



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 033**

51 Int. Cl.:  
**G06K 9/74** (2006.01)  
**G07D 7/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **00902359 .9**  
96 Fecha de presentación : **07.01.2000**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1222616**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.07.2002**

54 Título: **Procedimiento y aparato ópticos para clasificación, codificación y autenticación utilizando un medio de ganancias de emisión de banda estrecha.**

30 Prioridad: **08.02.1999 US 246818**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**31.05.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**31.05.2011**

73 Titular/es: **SPECTRA SYSTEMS CORPORATION**  
**Suite 102, 321 South Main Street**  
**Providence, Rhode Island 02903, US**

72 Inventor/es: **Lawandy, Nabil, M.**

74 Agente: **Curell Aguilá, Marcelino**

ES 2 360 033 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

Procedimiento y aparato ópticos para clasificación, codificación y autenticación utilizando un medio de ganancia de emisión de banda estrecha.

5

### Campo de la invención

La presente invención se refiere, en general, a procedimientos y a un aparato, ópticos para realizar clasificación, codificación y autenticación de objetos, tales como objetos a base de papel o polímero que incluyen monedas, cheques, instrumentos negociables, pasaportes, testamentos y otros documentos.

10

### Antecedentes de la invención

En la patente US nº 5.448.582, publicada el 5 de septiembre de 1995, titulada "Optical Sources Having a Strongly Scattering Gain Medium Providing Laser-Like Action", el inventor da a conocer un medio de ganancia multifase que incluye una fase de emisión (tal como moléculas de tinte) y una fase de dispersión (tal como  $TiO_2$ ). En algunas formas de realización también puede preverse una tercera, la fase de matriz. Materiales adecuados para la fase de matriz incluyen disolventes, vidrios y polímeros. Se muestra el medio de ganancia que proporciona una caída de anchura de línea espectral de tipo láser por encima de una cierta energía de impulso de bomba. Se da a conocer el medio de ganancia que es adecuado para la codificación de objetos con códigos de longitud de onda múltiple, y que es adecuado para su utilización con varios materiales de sustrato, que incluyen polímeros y textiles.

15

20

Es ampliamente conocida en la técnica, la utilización de diversas técnicas de seguridad en un intento de proporcionar papel y otros sustratos imprimibles que puedan autenticarse fácilmente. Una vez autenticado el papel, entonces el documento o instrumento impresos en el papel puede suponerse que también son auténticos, o por lo menos que han pasado una prueba de autenticidad umbral. En el pasado se han utilizado marcas de agua, hologramas, tintas que cambian de color y similares. Una técnica ampliamente conocida coloca hilos de seguridad en el papel para dificultar una producción no autorizada del papel o para autenticar papel ya fabricado y/o un documento o moneda impresos en el papel. En este sentido, puede hacerse referencia a las siguientes patentes US: 5.486.022, "Security Threads Having At Least Two Security Detection Features and Security Papers Employing Same", de T.T. Crane; 4.534.398, "Security Paper", de T.T. Crane; y 4.437.935, "Method and Apparatus for Providing Security Features in Paper", de F.G. Crane, Jr.

25

30

Además del problema de autenticación, surgen otros problemas con la utilización de moneda, documentos, y otros sustratos flexibles (por ejemplo, textiles) tal como cuando se utilizan máquinas de clasificación y de cuenta automáticas. En dichas aplicaciones, la máquina de clasificación y/o cuenta debe poder distinguir de manera precisa entre billetes de distinto valor, aunque se haga en un entorno de tiempo real en el que los billetes están moviéndose a una velocidad relativamente alta.

35

También surge un problema durante una utilización convencional de materiales fluorescentes o fosforescentes. Este problema está relacionado con el comportamiento de saturación de la salida óptica que es típico de estos materiales. Debido a este comportamiento de saturación se degradan las propiedades de señal a ruido de la salida, especialmente para procesamiento de sustrato sin contacto.

40

El documento WO 98/45803 describe un procedimiento para autenticar un documento que incluye las etapas siguientes: (a) proporcionar un documento que va a autenticarse; (b) iluminar por lo menos una parte del documento con luz láser que supera una fluencia umbral; (c) detectar una emisión de tipo láser de banda estrecha de por lo menos una longitud de onda del documento en respuesta a la etapa de iluminación; y declarar que el documento es auténtico solamente si se detecta emisión de tipo láser.

45

50

Una solución muy ventajosa a los diversos problemas comentados anteriormente sería proporcionar una estructura de seguridad que pudiera incorporarse en la matriz que forma el documento, moneda, instrumento negociable, etc., en el que la estructura pudiera funcionar tanto para autenticar el sustrato como para mejorar la capacidad de contar y/o clasificar el sustrato. La estructura de seguridad debe ser pequeña de modo que pueda incorporarse en los sustratos, sea de bajo coste, y presente un comportamiento sin saturación o sustancialmente sin saturación que dote a la estructura de una salida de señal a ruido alta y de una capacidad para utilizarse en un modo de operación sin contacto de alta velocidad. Una estructura de seguridad en óptica según las enseñanzas de la presente invención permitiría tal modo de operación sin contacto de alta velocidad.

55

### Objetivos y ventajas de la invención

Por tanto, un primer objetivo y ventaja de la presente invención es proporcionar un procedimiento y un aparato ópticos mejorados para autenticar objetos, y posiblemente también contar y clasificar objetos, tales como documentos, moneda, instrumentos negociables, y otros sustratos que contienen marcas.

65

Otro objetivo y ventaja de la presente invención es proporcionar una estructura de seguridad óptica que puede

utilizarse en materiales de sustrato delgado, tales como materiales de sustrato a modo de hoja a base de papel o polímero.

5 Un objetivo y ventaja adicional de la presente invención es proporcionar un documento o sustrato de documento, tal como papel o un polímero, que se imprime y/o elabora para permitir al documento o sustrato autenticarse de manera precisa e inequívoca como genuino, así como presentar propiedades de clasificación y cuenta mejoradas.

10 Otro objetivo y ventaja de la presente invención es proporcionar un modo o estructura de emisión espontánea amplificada (ASE) que permite sortear el comportamiento de saturación de salida convencional que es típico de materiales fluorescentes o fosforescentes convencionales, mejorando de ese modo enormemente las propiedades de señal a ruido de la salida del sustrato y que permite procesamiento sin contacto altamente mejorado y robusto.

15 Un objetivo y ventaja adicional de la presente invención es proporcionar una estructura de emisión espontánea amplificada (ASE) en un medio ampliado de manera homogénea o no homogénea que permite procesamiento de sustratos sin contacto altamente mejorado y resistente, tales como aquellos que comprenden moneda y otros documentos.

### Sumario de la invención

20 Los problemas anteriores y otros se superan y los objetivos y ventajas de la invención se alcanzan mediante procedimientos y aparatos según las formas de realización de la presente invención.

25 Un primer aspecto de la invención se refiere a un procedimiento para procesar un documento, que comprende las etapas siguientes: proporcionar un documento que va a autenticarse, comprendiendo el documento: un sustrato y por lo menos un dispositivo que está compuesto por un medio de ganancia óptica y una estructura acoplada a dicho medio de ganancia para por lo menos uno de entre (a) favorecer la creación de por lo menos un modo que favorece por lo menos una banda estrecha de longitudes de onda respecto a otras longitudes de onda para permitir que la energía en dicha por lo menos una banda estrecha de longitudes de onda se añada de manera constructiva o (b) soportar una emisión espontánea amplificada, codificando dicho por lo menos un dispositivo información que se hace manifiesta mediante una emisión de dicho dispositivo; iluminar por lo menos una parte del documento con luz seleccionada para excitar el medio de ganancia; detectar una emisión de por lo menos una longitud de onda del documento en respuesta a la etapa de iluminación; y obtener la información que se codificó en el dispositivo a partir de la emisión detectada, en el que más de dos niveles de señal están asociados con cada longitud de onda de dicha por lo menos una longitud de onda.

35 Un segundo aspecto de la invención se refiere a un aparato para por lo menos uno de entre autenticación, clasificación o cuenta de documentos, que comprende: una fuente de luz para iluminar la totalidad o una parte de un documento, comprendiendo el documento: un sustrato y por lo menos un dispositivo ubicado en o sobre dicho sustrato, estando compuesto dicho dispositivo por un medio de ganancia óptica y una estructura para por lo menos uno de entre (a) favorecer la creación de por lo menos un modo que favorece por lo menos una banda estrecha de longitudes de onda respecto a otras longitudes de onda para permitir que la energía en dicha por lo menos una banda estrecha de longitudes de onda se añada de manera constructiva o (b) soportar emisión espontánea amplificada para producir luz de por lo menos una longitud de onda, produciendo dicha fuente de luz, una luz que presenta longitudes de onda que están predeterminadas para excitar dicho medio de ganancia; por lo menos un detector sensible a dicha longitud de onda para detectar la presencia de la por lo menos una longitud de onda; y una lógica de decisión, que presenta una entrada acoplada a una salida de dicho por lo menos un detector, para por lo menos uno de entre indicar la autenticidad del documento basándose por lo menos en parte en una detección de dicha por lo menos una longitud de onda, para contar el documento basándose por lo menos en parte en una detección de la por lo menos una longitud de onda o en la ausencia de la por lo menos una longitud de onda, en el que más de dos niveles de señal están asociados con cada longitud de onda de la por lo menos una longitud de onda.

50 Un tercer aspecto de la invención se refiere a un dispositivo de seguridad para su utilización con un sustrato y que comprende: un medio de ganancia acoplado a una estructura para por lo menos uno de entre (a) favorecer la creación de por lo menos un modo que favorece por lo menos una banda estrecha de longitudes de onda respecto a otras longitudes de onda para permitir que la energía en dicha por lo menos una banda estrecha de longitudes de onda se añada de manera constructiva o (b) soportar emisión espontánea amplificada, en el que dicha estructura está compuesta por por lo menos una de una estructura monolítica, una estructura multicapa, o una estructura ordenada que proporciona realimentación óptica distribuida para la creación de dicho por lo menos un modo, en el que más de dos niveles de señal están asociados con cada longitud de onda de dicha por lo menos una longitud de onda.

60 Se dan a conocer, en la presente memoria unos procedimientos y un aparato para por lo menos uno de entre autenticar, clasificar o contar documentos, así como estructuras de seguridad contenidas en documentos y documentos que contienen estructuras de seguridad. El aparato incluye un láser o alguna otra fuente de luz para iluminar todo o una parte de un documento. El documento incluye un sustrato y por lo menos una estructura de

seguridad o dispositivo ubicado en el sustrato o sobre el mismo.

Según las enseñanzas de la presente invención, la estructura de seguridad incluye, en una forma de realización, un medio de ganancia acoplado a una estructura que soporta la creación de por lo menos un modo para radiación electromagnética.

Además, según las enseñanzas de la presente invención la estructura de seguridad incluye, en otra forma de realización, un medio de ganancia acoplado a una estructura que presenta una dimensión o longitud en una o más direcciones para producir y soportar emisión espontánea amplificada (ASE).

Un dispositivo de seguridad según la presente invención presenta una estructura con límites cuya geometría y propiedades de material (por ejemplo, índice de refracción) soportan una mejora de la radiación electromagnética que puede emitirse desde un medio de ganancia, tal como un tinte y/o partículas semiconductoras, que también están contenidas en el dispositivo. La estructura puede proporcionarse, de modo que favorezca la creación de por lo menos un modo para mejorar la radiación electromagnética dentro de una banda estrecha de longitudes de onda. Formas adecuadas para la estructura incluyen, pero no se limitan a, formas cilíndricas generalmente alargadas tales como filamentos, esferas, semiesferas, toroides, cubos y otras formas poliédricas, así como discos. Las estructuras pueden ser estructuras monolíticas o estructuras multicapa, o una combinación de las mismas. Preferentemente, los dispositivos de seguridad que contienen las estructuras son de un tamaño compatible con las dimensiones del sustrato o soporte en el que se colocan, tal como hojas de papel o polímero delgado tales como las utilizadas para tarjetas de crédito, tarjetas de débito y tarjetas de identificación, tales como carnés de conducir.

Una fuente láser puede producir luz que presenta longitudes de onda que están predeterminadas para excitar el medio de ganancia. El aparato que comprende el láser además incluye por lo menos un fotodetector, o una matriz de fotodetectores, que son sensibles para por lo menos una longitud de onda predeterminada, y lógica de decisión para por lo menos uno de entre indicar la autenticidad de un documento que contiene el dispositivo de seguridad, para contar el documento, o para clasificar el documento. La lógica de decisión funciona basándose por lo menos en parte en una detección de la por lo menos una longitud de onda predeterminada o en la ausencia de por lo menos una longitud de onda predeterminada. Además, el proceso de decisión para autenticación puede incluir la anchura de línea y otras características espectrales de la firma, tal como sus derivados. Estos parámetros pueden emplearse para corroborar adicionalmente la presencia de una firma de emisión láser.

Tal como se emplea en la presente memoria, un documento puede ser una moneda, o un pasaporte, o un billete de lotería, o un título negociable, o una tarjeta de crédito o una tarjeta de débito, o una tarjeta de identificación tal como un carné de conducir o credencial del empleado, o cualquier sustrato o soporte que se desee autenticar, contar, codificar con información, clasificar y/o verificar.

#### **Breve descripción de los dibujos**

Las características expuestas anteriormente y otras de la invención se ponen más claramente de manifiesto a partir de la siguiente descripción detallada de la invención cuando se lea junto con los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 ilustra un documento que presenta fibras o hilos incrustados que emiten luz de banda estrecha, cuando se excitan mediante una fuente óptica tal como un láser, que contiene una o más longitudes de onda características;

la figura 2A ilustra una forma de realización de una plancheta de una estructura de seguridad según las enseñanzas de la presente invención;

la figura 2B ilustra una forma de realización del filamento o fibra de una estructura de seguridad según las enseñanzas de la presente invención, y que es adecuada para realizar los hilos del documento mostrados en la figura 1;

la figura 2C ilustra una forma de realización de realimentación distribuida (DFB) de una estructura de seguridad según las enseñanzas de la presente invención;

la figura 2D ilustra una vista desde arriba de una plancheta, como en la figura 2A, o una vista extrema de la fibra, en la que la plancheta o fibra está sectorizada y puede producir múltiples longitudes de onda;

la figura 2E ilustra a vista desde arriba de una plancheta, como en la figura 2A, o una vista extrema de la fibra, en la que la plancheta o fibra está estructurada radialmente para poder producir múltiples longitudes de onda;

la figura 3 es una vista en sección transversal, ampliada de una forma de realización de una estructura de seguridad que también es adecuada para realizar los hilos del documento mostrados en la figura 1;

la figura 4 es una vista en sección transversal, ampliada de otra forma de realización de la estructura de seguridad de la figura 3;

la figura 5 representa el pico de emisión de un tinte seleccionado en cualquiera de las formas de realización de las figuras 2A a 2E, antes de (B) y después de (A) una caída espectral;

5 la figura 6 muestra los picos de emisión característicos para un hilo compuesto por una pluralidad de fibras poliméricas constitutivas, cada una de las cuales emite en una longitud de onda característica;

la figura 7 es un gráfico que ilustra varios tintes adecuados que pueden utilizarse para formar el medio de ganancia según esta invención;

10 la figura 8 es un diagrama de bloques simplificado de un sistema de autenticación de documentos que es un aspecto de esta invención;

15 la figura 9 es un diagrama de bloques simplificado de un sistema para contar y clasificar documentos que es un aspecto de esta invención; y

20 la figura 10 representa amplitud de señal de longitud de onda de emisión y es útil para explicar una forma de realización de la presente invención en la que se emplean tanto longitud de onda como codificación de amplitud del nivel de señal.

### Descripción detallada de la invención

25 La descripción de la patente US n° 5.448.582 mencionada anteriormente, publicada el 5 de septiembre de 1995, titulada "Optical Sources Having a Strongly Scattering Gain Medium Providing Laser-Like Action", de Nabil M. Lawandy se incorpora a la presente memoria en su totalidad como referencia. Asimismo, se incorpora a la presente memoria en su totalidad como referencia la descripción de la patente US n° 5.434.878, publicada el 18 de julio de 1995, titulada "Optical Gain Medium Having Doped Nanocrystals of Semiconductors and also Optical Scatterers", de Nabil M. Lawandy.

30 La presente invención emplea estructuras de seguridad que contienen un medio de ganancia óptica que puede presentar actividad de tipo láser (por ejemplo, emisión en una banda estrecha de longitudes de onda cuando se excita mediante una fuente de energía de excitación).

35 Sin embargo, a diferencia de las estructuras dadas a conocer en la patente US n° 5.448.582 mencionada anteriormente, las estructuras de seguridad según las enseñanzas de la presente invención no requieren la presencia de una fase de dispersión o sitios de dispersión para generar la banda estrecha de emisiones. En su lugar, el medio de ganancia óptica que proporciona la emisión espontánea amplificada en respuesta a la iluminación es sensible, por ejemplo, a restricciones de tamaño, restricciones estructurales, restricciones de geometría, y/o desajustes de índice de refracción para emitir la banda estrecha de emisiones. Dicho de otro modo, las restricciones de tamaño, restricciones estructurales, restricciones de geometría, y/o los desajustes de índice de refracción se utilizan para proporcionar por lo menos un modo en la estructura de seguridad que favorece por lo menos una banda estrecha de longitudes de onda respecto a otras longitudes de onda, que permiten que la energía emitida en la banda estrecha de longitudes de onda se añada de manera constructiva. En otra forma de realización, las restricciones de tamaño, restricciones estructurales, restricciones de geometría, y/o desajustes de índice de refracción se utilizan para proporcionar una incidencia de emisión espontánea amplificada (ASE) en respuesta a la etapa de iluminación. Debe observarse que puede proporcionarse ASE dentro de un modo, pero que no se requiere un modo para tener ASE. En general, la ASE puede producirse en medio ampliado de manera homogénea o no homogénea.

50 La estructura de seguridad está, por tanto, compuesta por una fase de matriz, por ejemplo, un polímero o disolvente, que es sustancialmente transparente en longitudes de onda de interés, y una fase de amplificación (ganancia) de radiación electromagnética, por ejemplo, un tinte o un ión de tierras raras. La fase de amplificación (ganancia) está ubicada dentro de una estructura, según las enseñanzas de la presente invención, en la que la estructura presenta un tamaño predeterminado, o características estructurales, o geometría, y/o un índice de refracción que difiere del índice de refracción del sustrato dentro del que se pretende utilizar la estructura de seguridad. La estructura tiende a confinar y posiblemente guiar la salida de radiación electromagnética de la fase de amplificación (ganancia), y puede favorecer la creación de por lo menos un modo, o la creación de emisión espontánea amplificada (ASE). En cualquier caso la salida puede estar contenida en un intervalo estrecho de longitudes de onda, por ejemplo, unos pocos nanómetros de anchura, y se considera en la presente memoria como una emisión de banda estrecha. La fase de matriz puede comprender el material que forma la estructura de seguridad, tal como una plancheta polimérica que contiene la fase de amplificación (ganancia) de radiación electromagnética.

65 La invención se aplica en la presente memoria a la validación de la autenticidad de documentos, moneda, cheques, billetes de lotería, y otros instrumentos similares que se proporcionan normalmente en sustrato de papel o uno que contiene papel o uno similar al papel, así como a procedimientos y a un aparato automatizados para contar y/o clasificar tales sustratos. Para los fines de la presente invención, un "dispositivo de seguridad" o "estructura de

seguridad" significa un objeto que se fabrica según esta invención y que presenta dimensiones adecuadas para incluirse dentro de un material de sustrato deseado, tal como el papel de moneda o un pasaporte. Esté el objeto previsto para utilizarse para autenticar los sustratos, o para contar los sustratos, o para clasificar los sustratos, o para cualquier combinación de autenticación, cuenta o clasificación, se hace referencia al objeto todavía en la presente memoria, por comodidad, como "estructura de seguridad".

El documento o sustrato que contiene la estructura o dispositivo de seguridad puede ser, pero no se limita a, una moneda, o un pasaporte, o un billete de lotería, o un título negociable, o una tarjeta de crédito o a una tarjeta de débito, o una tarjeta de identificación, tal como un carné de conducir o credencial de empleado, o cualquier sustrato o soporte que se desee autenticar, contar, codificar, clasificar y/o verificar.

La presente invención también puede permitir tanto validación pública, por ejemplo, mediante inspección visual, como validación basada en máquina, por ejemplo, con la utilización de una fuente óptica y uno o más detectores ópticos adecuados. Por tanto, pueden utilizarse dos niveles de autenticación.

La figura 1 ilustra una primera forma de realización de esta invención. Un documento, que incluye cualquier sustrato 10 de papel, que contenga papel, o de polímero, incluye una pluralidad de cuerpos alargados incrustados o hilos 12 que incluyen un material de alojamiento, tal como una fibra textil o una fibra de polímero, que se recubre o impregna con un tinte o algún otro material que puede amplificar la luz. Los hilos 12 presentan propiedades electroópticas acordes con acción láser; es decir, una emisión de salida que presenta tanto una caída de anchura de línea espectral como una caída temporal a una energía de bombeo de entrada por encima de un nivel umbral. En respuesta a la iluminación con luz láser, tal como luz doblada en frecuencia (es decir, 532 nm) de un láser Nd:YAG 14, los hilos 12 emiten una longitud de onda  $\lambda$  que es característica del tinte crómico u otro material que comprende los hilos 12 iluminados. Puede aplicarse un recubrimiento reflectante para mejorar la emisión de los hilos 12. Un detector 16 óptico, que puede incluir un filtro selectivo de longitud de onda, puede utilizarse para detectar la emisión en la longitud de onda  $\lambda$ . La emisión también puede detectarse de manera visual, suponiendo que se encuentra dentro de la parte visible del espectro. En cualquier caso, la detección de la emisión en la longitud de onda característica  $\lambda$  indica que el documento es un documento auténtico, es decir, uno impreso en el sustrato 10 que presenta los hilos 12. Se supone que solamente se imprimen documentos auténticos en tales sustratos, y que una persona que desee producir de manera fraudulenta un documento de este tipo no tendría acceso al material de sustrato. La moneda es un ejemplo específico.

La figura 7 ilustra varios tintes a modo de ejemplo que son adecuados para poner en práctica esta invención, y muestra su salida de energía relativa en función de la longitud de onda. La enseñanza de esta invención no está limitada a la utilización sólo con los tintes indicados en la figura 7.

La figura 2A es una vista en alzado ampliada de una pequeña estructura de seguridad en forma de disco, también denominada plancheta 12A. La plancheta 12A presenta, por ejemplo, una forma cilíndrica circular con un diámetro (D) y un espesor (T) que es menor que las dimensiones del material de sustrato al que se añadirá la plancheta. Por ejemplo, la moneda estadounidense presenta un espesor de aproximadamente 100 micras, y D y T serán ambos significativamente inferiores a 100 micras. Asimismo, y según la presente invención, T y nD, el perímetro, pueden seleccionarse para presentar valores que están en función de una longitud de onda de emisión deseada, tal como la mitad de la longitud de onda o algún múltiplo de la mitad de la longitud de onda. Para ello, la plancheta 12A está compuesta por un polímero, o un vidrio, o algún otro material adecuado, que contiene un material de amplificación (ganancia) óptica, tal como uno de los tintes mostrados en la figura 7. Una superficie de la plancheta 12A puede estar dotada de un recubrimiento reflectante. También se prefiere que el índice de refracción (n) de la plancheta 12A sea diferente del índice de refracción (n') del material de sustrato deseado (es decir, el índice de la plancheta 12A no está ajustado al del sustrato circundante.)

Una plancheta también puede diseñarse de modo que la ASE a través del espesor T cree una emisión de banda estrecha, o de manera que la ASE a lo largo de una trayectoria de reflexión interna, tal como el perímetro, conduzca a una emisión de banda estrecha.

La figura 2B representa una forma de realización de fibra de la estructura de seguridad, en la que se hace que el diámetro (DM) de la fibra 12B presente un valor que está en función de la longitud de onda de emisión deseada, tal como la mitad de la longitud de onda o algún múltiplo de la mitad de la longitud de onda. Como en la forma de realización de la plancheta de la figura 2A, la fibra 12B está compuesta por un polímero, o un vidrio, o algún otro material adecuado, que contiene un emisor óptico, tal como uno de los tintes mostrados en la figura 7. También se prefiere de nuevo que el índice de refracción (n) de la fibra 12B sea diferente del índice de refracción (n') del material de sustrato deseado de modo que el índice de la fibra 12B no está ajustado al del sustrato circundante. En esta forma de realización, la radiación electromagnética que se emite por el tinte está confinada en la fibra y se propaga en la misma. Debido por lo menos en parte al diámetro de la fibra 12B, se prefiere una banda estrecha de longitudes de onda respecto a otras longitudes de onda, y la energía en esta banda de longitudes de onda aumenta a lo largo del tiempo, respecto a las otras longitudes de onda. Preferentemente, se hace que el diámetro DM esté en función de la longitud de onda de emisión del tinte seleccionado. El resultado final es una emisión de banda estrecha de la fibra 12B, cuando el tinte contenido en el material de matriz de la fibra 12B se estimula mediante una fuente láser

externa.

5 La figura 2C representa una forma de realización DFB de la estructura de seguridad, en la que una estructura periódica compuesta por zonas de índices de refracción primero y segundo ( $n_1$  y  $n_2$ ) alternan a lo largo de la longitud de la estructura 12C DFB. Preferentemente  $n_1$  no es igual a  $n_2$ , y tampoco son iguales a  $n'$ . El espesor de cada una de las zonas puede ser un cuarto de la longitud de onda, o un múltiplo de un cuarto de la longitud de onda, de la longitud de onda de emisión deseada para proporcionar un modo para la longitud de onda de emisión deseada.

10 La figura 5 representa el pico de emisión del tinte seleccionado en cualquiera de las formas de realización de las figuras 2A a 2E, antes de (B) y después de (A) la caída del espectro hecha posible por la estructura de seguridad que presenta un tamaño predeterminado, o características estructurales, o geometría, y/o un índice de refracción que difiere del índice de refracción del sustrato dentro del que se pretende utilizar la estructura de seguridad.

15 En general, y para el caso de la emisión espontánea amplificada para ganancia alta, medios ampliados de manera homogénea, la expresión general es (para una geometría de tipo cilíndrica):

$$\Delta\lambda / \Delta\lambda_0 = 1 / \sqrt{-(2gL)},$$

20 en la que  $g$  es la ganancia (por ejemplo,  $200 \text{ cm}^{-1}$ ), y  $L$  es una longitud que da como resultado emisión de banda estrecha. La estructura puede incluir un modo de propagación, y el modo puede ayudar a guiar la radiación electromagnética, pero el modo no es necesario para que se produzca ASE. Para un tinte, la ganancia  $g$  es aproximadamente  $200 \text{ cm}^{-1}$ , de modo que para una caída de la anchura de línea de diez veces ( $\Delta\lambda / \Delta\lambda_0 = 0,1$ ),  $L$  es aproximadamente 2,5 mm.

25 La figura 2D ilustra una vista desde arriba de una plancheta 12A, como en la figura 2A, o una vista extrema de la fibra 12B, en la que la plancheta o fibra está sectorizada (por ejemplo, cuatro sectores) y puede producir múltiples longitudes de onda ( $\lambda_1$  a  $\lambda_4$ ). La figura 2E ilustra una vista desde arriba de una plancheta 12A, como en la figura 2A, o una vista extrema de la fibra 12B, en la que la plancheta o fibra está estructurada radialmente para poder producir múltiples longitudes de onda. Dichas formas de realización de múltiples longitudes de onda se prestan a la codifica de información respecto a longitud de onda, tal como se describirá con más detalle a continuación.

35 La figura 3 ilustra una forma de realización de una estructura en la que una o más zonas (por ejemplo, tres) 22, 24, 26 incluyen, cada una, por ejemplo, uno o más tintes o bien solos o bien en combinación con una o más tierras raras que se seleccionan para proporcionar una longitud de onda  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  deseada. Un sustrato subyacente, tal como una capa de polímero transparente delgada 28, recubre una capa reflectante 30. La capa reflectante 30 puede ser una capa delgada de hoja metálica, y puede ondularse o conformarse de otra manera o aplicársele un patrón según se desee. La estructura puede cortarse en tiras delgadas que pueden utilizarse para formar los hilos 12 mostrados en la figura 1. Con una iluminación de bajo nivel proporcionada, por ejemplo, por una lámpara UV puede proporcionarse una autenticación pública basándose en una emisión fluorescente de banda ancha característica (por ejemplo, de algunas decenas de nanómetros o superior) de las partículas de tinte y/o de sustancia luminiscente. Sin embargo, cuando se excita mediante el láser 14, la estructura emite una emisión de banda estrecha característica (por ejemplo, inferior a aproximadamente 10 nm) en cada una de las longitudes de onda  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ . La presencia de estas tres longitudes de onda puede detectarse con el detector o detectores 16, en combinación con filtros de paso de banda ópticos adecuados (véase también la figura 8), proporcionando de este modo también una autenticación legible por máquina del documento que contiene la estructura. Alternativamente, un analizador de espectro (véase la figura 9) tal como una matriz de detectores monolíticos, por ejemplo, con una cuña óptica puede utilizarse para detectar el espectro. La salida del analizador de espectro se analiza entonces para detectar picos y derivados de  $\lambda$ , y puede compararse con una tabla de consulta predeterminada.

50 Si se desea, puede aplicarse un recubrimiento 32 adecuado a las zonas 22, 24 y 26. El recubrimiento 32 puede proporcionar estabilidad UV y/o protección frente a fuerzas abrasivas. Un recubrimiento de polímero que absorbe UV transparente delgado es un ejemplo adecuado, tal como son los tintes, pigmentos y sustancias luminiscentes.

55 Para el caso en el que se aplica el recubrimiento 32, el recubrimiento puede seleccionarse para ser o contener un material fluorescente. En este caso el recubrimiento 32 puede excitarse con una fuente UV para proporcionar la función de autenticación pública.

60 Los hilos 12 puede estar compuestos por fibras tales como nailon 6, nailon 6,6, PET, ABS, SAN, y PPS. Por ejemplo, un tinte seleccionado puede seleccionarse de pirrometeno 567, cloruro de rodamina 590, y perclorato de rodamina 640. El tinte seleccionado puede ir acompañado de una resina de polímero seleccionada y luego extruirse. Hilatura en húmedo es otra técnica adecuada para formar las fibras. Una concentración de tinte adecuada es  $2 \times 10^{-3} \text{ M}$ . La extrusión a  $250^\circ\text{C}$  seguida por refrigeración en un baño de agua es una técnica adecuada para formar las fibras 12. Cuando se utiliza en un sustrato de papel el diámetro se ajusta en consecuencia, y según la longitud de onda de emisión seleccionada. Una fluencia de excitación (bomba 12) adecuada está en el intervalo de aproximadamente  $5 \text{ mJ/cm}^2$  y superior. Dos o más fibras, que contiene, cada una, un tinte diferente, pueden

trenzarse entre sí o conectarse de otro modo para proporcionar una fibra de material compuesto que presenta emisión en dos o más longitudes de onda. Alternativamente, puede emplearse la forma de realización sectorizada de la figura 2D, o la forma de realización radial de la figura 2E. Debe observarse que pueden utilizarse simplemente fibras así elaboradas cortadas para crear las planchetas 12A.

Por ejemplo, la figura 6 ilustra la emisión a partir de un par de fibras de nailon trenzadas, excitadas en la línea de 532 nm de de un Láser Nd:YAG 12 doblado en frecuencia, que contiene  $2 \times 10^{-3}$  M pirrometeno 567 y perclorato de rodamina 640 con unos picos de emisión en 552 nm y 615 nm, respectivamente. Variando los tipos de fibra dopados con tinte en diversas combinaciones de trenzados o fibras combinadas de otro modo, las fibras o hilos 12 de material compuesto resultantes hacen posible codificar ópticamente información en el papel u otro material de alojamiento. Por ejemplo, puede codificarse moneda con su valor mediante la selección de longitud(es) de onda de emisión del hilo. Por ejemplo, un billete de 100 \$ emitiría con una primera firma óptica característica, mientras que un billete de 50 \$ emitiría con una segunda firma óptica característica. Las líneas de emisión características pueden estar espaciadas de manera estrecha de lo que se muestra en la figura 6. Por ejemplo, en tanto que las líneas de emisión de fibras individuales son del orden de 4 nm, una o más longitudes de onda de emisión adicionales pueden separarse aproximadamente en intervalos de 6 nm.

El tinte también puede incorporarse mediante un proceso de tintura de polímeros con sitios activos y tintes diseñados específicamente para unirse a los sitios activos.

Asimismo, está dentro del alcance de la invención dotar a una única fibra de dos tintes, en la que la emisión de un tinte se utiliza para excitar el otro tinte, y en la que solamente la emisión del segundo tinte puede ser visible.

En una forma de realización la rodamina 640 se excita a 532 nm. La rodamina 640 emite radiación de 620 nm que es absorbida por azul Nilo, que a su vez emite a 700 nm.

La figura 4 ilustra una forma de realización en la que el sustrato de polímero 28 de la figura 3 está retirado, y las zonas 22, 24 y 26 están dispuestas directamente sobre el metal al que se ha aplicado un patrón u otra capa de material reflector 30. En esta forma de realización puede apreciarse que se produce una modulación del espesor de las zonas del medio de ganancia, que permite que se produzcan múltiples longitudes de ondas si se incluyen múltiples tintes.

La figura 8 ilustra una forma de realización de un aparato adecuado para autenticar un documento según un aspecto de esta invención. El sistema de autenticación 50 incluye el láser 14, tal como, pero que no se limita a un láser Nd:YAG doblado en frecuencia, que presenta un haz de salida 14a pulsado. El haz 14a se dirige a un espejo M y desde ahí al documento 10 que va a autenticarse. El documento 10, que puede ser moneda, está dispuesto en un soporte 52. Uno o ambos del espejo M y el soporte 52 pueden ser móviles, permitiendo que el haz 12a explore el documento 10. Suponiendo que el documento 10 incluye los hilos 12, y/o las planchetas 12A, o cualquiera de las otras formas de realización dadas a conocer de estructuras de seguridad, se generan una o más longitudes de onda de emisión (por ejemplo,  $\lambda_1$  a  $\lambda_n$ ). Puede proporcionarse un filtro de paso de banda adecuado F para cada longitud de onda de emisión de interés (por ejemplo, F1 a Fn). La salida de cada filtro F1 a Fn se acopla ópticamente a través de un espacio libre o a través de una fibra óptica a un fotodetector PD1 a PDn correspondiente. Las salidas eléctricas de PD1 a PDn se conectan a un controlador 54 que presenta una salida 54a para indicar si el documento 10 es auténtico. El documento 10 se declara auténtico solamente cuando se encuentren presentes todas las longitudes de onda de emisión esperadas, es decir, sólo cuando PD1 a PDn producen, cada uno, una señal eléctrica que supera algún umbral predeterminado. Una consideración adicional puede ser una intensidad esperada de la(s) longitud(es) de onda detectada(s) y/o una relación de intensidades de longitudes de onda individuales entre sí.

Debe observarse que el soporte 52 puede ser una cinta transportadora que transporta documentos pasando por el haz 12a estacionario o de exploración. Debe además observarse que un prisma, cuña o rejilla de difracción puede sustituir a los filtros individuales F1 a Fn, en cuyo caso los fotodetectores PD1 a PDn están ubicados espacialmente para interceptar las salidas de longitud de onda específicas del prisma o rejilla. También pueden sustituirse los fotodetectores PD1 a PDn por una o más matrices de formación de imagen de superficie, tales como una matriz de formación de imagen de silicio o CCD, tal como se muestra en la figura 9. En este caso, se espera que la agrupación se ilumine en ciertas ubicaciones de píxel predeterminadas si todas las longitudes de onda de emisión esperadas están presentes. Se supone que el (los) fotodetector(es) o matriz(ces) de imágenes(s) presentan una respuesta eléctrica adecuada a la longitud o longitudes de onda de interés. Sin embargo, y tal como se observó anteriormente, es posible separar de manera próxima las longitudes de onda de emisión (por ejemplo, las longitudes de onda de emisión pueden separarse aproximadamente 6 nm). Esto permite que una pluralidad de longitudes de onda de emisión estén ubicadas dentro del intervalo de longitud de onda de sensibilidad máxima del (de los) detector(es) seleccionado(s).

El controlador 54 puede conectarse al láser 14, espejo M, soporte 52, y otros componentes del sistema, tales como una cuña giratoria que sustituye a los filtros ajustados F1 a Fn, para controlar el funcionamiento de estos diversos componentes del sistema.

La figura 9 es un diagrama de bloques simplificado de un sistema 50' para clasificar y contar documentos que es un aspecto adicional de la presente invención. El aparato de la figura 9 puede ser similar al de la figura 8, sin embargo, el controlador 54' produce una señal 54a' de cuenta y también puede proporcionar una señal a un mecanismo 56 desviador para dirigir el documento que está examinándose a un destino predeterminado. En esta forma de realización, se supone que el soporte 52 es una cinta transportadora o algún aparato similar que transporta documentos pasando por el haz 12a estacionario o de exploración. Si solamente se utiliza una función de cuenta entonces es necesario emplear como mínimo una longitud de onda (y, por tanto, un fotodetector), suponiendo que solamente se vaya a contar un tipo de documento. También puede emplearse una longitud de onda en el caso de clasificación, si se supusiera que un documento deseado emite una longitud de onda predeterminada mientras que otros documentos no emiten nada, o emiten en una longitud de onda diferente. En este caso puede activarse el mecanismo 56 desviador esté o no presente la emisión esperada.

La figura 9 también muestra el caso en el que los fotodetectores discretos de la figura 8 se sustituyen por una matriz superficial 53 monolítica compuesta por píxeles 53a. La matriz 53, en combinación con algún tipo de dispositivo para distribuir de manera espacial el espectro de salida por la matriz, tal como una cuña 55, proporciona un analizador de espectro en combinación con el controlador 54'. Es decir, el espectro (SP) que emana del documento 10 se detecta y convierte en una señal eléctrica para su análisis mediante software en el controlador 54'. Por ejemplo, los picos en el espectro se identifican y están asociados con longitudes de onda particulares mediante sus ubicaciones en la matriz 53. La información que transportan los picos de longitud de onda (y/o alguna otra característica espectral, tal como el ancho de pico, o espaciamiento de pico, o el derivado) se utiliza entonces para autenticar el documento 10, o para detectar un tipo de documento o para establecer alguna otra información respecto del documento, y/o para contar y/o clasificar el documento.

Debe observarse que las formas de realización de las figuras 8 y 9 pueden combinarse en un aparato que autentique, cuente y clasifique documentos, tales como moneda o instrumentos financieros.

Adicionalmente según las enseñanzas de esta invención la codificación de diversos sustratos puede lograrse mediante un código de dominio de longitud de onda estrictamente binario, o mediante una aproximación que también incluye la amplitud de las señales.

En el esquema binario, los sustratos pueden impregnarse con combinaciones de N longitudes de onda de láser a partir de una gama total de M longitudes de onda de láser. La presencia de una señal en una longitud de onda específica indica un "1" mientras que su ausencia indica un "0". Si se dispone de M opciones de longitud de onda, por ejemplo en forma de fibras 12B o planchetas 12A, entonces existe un total de  $2^M - 1$  códigos posibles. Por ejemplo, M=3 fibras de longitud de onda diferente pueden crear siete códigos diferentes. Este enfoque, por ejemplo, puede utilizarse para codificar las denominaciones existentes de moneda estadounidense.

Además, si sólo se incorporan N longitudes de onda a la vez en cualquier sustrato dado, entonces existen

$$Z_M^N = \frac{M!}{(M-N)! N!}$$

posibilidades, indicando ! factorial. Por ejemplo, con M=5 longitudes de onda de láser diferentes de las que elegir se tiene:

$$Z_5^1 \text{ (1 fibra en cada sustrato) } = 5$$

$$Z_5^2 \text{ (2 fibras en cada sustrato) } = 10$$

$$Z_5^3 \text{ (3 fibras en cada sustrato) } = 10$$

$$Z_5^4 \text{ (4 fibras en cada sustrato) } = 5$$

$$Z_5^5 \text{ (la totalidad de las 5 fibras en un sustrato) } = 1$$

Puede obtenerse una capacidad de codificación mayor permitiendo asociar más bits con cada longitud de onda. Esto puede lograrse considerando los niveles de señal en cada longitud de onda, tal como se indica en la figura 10 para una longitud de onda específica  $\lambda_0$ . El nivel de señal puede controlarse directamente mediante la densidad de cada uno de los emisores de codificación en cada sustrato. Por ejemplo, tres bits en una  $\lambda_0$  dada pueden crearse como:

"0", sin emisión en  $\lambda_0$

"1", emisión en una intensidad de señal = A  
 "2", emisión en una intensidad de señal = B>A,

siendo A un nivel de señal seleccionado correspondientemente a una carga dada del emisor láser.

5

Además, por ejemplo, la información codificada en  $\lambda_0$  puede ser la siguiente:

"0", sin emisión en  $\lambda_0$   
 "+1", emisión en una intensidad de señal = A  
 "-1", emisión en una intensidad de señal = B>A.

10

Utilizando un esquema trinario a modo de ejemplo tal como se describe, M longitudes de onda diferentes pueden crear  $3^N-1$  códigos discretos. Si se eligen Y niveles de amplitud discretos, entonces existen  $Y^N-1$  opciones. En un esquema de codificación de múltiples niveles a modo de ejemplo, para M=3, Y=3, se proporcionan un total de 26

15

códigos, a diferencia de los siete en el caso estrictamente binario.  
 La enseñanza de la presente invención comprende generalmente el uso de estructuras de seguridad, que se consideran un material de múltiples componentes, fibras, tales como filamentos de polímero e hilos textiles, así como discos, que pueden ser cuerpos redondos a modo de plancheta o poligonales que se colocan en el papel u otro sustrato, y que incluyen un recubrimiento que presenta el emisor óptico.

20

La presente invención enseña, por tanto, una estructura de seguridad que comprende un medio de ganancia acoplado a una estructura que soporta la creación de por lo menos un modo para radiación electromagnética.

25

La presente invención enseña además una estructura de seguridad que comprende un medio de ganancia acoplado a una estructura que presenta una dimensión o longitud en una o más direcciones para producir y soportar emisión espontánea amplificada (ASE).

30

La presente invención enseña además un dispositivo de seguridad que comprende un medio de ganancia óptica y una estructura que presenta límites que confiere una geometría global a la estructura que, en combinación con por lo menos una propiedad de material de la estructura, soporta una mejora de la radiación electromagnética emitida desde el medio de ganancia para favorecer la creación de por lo menos un modo que mejora una emisión de radiación electromagnética dentro de una banda estrecha de longitudes de onda. Formas adecuadas, aunque no limitativas, para la estructura comprenden formas alargadas, generalmente cilíndricas tales como filamentos, una forma de esfera, una forma parcialmente esférica, una forma toroidal, una forma cúbica y otra poliédrica, y una forma de disco. La estructura está preferentemente compuesta por por lo menos una de entre una estructura monolítica o una estructura multicapa o una estructura ordenada que puede proporcionar realimentación óptica distribuida. En una forma de realización preferida de la presente invención el dispositivo de seguridad forma parte de una moneda, un pasaporte, un billete de lotería, un título negociable, una tarjeta de crédito o una tarjeta de débito, o cualquier sustrato o soporte que se desee para por lo menos uno de autenticación, cuenta, codificación, clasificación o verificación.

35

40

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de procesamiento de un documento, que comprende las etapas siguientes:

5 proporcionar un documento (10) que va a autenticarse, comprendiendo el documento:

un sustrato (10) y por lo menos un dispositivo (12) que está compuesto por un medio de ganancia óptica y una estructura acoplada a dicho medio de ganancia para por lo menos uno de entre (a) favorecer la creación de por lo menos un modo que favorece por lo menos una banda estrecha de longitudes de onda respecto a otras longitudes de onda para permitir que la energía en dicha por lo menos una banda estrecha de longitudes de onda se añada de manera constructiva o (b) soportar la emisión espontánea amplificada, codificando dicho por lo menos un dispositivo información que se pone de manifiesto mediante una emisión de dicho dispositivo;

15 iluminar por lo menos una parte del documento con una luz (14a) seleccionada para excitar el medio de ganancia;

detectar una emisión de por lo menos una longitud de onda ( $\lambda_1, \lambda_n$ ) del documento en respuesta a la etapa de iluminación; y

20 obtener la información que se codificó en el dispositivo a partir de la emisión detectada,

en el que más de dos niveles de señal están asociados con cada longitud de onda de dicha por lo menos una longitud de onda.

25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, y que comprende además una etapa de declarar el documento auténtico solamente si la emisión se detecta y se confirma que es una emisión de tipo láser.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, y que comprende además una etapa de ordenar un procesamiento adicional del documento basándose en la información obtenida.

30 4. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que los niveles de señal corresponden a información de bit.

5. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la información se codifica utilizando tanto codificación de longitud de onda como codificación de nivel de señal.

35 6. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que los más de dos niveles de señal incluyen un nivel sin emisión, un primer nivel de emisión correspondiente a una carga predeterminada de dicho por lo menos un dispositivo, y un segundo nivel de emisión correspondiente a un nivel superior al primer nivel de emisión.

40 7. Aparato (50) para por lo menos uno de entre autenticar, clasificar o contar documentos, que comprende:

una fuente de luz (14) para iluminar la totalidad o una parte de un documento (10), comprendiendo el documento:

un sustrato (10) y por lo menos un dispositivo (12) ubicado en dicho sustrato o sobre el mismo, estando compuesto dicho dispositivo por un medio de ganancia óptica y una estructura para por lo menos uno de entre (a) favorecer la creación de por lo menos un modo que favorece por lo menos una banda estrecha de longitudes de onda respecto a otras longitudes de onda para permitir que la energía en dicha por lo menos una banda estrecha de longitudes de onda se añada de manera constructiva o (b) soportar una emisión espontánea amplificada para producir luz de por lo menos una longitud de onda,

50 produciendo dicha fuente de luz una luz (14a) que presenta longitudes de onda que están predeterminadas para excitar dicho medio de ganancia;

por lo menos un detector (PD; 53) sensible a dicha longitud de onda para detectar la presencia de dicha por lo menos una longitud de onda; y

55 una lógica de decisión (54), que presenta una entrada acoplada a una salida de dicho por lo menos un detector, para por lo menos uno de entre indicar la autenticidad del documento basándose por lo menos en parte en una detección de dicha por lo menos una longitud de onda, para contar el documento basándose por lo menos en parte en una detección de dicha por lo menos una longitud de onda o en la ausencia de dicha por lo menos una longitud de onda,

60 en el que más de dos niveles de señal están asociados con cada longitud de onda de dicha por lo menos una longitud de onda.

8. Aparato según la reivindicación 7, en el que la estructura soporta una emisión espontánea amplificada a través de por lo menos uno de entre el grupo constituido por restricciones de tamaño, restricciones estructurales, restricciones de geometría, y desajustes de índice de refracción entre la estructura y el sustrato.

9. Aparato según la reivindicación 7, en el que la estructura soporta una emisión espontánea amplificada a través de desajustes de índice de refracción entre la estructura y el sustrato.
- 5 10. Aparato según la reivindicación 7, en el que dicho por lo menos un dispositivo es una estructura de seguridad, en el que la estructura de seguridad está compuesta por uno de entre el grupo constituido por 1) por lo menos un filamento (12B), y en el que la longitud de onda emitida está en función de un diámetro del filamento, 2) una plancheta (12A), y en el que la longitud de onda emitida está en función del espesor de la plancheta, y 3) una estructura (12C) DFB compuesta por zonas alternantes, y en el que la longitud de onda emitida está en función del espesor de zonas individuales de las mismas.
- 10 11. Aparato según la reivindicación 7, en el que los más de dos niveles de señal incluyen un nivel sin emisión, un primer nivel de emisión correspondiente a una carga predeterminada del por lo menos un dispositivo ubicado en dicho sustrato o sobre el mismo, y un segundo nivel de emisión correspondiente a un nivel superior al primer nivel de emisión.
- 15 12. Aparato según la reivindicación 7, en el que dicho detector está compuesto por una pluralidad de fotodetectores ( $PD_1, PD_n$ ) discretos.
- 20 13. Aparato según la reivindicación 7, en el que dicho detector está compuesto por una matriz superficial (53).
14. Aparato según la reivindicación 7, en el que dicho detector está compuesto por un analizador de espectro.
15. Aparato según la reivindicación 7, en el que dicho dispositivo emite una única longitud de onda.
- 25 16. Aparato según la reivindicación 7, en el que dicho dispositivo emite una pluralidad de longitudes de onda.
17. Dispositivo de seguridad para su utilización con un sustrato y que comprende:
- 30 un medio de ganancia acoplado a una estructura para por lo menos uno de entre (a) favorecer la creación de por lo menos un modo que favorece por lo menos una banda estrecha de longitudes de onda respecto a otras longitudes de onda para permitir que la energía en dicha por lo menos una banda estrecha de longitudes de onda se añada de manera constructiva o (b) soportar una emisión espontánea amplificada, en el que dicha estructura está compuesta por lo menos por una de entre una estructura monolítica, una estructura multicapa, o una estructura ordenada que proporciona realimentación óptica distribuida para la creación de dicho por lo menos un modo, en el que más de dos niveles de señal están asociados con cada longitud de onda de dicha por lo menos una longitud de onda.
- 35 18. Dispositivo de seguridad según la reivindicación 17, en el que formas adecuadas para dicha estructura comprenden formas alargadas, generalmente cilíndricas tales como filamentos, una forma esférica, una forma parcialmente esférica, una forma toroidal, una forma cúbica y otra poliédrica, y una forma de disco.
- 40 19. Dispositivo de seguridad según la reivindicación 17, en el que dicha estructura está compuesta por por lo menos una de entre una estructura monolítica o una estructura multicapa o una estructura ordenada que puede proporcionar una realimentación óptica distribuida para la creación de un modo.
- 45 20. Dispositivo de seguridad según la reivindicación 17, en el que dicho dispositivo de seguridad es una parte de una moneda, un pasaporte, un billete de lotería, un título negociable, una tarjeta de crédito o una tarjeta de débito, una tarjeta de identificación, o cualquier sustrato o soporte que se desee para por lo menos uno de entre autenticación, cuenta, codificación, clasificación o verificación.

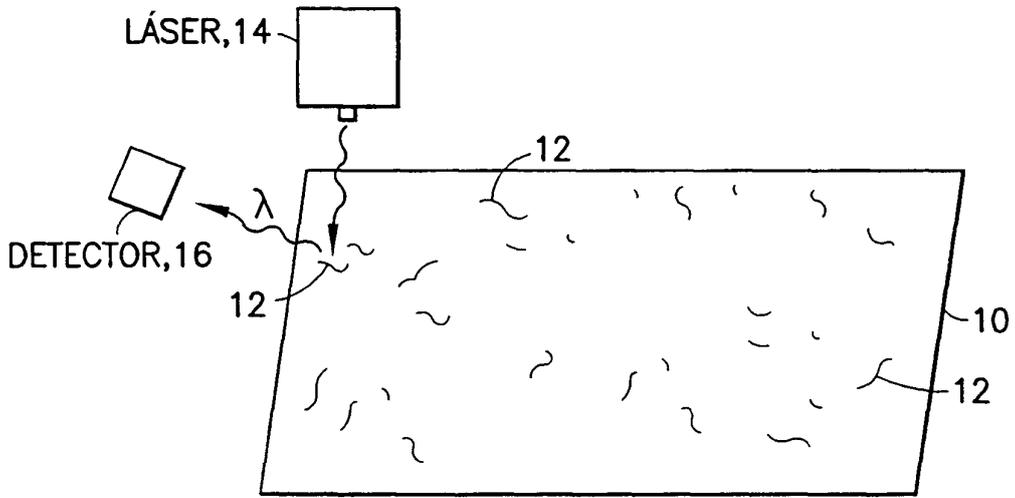


FIG. 1

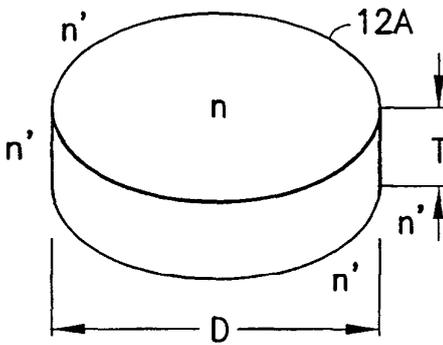


FIG. 2A

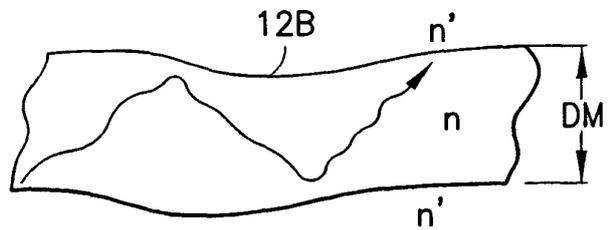


FIG. 2B

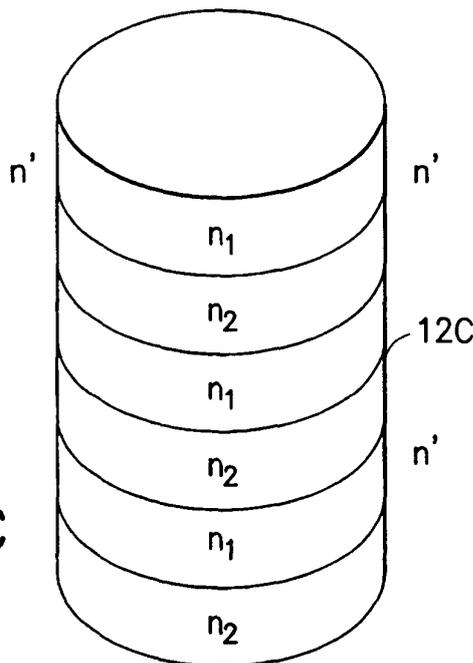


FIG. 2C

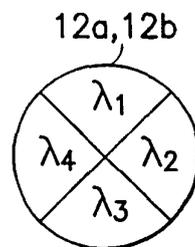


FIG. 2D

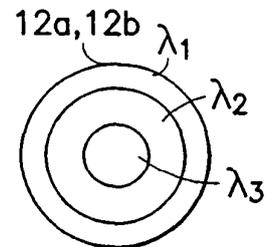
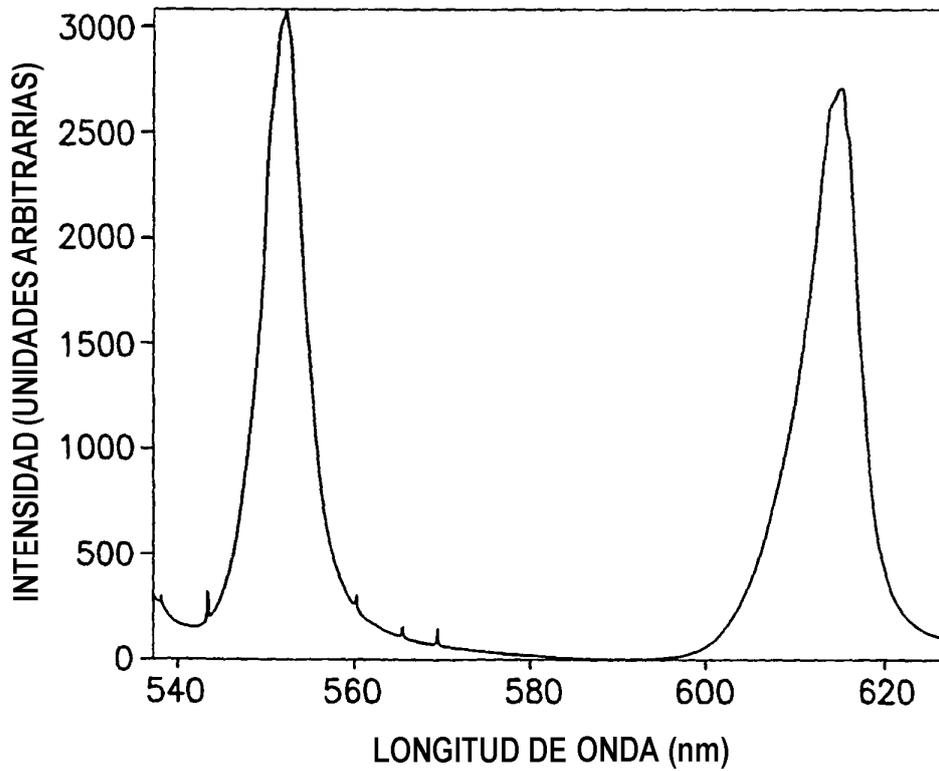
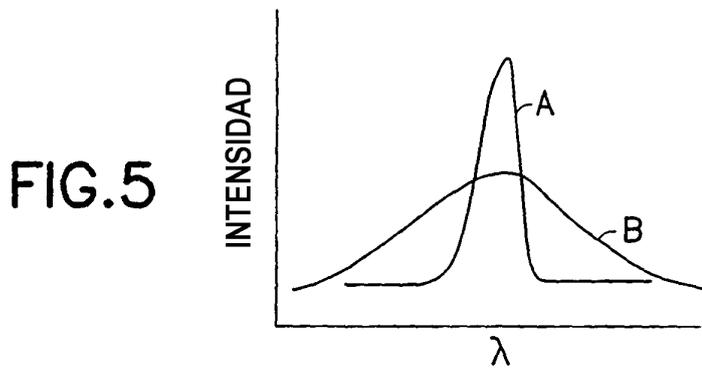
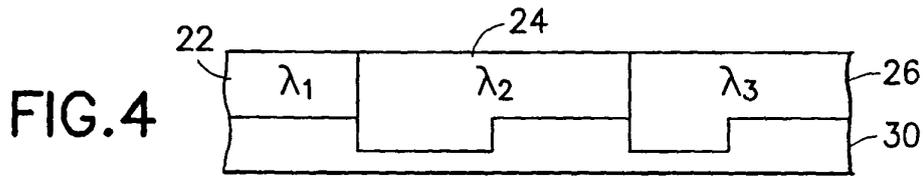
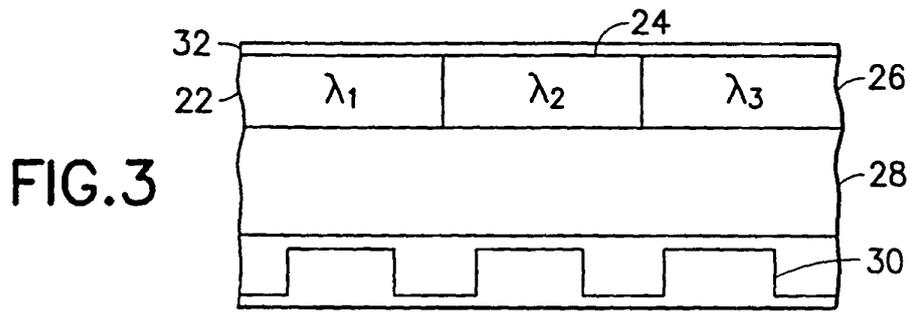


FIG. 2E



**FIG.6**

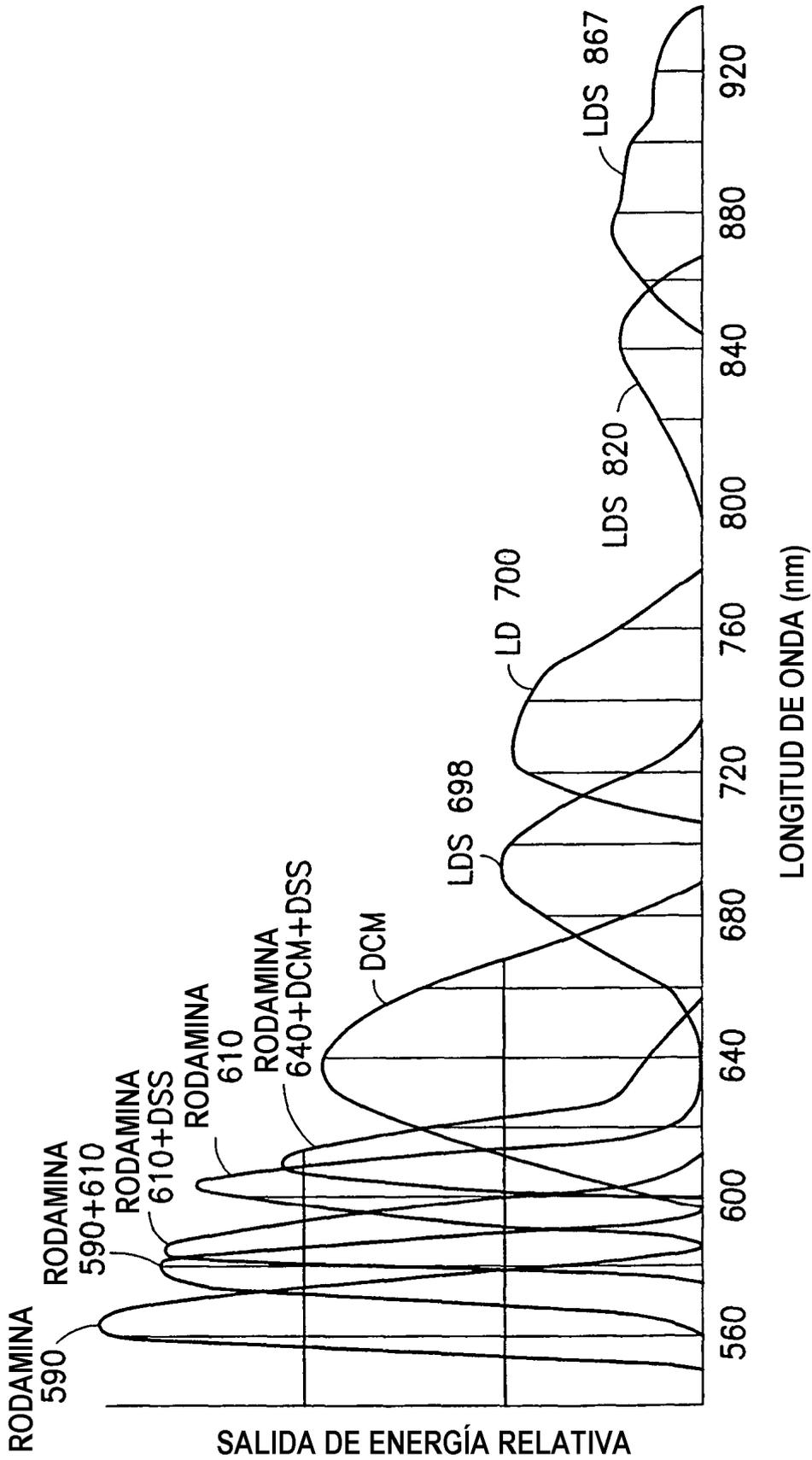


FIG.7

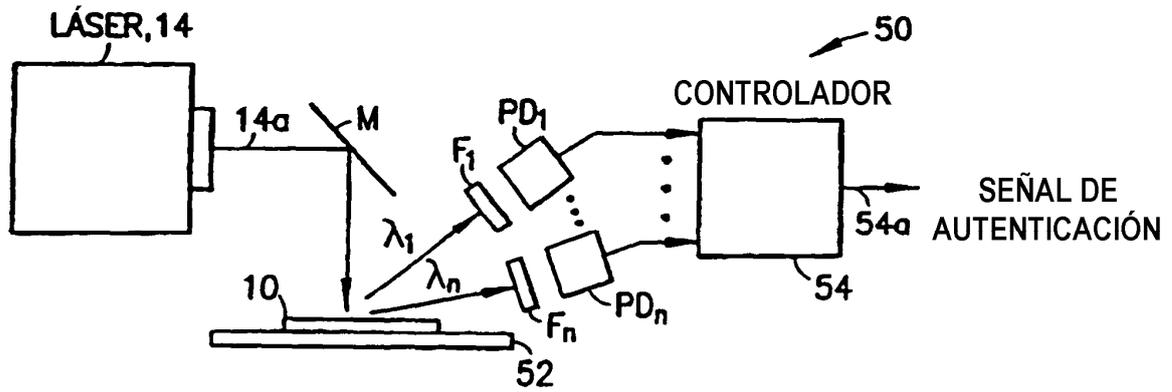


FIG. 8

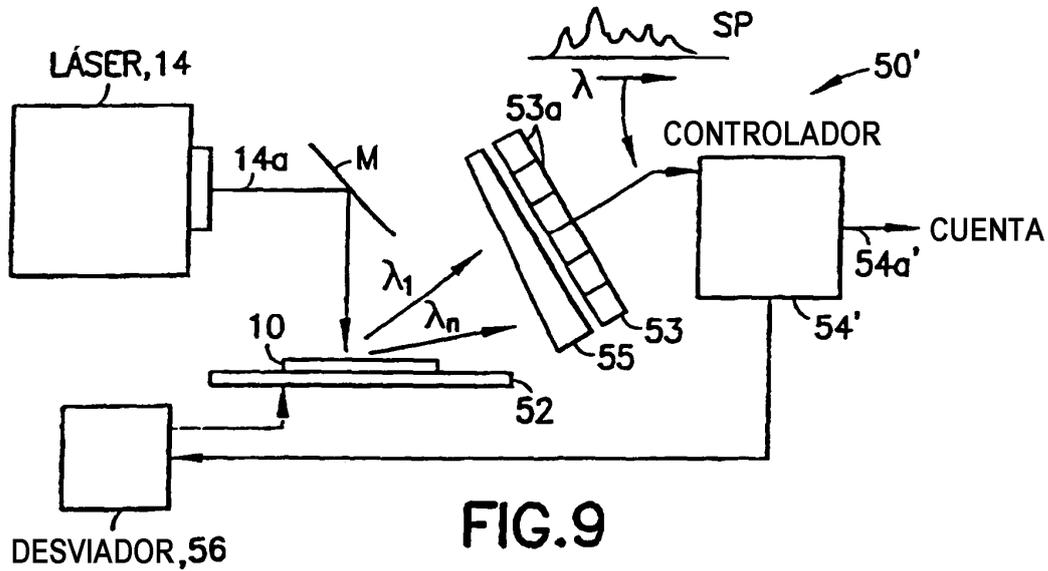


FIG. 9

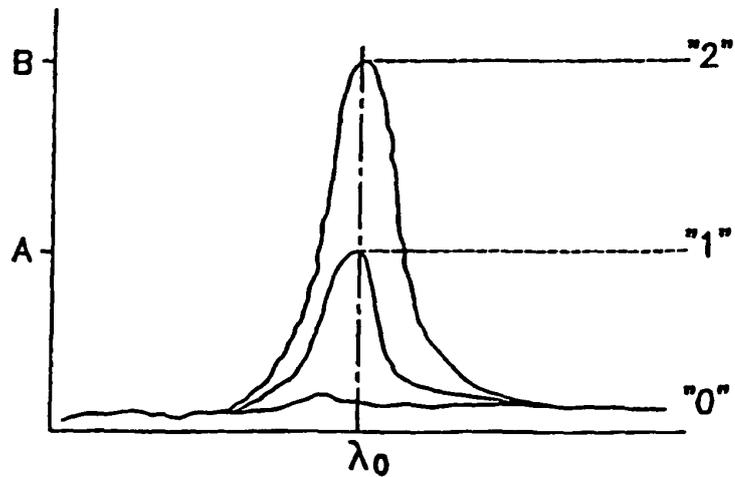


FIG. 10