor que se encuentra al menos parcialmente en la zona de registro -14-, en el ejemplo, un billete -BN-, y de un dispositivo espectrográfico -16- para analizar y, en particular, detectar la radiación óptica procedente de la zona de registro -14- o de un documento de valor que se encuentra en esta con resolución espectral. En el ejemplo, la radiación de detección comprende radiación de
10 luminiscencia en un rango de longitudes de onda predeterminado por el tipo de documentos de valor, por ejemplo, radiación de luminiscencia infrarroja. Esta radiación óptica procedente de la zona de registro -14- en dirección de la placa -13- se denomina a continuación también radiación de detección. Un elemento óptico de detección -17- se utiliza para acoplar la radiación óptica procedente de la zona de registro -14- a través de la placa -13- a la carcasa de sensor -12-, es decir, la radiación de detección, en el dispositivo espectrográfico -16-.

15 El dispositivo de iluminación -15- dispone de una fuente de radiación de semiconductores -18- en forma de un diodo láser que, en el ejemplo, emite radiación óptica en el rango visible y de un elemento óptico de iluminación. En otros ejemplos de realización, el diodo láser también puede estar realizado para emitir radiación en el rango infrarrojo. El elemento óptico de iluminación presenta en una trayectoria del rayo de iluminación un primer elemento óptico de colimación -19- para formar un rayo de iluminación o un haz de rayos de iluminación paralelos -20- a partir de la radiación óptica emitida por la fuente de radiación de semiconductores -18-, un divisor de haces dicróico -21-, que es reflectante para la radiación del rayo de iluminación o el haz de rayos de iluminación -20- y desvía el rayo de iluminación o el haz de rayos de iluminación -20- en un ángulo de, en el ejemplo, 90° hacia la placa -13-, y un primer elemento óptico de condensación -22- para enfocar la radiación de iluminación a través de la placa -13-, que también forma una parte del elemento óptico de iluminación, en la zona de registro -14-, en particular, en un documento de valor -BN- en la zona de registro -14-.

El elemento óptico de detección -17-, a lo largo de una trayectoria del rayo de detección que se propaga desde la zona de registro -14-, o el documento de valor -BN- que se encuentra en esta, hasta el dispositivo espectrográfico -16- y hasta su interior, comprende, además de la placa -13-, el primer elemento óptico de condensación -22-, que enfoca la radiación procedente de un punto del documento de valor -BN- en la zona de registro -14- para formar un haz de rayos paralelos, el divisor de haces -21-, que es transparente para la radiación a dirigir al dispositivo espectrográfico -16- pero filtra la radiación de iluminación, que llega como radiación dispersa a la trayectoria del rayo de detección, de la trayectoria del rayo de detección mediante reflexión, y un segundo elemento óptico de condensación -23- para enfocar la radiación de detección paralela en una abertura de entrada del dispositivo espectrográfico -16-. Entre el segundo elemento óptico de condensación -23- y el dispositivo espectrográfico -16- están dispuestos, opcionalmente, un filtro -24- para filtrar los componentes espectrales no deseados de la trayectoria del rayo de detección, en particular en el rango de longitudes de onda de la radiación de iluminación, así como un elemento de desvío -25-, en el ejemplo, un espejo, para desviar la radiación de detección en un ángulo predeterminado, en el ejemplo, 90°. En otros ejemplos de realización, el filtro -24- puede estar dispuesto en la trayectoria de rayos paralelos antes del segundo elemento óptico de condensación -23-. Esto tiene la ventaja de que se pueden utilizar fácilmente, por ejemplo, filtros de interferencia.

45 El dispositivo espectrográfico -16- dispone de un diafragma de entrada -26- con una abertura de diafragma -27-, en el ejemplo, de realización, en forma de ranura, cuya extensión longitudinal discurre al menos prácticamente de manera ortogonal al plano definido por la trayectoria del rayo de detección.

La radiación de detección que entra por la abertura de diafragma -27- es agrupada por un elemento óptico de colimación y enfoque -28-, en el ejemplo, acromático, del dispositivo espectrográfico -16-. El elemento óptico de colimación y enfoque -28- está representado en las figuras únicamente de forma simbólica como lente, aunque en realidad frecuentemente estará realizado como combinación de lentes. Cuando se dice que este elemento óptico es acromático se entiende que está corregido en relación a aberraciones cromáticas en el rango de longitudes de onda en el que trabaja el dispositivo espectrográfico -16-. No es necesaria una corrección correspondiente en otros rangos de longitudes de onda. El diafragma de entrada -26- y el elemento óptico de colimación y enfoque -28- están dispuestos de forma que la abertura de diafragma -27- se encuentra al menos muy próxima a la superficie cáustica del lado del diafragma de entrada del elemento óptico de enfoque y colimación -28-.

60 El dispositivo espectrográfico -16- dispone además de un dispositivo de dispersión espacial -29-, en el ejemplo, una red óptica, que descompone la radiación de detección incidente, es decir, la radiación óptica procedente de la zona de registro, al menos parcialmente en componentes espectrales separados, que se expanden en diferentes direcciones en función de la longitud de onda.

Un dispositivo de detección -30- del dispositivo espectrográfico -16- es utilizado para la detección con resolución espacial de los componentes espectrales en al menos una dirección espacial. Las señales de detección generadas durante la detección son dirigidas a un dispositivo de evaluación -31- del dispositivo espectrográfico -16-, que registra las señales de detección y, en base a las señales de detección, realiza una comparación entre el espectro

registrado y los espectros predeterminados. El dispositivo de evaluación -31- está conectado al dispositivo de control -10- para transmitirle a este el resultado de la comparación a través de las señales correspondientes.

En el presente ejemplo, el elemento de dispersión espacial -29- es una red de reflexión con una estructura de líneas, cuyas líneas discurren en paralelo a un plano por la dirección longitudinal de la abertura de diafragma -27- y un eje óptico del elemento óptico de colimación y enfoque -28-. La distancia entre líneas se ha elegido de forma que la radiación de detección se pueda descomponer espectralmente en un rango espectral predeterminado, en el ejemplo, de infrarrojos. El elemento de dispersión -29- está realizado para ello de forma que los componentes espectrales separados, en el ejemplo, el primer orden de difracción, sean enfocados en el dispositivo de detección -30- mediante el elemento óptico de colimación y enfoque -28-. Para obtener una relación señal ruido lo mejor posible, la distancia entre líneas y la posición del elemento de dispersión -29- se pueden elegir de forma que los componentes no descompuestos espectralmente de la radiación de detección, en el ejemplo, el orden de difracción cero, no incidan en el elemento óptico de colimación y enfoque -28-, sino en una trampa de radiación no mostrada en las figuras, por ejemplo, una placa absorbente para la radiación de detección.

El dispositivo de detección -30- dispone de una disposición en filas de elementos de detección -32- para los componentes espectrales, por ejemplo, una fila de elementos CCD, que está orientada al menos prácticamente paralela a la dirección de la división espacial de los componentes espectrales, es decir, en este caso, la superficie -S- abarcada por los componentes espectrales, en este caso, más precisamente, un plano. El plano -S- está representado en la figura 3 por una línea discontinua.

Para lograr una construcción lo más compacta posible, por un lado, el elemento de dispersión -29- está inclinado en dos direcciones respecto al dispositivo de detección -30- y a la dirección de la radiación de detección que incide entre el elemento óptico de colimación y enfoque y un elemento constructivo reflectante que produce el plegado de la trayectoria de rayo, en este caso, el elemento de dispersión -29-. Puesto que en el ejemplo de realización la dirección de la radiación de detección entre el elemento óptico de colimación y enfoque -28- y el elemento constructivo reflectante, es decir, el elemento de dispersión -29-, discurre en paralelo al eje óptico -O- del elemento óptico de colimación y enfoque -28-, en primer lugar, la red de reflexión -29- plana, y por tanto también su estructura de líneas, están inclinadas respecto al eje óptico -O- del elemento óptico de colimación y enfoque -28- en el plano de la trayectoria del rayo de detección. Por lo tanto, al menos en la zona entre el elemento de dispersión -29- y el elemento óptico de colimación y enfoque -28-, la superficie -S- generada por los componentes espectrales, en el ejemplo, un plano, está inclinada en un ángulo β respecto a la dirección de la radiación de detección o del eje óptico -O- del elemento óptico de colimación y enfoque. En particular, una normal a la red de reflexión -29- plana en el plano de la trayectoria del rayo de detección está inclinada en un ángulo β respecto al eje óptico -O- del elemento óptico de colimación y enfoque -28- (véase figura 3). En segundo lugar, el elemento de dispersión -16-, más precisamente, la perpendicular de incidencia para la reflexión especular, es decir, en este caso la normal sobre el plano de la estructura de líneas de la red de reflexión -29-, está inclinado en un ángulo α respecto a la dirección de la radiación de detección o del eje óptico -O- entre el elemento óptico de colimación y enfoque -28- y el elemento de dispersión -29-.

Por otro lado, la fila de elementos de detección -32- de la disposición de detección -30- está dispuesta al menos prácticamente en un plano con la abertura de diafragma -27- y, en una dirección ortogonal al plano -S- definido por las direcciones de expansión de los componentes espectrales, en la figura 3 por encima de la abertura de diafragma -27-, separada de la abertura de diafragma -27-. Para mayor claridad, en las figuras 2 y 3, el diafragma de entrada -26- y las superficies de recepción de los elementos de detección -32- se muestran separados entre sí y paralelos a la superficie cáustica del elemento óptico de colimación y enfoque -28-, aunque en realidad, en este ejemplo, se encuentran esencialmente en un plano común. Visto en la dirección paralela a la fila de elementos de detección -32-, la abertura de diafragma -27- se encuentra a la mitad de la fila.

Como se reconoce en la figura 2, de ello también resulta que una proyección geométrica de la radiación de detección procedente de la zona de registro -14- sobre una superficie -A-, que en este caso es trapezoidal y está limitada y abarcada por los componentes espectrales que inciden sobre el dispositivo de detección -30-, se encuentra en esta superficie en la sección entre el diafragma de entrada -26- y el elemento óptico de colimación y enfoque -28-, es decir, en particular también directamente delante del elemento óptico de colimación y enfoque -28-. Esto da lugar a una disposición con requisitos de espacio especialmente reducidos.

En este ejemplo de realización, el dispositivo de detección -30-, el diafragma de entrada -26-, el elemento óptico de colimación y enfoque -28- y el elemento de dispersión -29- están realizados y dispuestos de forma que se encuentran en una zona espacial circular cilíndrica, cuyo eje de cilindro está dado por el eje óptico del elemento óptico de colimación y enfoque -28- y cuyo diámetro de cilindro está dado por el diámetro del elemento óptico de colimación y enfoque -28- o por el de la lente o la mayor lente en su interior. La longitud de la zona espacial circular cilíndrica es preferentemente inferior a 50 mm, en el ejemplo, 40 mm. Esto da lugar a requisitos de espacio especialmente reducidos para el dispositivo espectrográfico, pudiendo lograrse simultáneamente una gran apertura numérica en comparación a la extensión.

Para el análisis óptico de un documento de valor, en este caso un billete -BN- en la zona de registro -14-, el

documento de valor es iluminado con radiación de iluminación, en el ejemplo, radiación óptica de la fuente de radiación de semiconductores -18- adecuada para excitar radiación de luminiscencia, y la radiación óptica procedente del documento de valor, en este caso radiación de luminiscencia, es transformada por el elemento óptico de detección -17- y el elemento óptico de colimación y enfoque -28- en un haz de rayos de detección paralelos. Este es descompuesto al menos parcialmente en componentes espectrales que se propagan en diferentes direcciones en función de la longitud de onda. En la figura 2 están representados la orden de difracción cero, que es reflejada sin división espectral, mediante una línea continua y los componentes espectrales dados por la primera orden de difracción para dos diferentes longitudes de onda mediante líneas punteadas o discontinuas. Los componentes espectrales son enfocados por el elemento óptico de colimación y enfoque -28- en el dispositivo de detección -30-, más precisamente, la fila con elementos de detección -32-, y detectados por este con resolución espacial. Cada elemento de detección -32- está asignado a una dirección de propagación y, por tanto, en función de la longitud de onda, a un componente espectral. El dispositivo de evaluación -31- forma, por tanto, respectivamente a partir de las ubicaciones de los elementos de detección -32- y de las intensidades registradas respectivamente por estos, un espectro que puede ser comparado entonces con espectros de comparación.

Un segundo modo de realización preferente en las figuras 4 y 5 se diferencia del primer modo de realización, por un lado, en el tipo de elemento de dispersión y, por otro lado, por la disposición del dispositivo de iluminación. Por lo tanto, para elementos constructivos iguales se utilizan los mismos números de referencia y las explicaciones del primer ejemplo de realización son igualmente válidas en este caso.

En lugar de una red de reflexión plana -29-, en este caso se utiliza una red "Blaze" -29'-, cuyos escalones están inclinados de forma que la primera orden de difracción tenga lugar en dirección de la reflexión especular. De este modo se puede lograr una mayor intensidad de los componentes espectrales.

En principio, en el primer ejemplo de realización se puede girar el dispositivo de iluminación alrededor del eje óptico del primer elemento óptico de condensación -22- sin que cambie la función. Por esta razón, en este ejemplo de realización, para poder lograr una forma constructiva lo más compacta posible, la fuente de radiación de semiconductores -18- y el elemento óptico de colimación -19- están dispuestos junto al elemento óptico de colimación y enfoque -28-.

Otros ejemplos de realización se diferencian del primero y el segundo ejemplo de realización en que, en lugar del elemento de desvío -25-, se utiliza un elemento de desvío -25'- que sustituye al diafragma de entrada -26-. En las figuras 6 y 7 se muestra una modificación correspondiente del primer ejemplo de realización. En estas, para elementos iguales se utilizan los mismos números de referencia que en el primer ejemplo de realización y las explicaciones sobre estos en el primer ejemplo de realización son igualmente válidas en este caso. El elemento de desvío -25'- es en este caso un espejo del tamaño de la abertura de diafragma -27- en el primer ejemplo de realización y está dispuesto en el plano cáustico del elemento óptico de colimación y enfoque -28-.

Otros modos de realización preferidos adicionales se diferencian de los modos de realización anteriormente descritos en que el dispositivo de detección -30- y el diafragma de entrada -26- están integrados. Para ello, la abertura de diafragma está realizada en una placa de circuito impreso que también porta los elementos de detección -32-.

En otros ejemplos de realización, el dispositivo de iluminación -15- presenta un diodo emisor de luz, diodo superluminiscente u OLED como fuente de radiación, en lugar de un diodo láser.

Además, en otros ejemplos de realización, el dispositivo de iluminación -15- puede presentar al menos dos fuentes de radiación de semiconductores, que emiten radiación óptica con diferentes longitudes de onda del centroide, es decir, el valor medio de las longitudes de onda de emisión ponderado con la intensidad de emisión, y puedan conectarse y desconectarse independientemente entre sí. Esto permite realizar análisis sucesivos con diferentes longitudes de onda.

En otros ejemplos de realización preferentes se puede prescindir completamente del diafragma de entrada -26-. El dispositivo de iluminación -15- se realiza en esos casos de forma que ilumine únicamente una zona estrecha y alargada de la zona de registro, para lo cual el primer elemento óptico de condensación -19- puede contener una lente cilíndrica.

Otros ejemplos de realización adicionales se diferencian de los ejemplos de realización anteriormente descritos en que, en la trayectoria del rayo de detección, están dispuestas otras lentes para reducir errores de proyección por los elementos del elemento óptico de detección y el elemento óptico de colimación y enfoque -28- o mejorar la iluminación.

Otros ejemplos de realización se diferencian de los ejemplos de realización anteriormente descritos en que el elemento de desviación -25- o -25'- es un divisor de haces, de forma que los componentes de la radiación de detección que lo atraviesan se pueden desacoplar, por ejemplo, para generar una imagen del documento de valor.

En otros ejemplos de realización también se puede utilizar una iluminación en transmisión.

Además, no es imprescindible utilizar un elemento óptico de dispersión reflectante como, por ejemplo, la red de reflexión -29-. De este modo, en otro ejemplo de realización que solo se diferencia en este aspecto del ejemplo de realización en las figuras 6 y 7 es posible disponer en la trayectoria del rayo de detección, después del elemento óptico de colimación y enfoque -28-, una red de transmisión -29- que descompone al menos parcialmente la radiación de detección en componentes espectrales. Entonces, mediante al menos un elemento constructivo reflectante -34-, por ejemplo, un espejo que está inclinado respecto al plano abarcado por los componentes espectrales, los componentes espectrales pueden ser devueltos al elemento óptico de colimación y enfoque -28-.

Mediante el plegado de la trayectoria del rayo después del elemento óptico de colimación y enfoque se logra una forma constructiva esencialmente más compacta que en el caso de un dispositivo, también posible, en el que, detrás de la red de transmisión, en lugar del espejo están dispuestos un elemento óptico de enfoque y el dispositivo de detección.

En otros ejemplos de realización, la carcasa de sensor -12- y/o la placa -33- también pueden presentar otras realizaciones o se puede prescindir completamente de estas.

Además, en otros ejemplos de realización, el dispositivo de evaluación -31- puede estar integrado en el dispositivo de control -10-.

Otros modos de realización preferentes se diferencian de los ejemplos de realización anteriormente descritos en que el dispositivo de detección, en lugar de una fila de elementos CCD, presenta elementos de fotodetección dispuestos en forma de fila, por ejemplo, elementos CMOS, o elementos de fotodetección para la detección de radiación óptica en otros rangos de longitudes de onda.

En las figuras 10 a 12 se muestra un ejemplo de realización para un dispositivo de análisis de este tipo que, como todos los otros dispositivos de análisis descritos, se puede utilizar, por ejemplo, en el dispositivo para el procesamiento de documentos de valor en la figura 1.

El dispositivo de análisis -11"- se diferencia del dispositivo de análisis -11- de la figura 1 no solo en el tipo de elementos de detección, sino en que, en este caso, la trayectoria del rayo de detección discurre entre dos elementos de detección de borde de un dispositivo de detección y llega al elemento de dispersión. En particular, los dispositivos de análisis se diferencian únicamente en que el dispositivo de detección -30- está sustituido por un dispositivo de detección -34-, el elemento de desvío -25- por un conductor de luz -35- y el dispositivo de evaluación -31- por un dispositivo de evaluación modificado -31'-. Además, el elemento de dispersión -29- está orientado de otro modo respecto al dispositivo de detección -30-. Puesto que, por lo demás, el dispositivo de análisis no se diferencia del primer ejemplo de realización, para componentes iguales se utilizan los mismos números de referencia y las explicaciones sobre estos en la descripción del primer ejemplo de realización también son válidas correspondientemente en este caso.

El dispositivo de detección -34- mostrado en detalle en la figura 12 dispone en este caso de un portador -36-, en el ejemplo, un sustrato cerámico, sobre el cual están dispuestos, en una primera disposición -39- en forma de fila, los primeros elementos de detección -37-, y en una segunda disposición -39'- en forma de fila, los segundos elementos de detección -38-. En este ejemplo de realización, los elementos de detección -37- y -38- están dispuestos a lo largo de una única recta. En la figura 12, debajo del elemento de detección -37- o -38- se encuentran elementos de contacto -40- que están conectados eléctricamente con los elementos de detección a través de un nivel de amplificación formado sobre el portador, conectados con conexiones de señal para formar circuitos o dispositivos de evaluación.

Los elementos de detección -37- y -38- están dispuestos sobre lados opuestos de una entalladura o abertura -41- en el portador -36-, que en este ejemplo de realización tiene forma rectangular. Es decir que entre ambos elementos de detección de borde -42- y -43- se encuentra un hueco.

Los elementos de detección -37- se diferencian de los elementos de detección -38- pro su rango de detección espectral.

En el caso de los elementos de detección -37- se trata de elementos de detección para la detección de radiación óptica en el espectro visible y en el infrarrojo cercano, es decir, hasta una longitud de onda de 1100 nm. En este ejemplo de realización presentan un rango de detección espectral útil entre 400 nm y 1100 nm. En este caso se pueden utilizar, por ejemplo, elementos de detección a base de silicio.

En el caso de los elementos de detección -38- se trata de elementos de detección para la detección de radiación óptica en infrarrojos. Su rango de detección espectral útil se encuentra en el ejemplo de realización entre 900 nm y 1700 nm. En este caso se pueden utilizar, por ejemplo, elementos de detección a base de InGaAs, que son sensibles en el rango espectral por encima de 900 nm.

5 Los elementos de detección -37- y -38- están dispuestos respecto al elemento de dispersión -29- de forma que los componentes espectrales con longitudes de onda superiores a 900 nm son desviados por el elemento de dispersión a los elementos de detección -38- y aquellos con longitudes de onda inferiores a 900 nm, a los elementos de detección -37-.

10 En comparación con los campos CCD, se utiliza un número considerablemente menor de elementos de detección -37- o -38-, por ejemplo, entre diez y treinta, que, no obstante, presentan una mayor superficie de detección y una proporción reducida de zonas no fotosensibles. En este caso, la superficie de detección está determinada por el hecho de que únicamente sobre esta se registra la radiación óptica incidente.

15 Las superficies de detección presentan preferentemente una superficie de al menos $0,1 \text{ mm}^2$, en el ejemplo, tienen una altura de 2 mm y una anchura de 1 mm, presentando las zonas no fotosensibles entre elementos de detección contiguos una extensión de aproximadamente 50 μm .

En este ejemplo de realización, los elementos de detección -37- y -38- se pueden leer individualmente, independientemente entre sí y, en particular, en paralelo.

20 Para ello, en este ejemplo de realización, el nivel de amplificación ya mencionado contiene para cada uno de los elementos de detección un convertidor analógico/digital que convierte las señales analógicas del elemento de detección respectivo en una señal de detección digital que reproduce la intensidad de la radiación que ha incidido sobre la superficie de detección.

25 En la trayectoria del rayo de detección está dispuesto el conductor de luz -35-, fabricado a partir de un material transparente adecuado, que dirige la radiación de detección que penetra en él, al menos en el rango espectral detectable por el dispositivo de análisis, y la desvía en dirección del elemento de dispersión -29-.

30 Un extremo -44- del conductor de luz -35-, a través del cual la radiación de detección sale de este, está dispuesto en la abertura -41- y por tanto en la superficie cáustica del elemento óptico de colimación y enfoque -28-. La trayectoria del rayo de detección pasa por tanto entre ambos elementos de detección de borde -42- y -43-. La superficie de salida o el extremo -44- del conductor de luz -35- forma en este caso un diafragma de entrada o una ranura de entrada para el dispositivo espectrográfico.

35 En este caso, el conductor de luz -35- está orientado respecto al eje óptico -O- del elemento óptico de colimación y enfoque -28- de forma que la radiación emitida por el extremo -44- discurre, considerando la media de la sección del haz de rayos, al menos aproximadamente en paralelo al eje óptico -O- y ortogonalmente a la superficie del portador -36- y, en particular, de las disposiciones en forma de fila de los elementos de detección.

40 Como se reconoce en la figura 11, el elemento de dispersión -29-, en particular sus líneas de red, está orientado en el plano mostrado en la figura 11 ortogonal al eje óptico -O-. Por el contrario, en el plano mostrado en la figura 10, ortogonal al plano de la figura 11, la estructura de líneas dada por las líneas de red está inclinada respecto al eje óptico -O-.

45 Por lo tanto, los componentes espectrales generados por el elemento de dispersión -29- son enfocados mediante el elemento óptico de colimación y enfoque -28- en el dispositivo de detección -34-, más precisamente en los elementos de detección -37- y -38-, que luego detectan los componentes espectrales correspondientes.

50 Mediante la disposición elegida de conductor de luz -35-, elemento óptico de colimación y enfoque -28-, elemento de dispersión -29- y dispositivo de detección -34- se logra que la trayectoria del rayo de detección discorra paralela o parcialmente en la superficie determinada por los componentes espectrales, que son generados mediante el elemento de dispersión -29-.

55 En este caso, el ángulo α se elige de forma que un componente espectral correspondiente a una longitud de onda predeterminada, en este ejemplo predeterminada por el uso para mediciones de luminiscencia, la longitud de onda de excitación para la luminiscencia, sea enfocado en el hueco entre ambos elementos de detección de borde -42- y -43- y, por tanto, no sea detectado.

60 Como opción, el dispositivo de evaluación -31'- está modificado en comparación con el dispositivo de evaluación -31-, por un lado, de forma que las señales de detección de los elementos de detección o del dispositivo de detección sean esencialmente detectables en paralelo. Por esencialmente en paralelo se entiende en este caso que las señales de detección se pueden diferenciar en sus momentos temporales al menos tanto como es necesario para la transmisión al dispositivo de evaluación -31'-, por ejemplo, mediante un procedimiento Multiplex a través de un bus.

65 Además, el dispositivo de evaluación -31'- está realizado para registrar las señales de detección del dispositivo de detección -34- después de un periodo de tiempo predeterminado en función de la luminiscencia esperada, en

respuesta a una señal de emisión de pulso para la fuente de radiación de semiconductores -18-.

Esta posibilidad de lectura paralela de los elementos de detección -37- y -38- permite lograr breves tiempos de integración y, en particular, una elevada frecuencia de repetición de las mediciones. Esta medida también contribuye a aumentar la relación señal ruido.

Este dispositivo de análisis puede utilizarse en particular para realizar una medición "single-shot", en la cual se realiza, en respuesta a un único pulso de iluminación o excitación, una única medición de las características espectrales de la radiación de luminiscencia, que ofrece suficiente exactitud para una evaluación.

El dispositivo de evaluación -31'- se puede realizar además opcionalmente de forma que el dispositivo de análisis se pueda utilizar para registrar múltiples veces en secuencia temporal las señales de detección de los elementos de detección y, por lo tanto, varios espectros tras la emisión de un pulso de excitación por parte de la fuente de radiación de semiconductores y realizar de este modo una evaluación del desarrollo temporal del espectro.

Otro modo de realización adicional en la figura 13 se diferencia del último ejemplo de realización descrito en las figuras 10 a 12 únicamente en que el elemento óptico de colimación y enfoque -28- y el elemento de dispersión -28- en forma de una red de reflexión plana están sustituidos por un elemento de dispersión y proyección -45- que asume su función. Todas las demás piezas y componentes permanecen inalterados, por lo que para ellos se utilizan los mismos números de referencia, y las explicaciones del último ejemplo de realización también son válidas en este caso.

Como elemento de dispersión y proyección se utiliza en este caso una red holográfica -45- que proyecta el diafragma de entrada -44-, en el ejemplo, el extremo -44- del conductor de luz -35-, con resolución espectral en los elementos de detección -37- o -38-.

La red de proyección -24- presenta en el ejemplo preferentemente más de aproximadamente 300, de forma especialmente preferente más de aproximadamente 500 rayas o líneas por mm, es decir, elementos de difracción, para ofrecer una dispersión suficiente de la radiación de luminiscencia en el elemento detector -21- a pesar de la construcción compacta. En este caso, la distancia entre la red de proyección -45- y el dispositivo de detección -34- es preferentemente inferior a aproximadamente 70 mm, de forma especialmente preferente inferior a aproximadamente 50 mm.

En otros ejemplos de realización también se puede prever que los elementos de detección individuales -45- tengan diferentes dimensiones, en particular, en la dirección de dispersión de los componentes espectrales, tal como está representado a modo de ejemplo en la figura 14. Puesto que habitualmente no se evalúan todas las longitudes de onda del espectro o únicamente rangos de longitudes de onda con la misma anchura, sino precisamente solo longitudes de onda individuales o rangos de longitudes de onda también de diferente anchura, los elementos de detección pueden realizarse tal que la anchura sea paralela al plano definido por los componentes espectrales y esté adaptada respectivamente a los rangos o las longitudes de onda a evaluar.

En otros ejemplos de realización adicionales, en particular en aquellos en los que se utiliza un elemento óptico de colimación y enfoque, delante del dispositivo de detección o de una fila con elementos de detección se puede disponer una lente cilíndrica que enfoque la radiación de detección en los elementos de detección y cuyo eje de cilindro esté orientado para ello paralelo a la fila.

Mediante una lente cilíndrica de este tipo se puede aumentar la sección de la zona de registro utilizada para la detección en una dirección que se corresponde con una dirección ortogonal al eje de cilindro de la lente cilíndrica y, por lo tanto, aumentar la intensidad disponible para la detección.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para el análisis óptico de documentos de valor (BN) mediante medición y análisis de radiación de luminiscencia, que es excitada al iluminar los documentos de valor con radiación óptica de una longitud de onda predeterminada, con una zona de registro (14), en la que se encuentra un documento de valor (BN) durante el análisis,
- 5 una fuente de radiación de semiconductores (18) para iluminar los documentos de valor con radiación óptica adecuada para excitar la radiación de luminiscencia, y
- 10 un dispositivo espectrográfico (16) que presenta:
- un elemento óptico de dispersión espacial (29) para descomponer, al menos parcialmente, la radiación de luminiscencia procedente de la zona de registro (14) en componentes espectrales separados, que se propagan en diferentes direcciones en función de la longitud de onda,
- 15 un dispositivo de detección (30; 34) de resolución espacial en al menos una dirección espacial para la detección de los componentes espectrales,
- 20 **caracterizado**
- por que** el dispositivo presenta un elemento óptico de colimación y enfoque (28) para colimar la radiación óptica desviada de la zona de registro (14) al elemento de dispersión (29) y enfocar en el dispositivo de detección (30, 34) al menos algunos de los componentes espectrales generados mediante el elemento óptico de dispersión (29) y
- 25 **por que** la dirección de la radiación de la zona de registro (14) que incide sobre el elemento óptico de colimación y enfoque (28) está inclinada respecto a una superficie abarcada por los componentes espectrales en la zona entre el elemento óptico de colimación y enfoque (28) y el dispositivo de detección (30).
- 30 2. Dispositivo, según la reivindicación 1, en el que el elemento óptico de colimación y enfoque (28) es acromático.
3. Dispositivo, según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que una proyección geométrica de la radiación procedente de la zona de registro (14) sobre una superficie (A) limitada y abarcada por los componentes espectrales que inciden sobre el dispositivo de detección (30) se encuentra en esta superficie, al menos en una sección directamente delante del elemento óptico de colimación y enfoque (28).
- 35 4. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, en la trayectoria del rayo desde la zona de registro (14) hasta el dispositivo espectrográfico (16), están dispuestos un diafragma (26) dispuesto en la superficie cáustica del elemento óptico de colimación y enfoque (28) y un elemento óptico de proyección (22, 23) para proyectar la zona de registro (14) en el diafragma (26).
- 40 5. Dispositivo, según la reivindicación 4, en el que el dispositivo de detección (30; 34) está distanciado del diafragma (26) en una dirección que discurre ortogonalmente a la dirección en la que están divididos los componentes espectrales.
- 45 6. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento óptico de dispersión (29) presenta una red óptica, y en el que, preferentemente, la red (29) está realizada y elegida de forma que la radiación del orden de difracción cero no incide sobre el dispositivo de detección (30; 34).
- 50 7. Dispositivo, según la reivindicación 6, en el que las estructuras de líneas de la red (29) están inclinadas respecto al eje óptico (O) del elemento óptico de colimación y enfoque (28).
8. Dispositivo para el análisis óptico de documentos de valor mediante medición y análisis de radiación de luminiscencia, que es excitada al iluminar los documentos de valor con radiación óptica de una longitud de onda predeterminada, con una zona de registro (14), en la que se encuentra un documento de valor (BN) durante el análisis,
- 55 una fuente de radiación de semiconductores (18) para iluminar los documentos de valor con radiación óptica adecuada para excitar la radiación de luminiscencia, y
- 60 un dispositivo espectrográfico (16) que presenta:
- un elemento óptico de dispersión espacial (29) para descomponer, al menos parcialmente, la radiación de luminiscencia procedente de la zona de registro (14), a lo largo de una trayectoria del rayo de detección desde la zona de registro (14) hasta el dispositivo de dispersión (29), en componentes espectrales separados, que se propagan en diferentes direcciones en función de la longitud de onda y
- 65

un dispositivo de detección (34) de resolución espacial en al menos una dirección espacial para la detección de los componentes espectrales,

5 **caracterizado**

10 **por que** el dispositivo de detección (34) presenta al menos dos elementos de detección de borde (42, 43), que están dispuestos de forma que, al menos una parte de la trayectoria del rayo de detección pasa entre ellos, por que la trayectoria del rayo de detección en la zona entre ambos elementos de detección de borde (42, 43) discurre en paralelo a una superficie determinada por una trayectoria de rayo de los componentes espectrales, y

por que los componentes espectrales que inciden sobre los elementos de detección de borde (42, 43) se propagan hasta los elementos de detección de borde (42, 43) en un plano abarcado por los componentes espectrales.

15 9. Dispositivo, según la reivindicación 8, que presenta, además, un elemento óptico de colimación y enfoque (28) para colimar la radiación óptica desviada de la zona de registro (14) al elemento de dispersión (29) y enfocar en el dispositivo de detección (30; 34) al menos algunos de los componentes espectrales generados mediante el elemento óptico de dispersión (29).

20 10. Dispositivo, según la reivindicación 8, en el que el elemento óptico de dispersión espacial presenta un elemento de dispersión y proyección que enfoca la radiación óptica de la zona de registro que ha pasado entre los elementos de detección de borde, dividida en componentes espectrales para al menos un rango espectral predeterminado, en el dispositivo de detección.

25 11. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 8 o 9, en el que el elemento óptico de dispersión (29) presenta una red óptica que está orientada y elegida de forma que la radiación del orden de difracción cero de la red (29) no incida sobre el dispositivo de detección (30; 34), siendo la red preferentemente una red Echelle.

30 12. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en el que una trayectoria de rayo desde el elemento de dispersión espacial (29) hasta el dispositivo de detección (30; 34) discurre de forma que un componente espectral de una longitud de onda predeterminada es desviado entre ambos elementos de detección de borde (42, 43) y en el que, preferentemente, los al menos dos elementos de detección de borde (42, 43) presentan respectivamente rangos de detección espectral diferentes.

35 13. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que, entre la zona de registro y el elemento óptico de dispersión espacial (29), está dispuesto un filtro que suprime la radiación en un rango espectral predeterminado, preferentemente el rango espectral de la radiación óptica para excitar la radiación de luminiscencia, y/o en el que, en la trayectoria del rayo de detección entre la zona de registro (14) y el elemento óptico de colimación y enfoque (28) está previsto un divisor de haces (25), mediante el cual se puede desacoplar una parte de la radiación óptica de la zona de registro (14) de la trayectoria del rayo de detección.

40 14. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de detección (34) cuenta con elementos de detección (32, 37, 38, 42, 43), en particular adicionales a los dos elementos de detección de borde (42, 43), mediante los cuales se pueden generar simultáneamente señales de detección que reproducen una propiedad, especialmente la intensidad, de la radiación que incide sobre ellos.

45 15. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, en la trayectoria de rayo desde la zona de registro (14) hasta el dispositivo espectrográfico (16), está dispuesto un divisor de haces (21), a través del cual la radiación óptica de la fuente de radiación de semiconductores (18) llega a la zona de registro (14).

50 16. Dispositivo para procesar documentos de valor (BN) con un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores y un recorrido de transporte (5) para los documentos de valor (BN) a procesar, que conduce por y/o a través de la zona de registro (14).

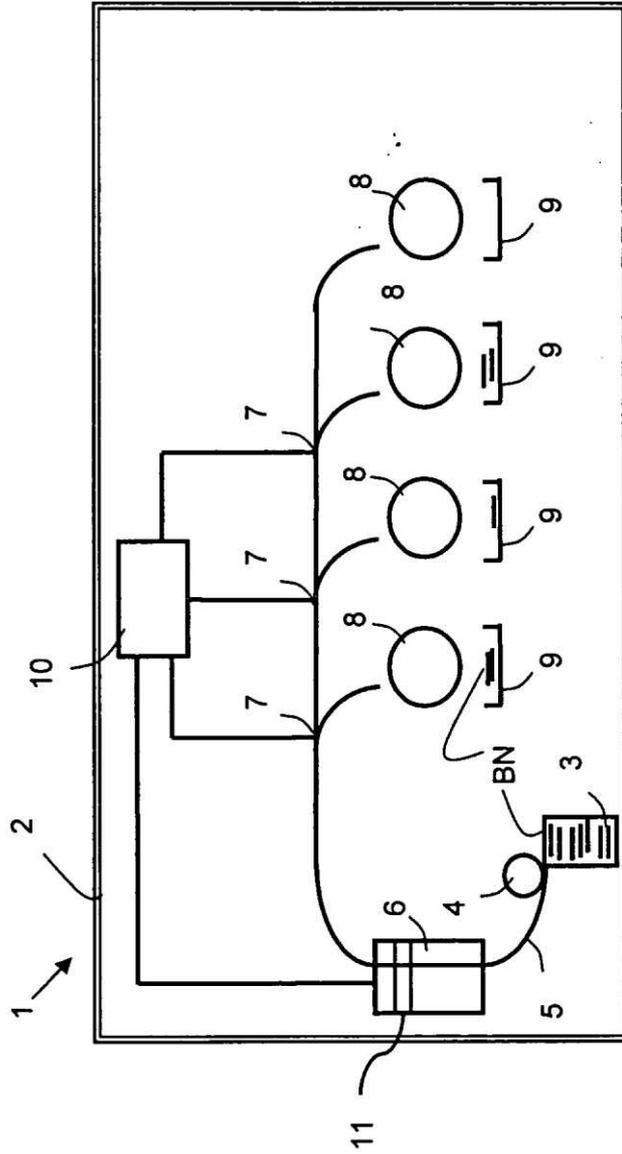


Fig. 1

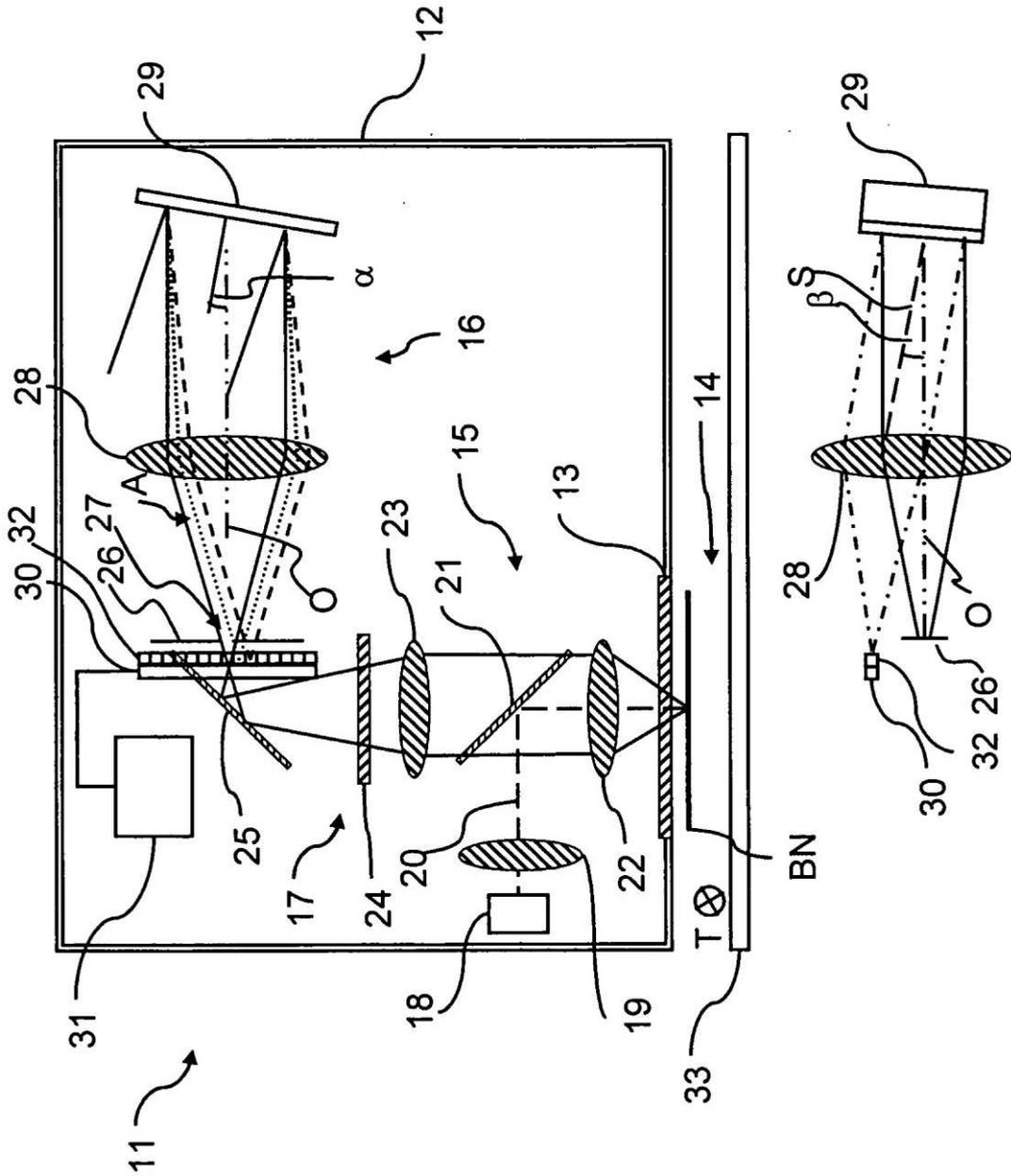


Fig. 2

Fig. 3

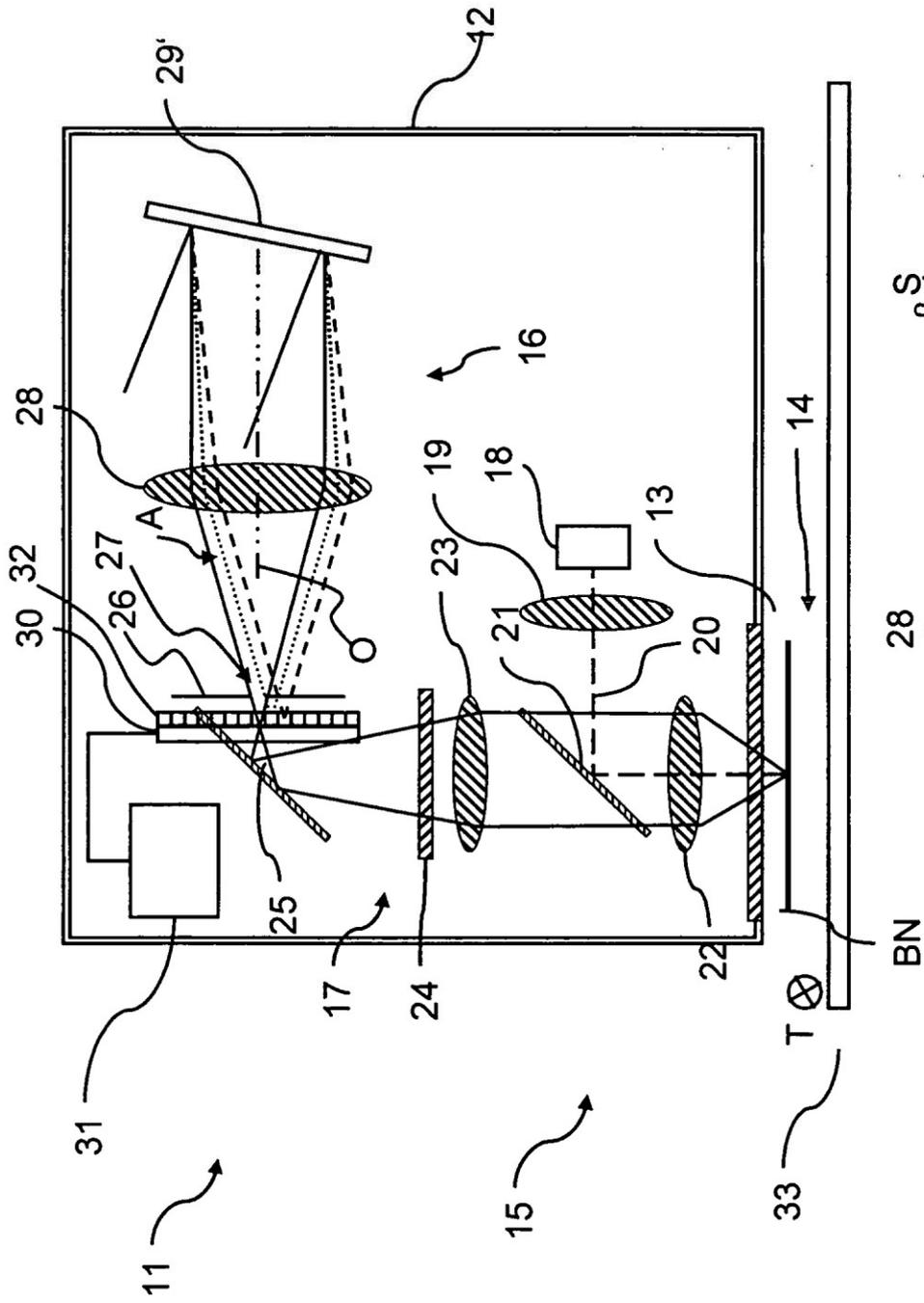


Fig. 4

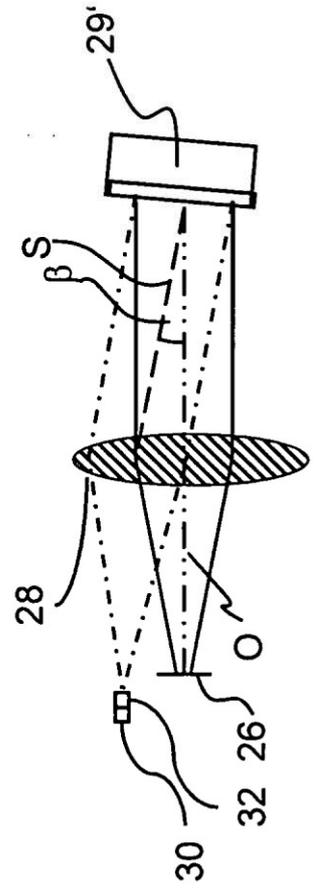


Fig. 5

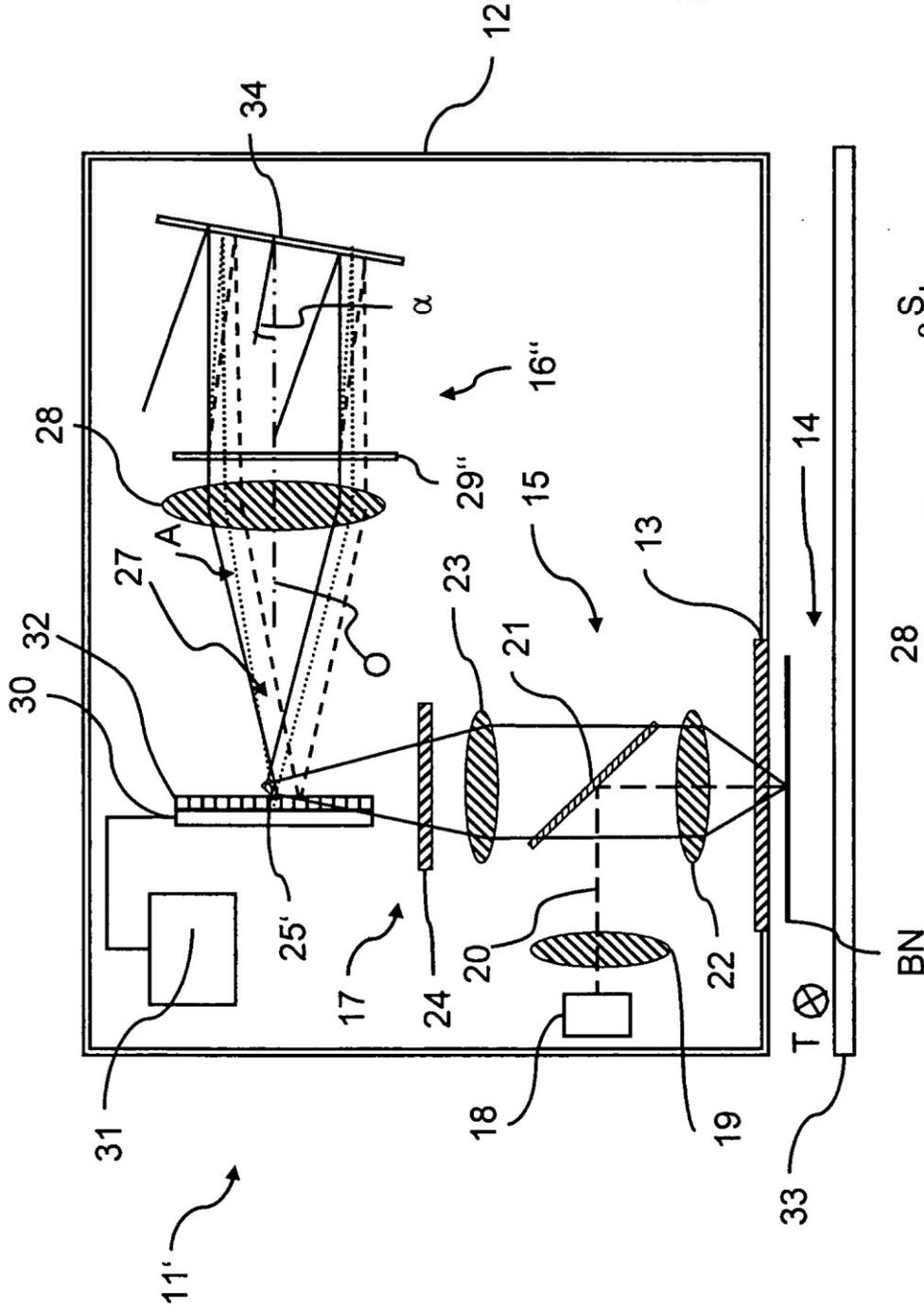


Fig. 8

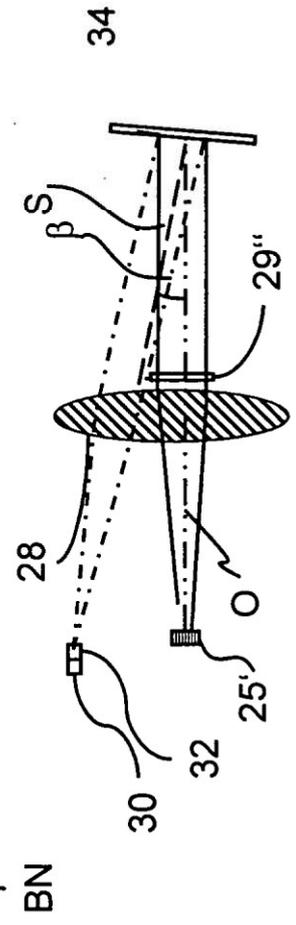


Fig. 9

