(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 627 416**

(51) Int. Cl.:
G07D 7/12 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.09.2005 PCT/EP2005/009435**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **09.03.2006 WO06024530**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.09.2005 E 05784193 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.03.2017 EP 1805727**

(54) Título: **Característica de seguridad luminiscente y procedimiento para fabricar la característica de seguridad luminiscente**

(30) Prioridad:

02.09.2004 EP 04020881
14.10.2004 EP 04024534
14.10.2004 EP 04024533
14.10.2004 EP 04024535

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.07.2017

(73) Titular/es:

GIESECKE & DEVRIENT GMBH (50.0%)
PRINZREGENTENSTRASSE 159
81677 MÜNCHEN, DE y
BANQUE DE FRANCE (50.0%)

(72) Inventor/es:

GIERING, THOMAS;
SCHWENK, GERHARD;
RAUSCHER, WOLFGANG;
MARTIN, OLIVER;
MECHINE, YANNICK y
CUBIERES, LYSIS

(74) Agente/Representante:

DURÁN MOYA, Luis Alfonso

ES 2 627 416 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

Característica de seguridad luminiscente y procedimiento para fabricar la característica de seguridad luminiscente

Esta invención se refiere a una característica de seguridad luminiscente por la que la característica de seguridad emite radiación luminiscente tras una excitación.

La utilización de sustancias luminiscentes para el marcado de billetes de banco se conoce desde hace algún tiempo. En concreto, con la utilización simultánea de diferentes sustancias luminiscentes en un objeto a asegurar, estas marcas independientes se evaluaron también independientemente entre sí. La condición previa para esto era que las diferentes sustancias emitiesen en diferentes rangos espectrales. En concreto, se utilizaron sustancias que emitían en el visible tras excitación con luz ultravioleta o luz infrarroja, tales como materiales luminiscentes de conversión ascendente o vanadato de itrio dopado con europio o silicato dopado con manganeso.

Para asegurar el objeto correspondiente, los materiales luminiscentes se imprimieron sobre el material de soporte o se incorporaron en el mismo, por ejemplo, trabajados en papel o también en elementos de seguridad, tales como hilos de seguridad o fibras de moteado.

Incluso cuando se utilizaron simultáneamente varias sustancias luminiscentes, las emisiones individuales de las sustancias se evaluaron independientemente entre sí, o cuando las luminiscencias se solaparon, la evaluación quedó totalmente impedida. Esto facilita a los falsificadores, en primer lugar, la detección de bandas espectrales luminiscentes individuales situadas muy alejadas espectralmente y, además, el poder imitarlas con sustancias meramente similares.

Otra idea conocida es utilizar la presencia y ausencia de bandas espectrales luminiscentes claramente separadas tras el solapamiento de diferentes espectros para una codificación, con el fin de aumentar el número de codificaciones distinguibles. Las codificaciones diferentes permiten de este modo, por ejemplo, que las denominaciones o también las divisas se distingan. Sin embargo, la codificación espectral con bandas espectrales luminiscentes claramente separadas tiene la desventaja de que el falsificador puede analizar de nuevo fácilmente estas últimas y, cuando analiza varios billetes de banco también puede determinar fácilmente la codificación, por ejemplo, para las denominaciones individuales.

El documento U.S.A. 6380547B1 da a conocer un proceso para colocar una "firma" química sobre un artículo. El proceso se lleva a cabo seleccionando una serie de luminóforos de excitación con láser que son fluorescentes a diferentes longitudes de onda en una porción predeterminada del espectro cuando se expone a una luz de excitación de longitud de onda predeterminada, y aplicando la serie de luminóforos de excitación con láser a un artículo representativo.

El documento EP 1 182 048 da a conocer, por ejemplo, un procedimiento para autenticar un documento de seguridad en el que la emisión de una característica luminiscente ya está codificada, y dicha emisión se compara con un espectro de referencia.

Además de este enfoque, existen numerosos sistemas adicionales para la verificación automática de billetes de banco. Los sensores asociados se han ido extendiendo cada vez más en los últimos años, ya que no solo, como anteriormente, los bancos centrales emiten las divisas, sino que también cada vez más los bancos comerciales y el comercio emplean dispositivos para comprobar automáticamente billetes de banco, tales como aparatos de recuento, aparatos de clasificación o máquinas de depósito de dinero o máquinas expendedoras.

Esta creciente propagación de los sensores de billetes de banco, a veces de alta calidad, incluso fuera del sector bancario, sin embargo, supone la desventaja de que los falsificadores también son capaces de adquirir dichos sensores y pueden adaptar específicamente sus falsificaciones mediante la evaluación de las señales de medición de dichos sensores.

Para resolver dicho problema, el documento WO 97/39428 propone que un billete de banco deba contener una característica de alta seguridad que consiste en una mezcla de dos sustancias diferentes incorporadas o aplicadas al papel, y una característica de baja seguridad que consiste en otra sustancia. Se describe que la característica de alta seguridad se comprueba en una zona de alta seguridad, tal como un banco, mientras que en una zona de baja seguridad solo se comprueba la característica de baja seguridad, tal como en máquinas expendedoras de acceso público.

Sin embargo, esta incorporación de sustancias de características diferentes para diferentes categorías de seguridad aumenta el esfuerzo para una selección adecuada de sustancias de características adecuadas y, por lo tanto, para la fabricación de los documentos de valor asociados. Por lo tanto, existe la necesidad de un sistema alternativo para asegurar las divisas contra falsificaciones que tenga en cuenta también los problemas anteriormente mencionados que resultan de la creciente propagación de los sensores de billetes de banco.

El problema de la presente invención es, por lo tanto, aumentar la seguridad frente a la falsificación de billetes de banco u otros documentos de seguridad.

El problema de la presente invención se resuelve mediante las reivindicaciones independientes.

Es preciso subrayar que las características de las reivindicaciones dependientes y de los sustratos son habitualmente documentos de seguridad tales como billetes o cheques bancarios, documentos de valor fabricados en papel y/o polímero tales como pasaportes, tarjetas de seguridad tales como tarjetas de identificación o de crédito, etiquetas para asegurar artículos de lujo, etc.

La definición de sustratos también cubre posibles productos intermedios en el proceso de fabricación del documento de seguridad. Estos son, por ejemplo, materiales de soporte con una característica de seguridad que se aplican o se incorporan en un sustrato final a asegurar. Por ejemplo, el material de soporte puede ser un elemento de película, tal como un hilo de seguridad, que tiene la característica de seguridad.

El propio material de soporte está conectado al objeto, tal como un billete de banco, de la manera conocida.

La expresión "sustrato que tiene una característica de seguridad" significa que la característica de seguridad está conectada al sustrato de todo tipo de maneras. Esto se realiza de la siguiente manera.

La característica de seguridad se puede aplicar al sustrato, por ejemplo, directamente mediante impresión, pulverización, dispersión, etc., o indirectamente mediante pegado o laminación de un material adicional equipado con la característica, sobre el sustrato.

Alternativamente, la característica de seguridad se puede incorporar en el propio sustrato, es decir, se puede incorporar en el volumen del papel o en el sustrato de polímero. Por ejemplo, la característica de seguridad se puede mezclar con la pasta de papel durante la fabricación del papel, o se puede añadir al plástico durante la extrusión de películas.

El término "radiación" no está restringido a la radiación visible (VIS), sino que incluye otros tipos de radiación, tales como la radiación en el espectro infrarrojo (IR) o en el infrarrojo cercano (NIR) o en el espectro UV. Las combinaciones de dichos tipos de radiación están previstas asimismo en esta memoria, por el término "radiación". Esto se aplica a la radiación tanto de excitación como de emisión.

Preferentemente, la excitación se efectúa con radiación en el rango del espectro invisible, de forma especialmente preferente con radiación IR, NIR o UV, o con combinaciones de las mismas.

El término "señal de respuesta" se refiere a la radiación que es emitida por la característica de seguridad luminiscente cuando se irradia con radiación de excitación. La señal de respuesta se encuentra habitualmente en el espectro invisible y puede estar presente, por ejemplo, en el espectro de IR, NIR y/o UV, o en combinaciones de los mismos. La señal de respuesta se representa en forma de un espectro de emisión, es decir, intensidad de luminiscencia frente a longitud de onda de emisión.

Alternativamente, la señal de respuesta se representa en forma de un espectro de excitación, es decir, intensidad de luminiscencia frente a longitud de onda de excitación. Otros modos de realización y ventajas de la invención se pueden encontrar en la siguiente descripción y en las figuras, en las que:

la figura 1 muestra una representación esquemática de un sustrato,

la figura 2 muestra una vista esquemática de un dispositivo de lectura para leer una característica de seguridad luminiscente, conectado a dicho sustrato,

la figura 3 muestra un ejemplo esquemático de una señal de respuesta de dicha característica de seguridad luminiscente,

la figura 4 muestra otro ejemplo esquemático de una señal de respuesta de una característica de seguridad luminiscente,

la figura 5 muestra otro ejemplo esquemático de una señal de respuesta de una característica de seguridad luminiscente, y

la figura 6 muestra otro ejemplo esquemático de una señal de respuesta de una característica de seguridad luminiscente.

Observaciones generales

La figura 1 muestra un sustrato -10-, que es un billete de banco -10-, en esta memoria, a modo de ejemplo. Tal como se ha mencionado anteriormente, el sustrato -10- puede igualmente ser de cualquier otro tipo, incluyendo sustratos para productos intermedios en forma de un material de soporte, tal como una película o un hilo, que está conectado al sustrato final que se va a asegurar. El sustrato -10- comprende una característica de seguridad luminiscente -100-.

La característica -100- puede estar conectada al sustrato -10- de cualquier manera, tal como se ha mencionado anteriormente.

La característica -100- comprende sustancias de característica luminiscente que emiten radiación luminiscente en respuesta a una radiación de excitación. Dicha respuesta contiene información, basada en la distribución espectral de la respuesta y/o en la excitación (por ejemplo, distribución de la intensidad de la respuesta en el rango de longitudes de onda).

Materiales de característica luminiscente

La característica -100- de seguridad luminiscente comprende preferentemente por lo menos dos materiales luminiscentes cuyos espectros de emisión y/o excitación difieren, y cuyas señales de respuesta son espectralmente contiguas.

La excitación y la emisión de las sustancias luminiscentes se pueden efectuar en el UV, en el VIS y/o en el IR. En el IR siguiente se incluirá asimismo el NIR.

Por ejemplo, se pueden utilizar sustancias que se excitan en el UV y emiten en el visible, tal como vanadato de itrio dopado con europio Eu: YVO_4, silicato dopado con manganeso, etc. Asimismo, es posible utilizar sustancias luminiscentes que son excitadas en el visible y emiten en el visible. Asimismo, es posible utilizar sustancias que se excitan en el visible y emiten en el infrarrojo. Asimismo, es posible utilizar sustancias que se excitan en el infrarrojo y emiten en el visible, tal como, por ejemplo, los materiales luminiscentes de conversión ascendente. Se prefieren las sustancias luminiscentes que se excitan en el UV y que también emiten en el UV. Se prefieren aún más las sustancias que se excitan en el infrarrojo y que emiten en el infrarrojo.

Ejemplos de excitación en el UV - emisión en el VIS (UV-VIS):

Las siguientes se pueden utilizar como sustancias que se excitan en el ultravioleta (UV) y emiten en el visible (VIS):

Tabla 1

Compuesto	λ_{max} [nm] de la emisión máxima
Mn: Zn_2SiO_4	520
Ag,Ni:ZnS	460
Eu: YVO_4	632
Eu: quelato	600
Mn,Pb:$CaSiO_3$	610
Mn: $KMgF_3$	596
Pr: Y_2O_2S	515
Tb: Y_2O_2S	544
Tb: La_2O_2S	548
Ce: Y_2SiO_5	415
Dy: YVO_4	570
Ti: $Ba_2P_2O_7$	500

Ejemplos de excitación en el VIS - emisión en el IR (VIS-IR):

Las siguientes se pueden utilizar como sustancias que se excitan en el visible (VIS) y emiten en el infrarrojo (IR)

Er: Gd_2O_2S,
Er: $NaYW_2O_6$,
Yb,Er: CaF_2.

Dichas sustancias se excitan aproximadamente a 550 nm y emiten aproximadamente a 1100 nm.

Ejemplos de excitación en el IR - emisión en el VIS (IR-VIS):

Las sustancias que se excitan en el infrarrojo (IR) y emiten en el visible (VIS) son las denominadas sustancias de conversión ascendente. Se puede utilizar

Yb, Er: Y_2O_2S,
Yb, Er: YVO_4,
Yb, Er: Vidrio ZBLAN.

Ejemplos de excitación en el UV - emisión en UV (UV-UV):

Las siguientes se pueden utilizar como sustancias que se excitan en el ultravioleta (UV) y emiten en el ultravioleta (UV):

Ce: YPO_4 (emisión máxima a 380 nm)
Pr: $GdBO_3$ (emisión máxima a 312 nm)
Ce: $SrAl_{12}O_{19}$ (emisión máxima a 305 nm)
Pb: $BaSi_2O_5$ (emisión máxima a 350 nm)
Eu: $SrBeO_7$ (emisión máxima a 370 nm)

Ejemplos de excitación en el IR - emisión en el IR (IR-IR):

Las siguientes se pueden utilizar como sustancias que se excitan en el infrarrojo (IR) y emiten en el infrarrojo (IR):

Er: CaF_2
Er: $LiYF_4$
Er: KY $(WO_4)_2$
Er: YAG

por lo que estas se excitan aproximadamente a 850 nm y emiten aproximadamente a 1500 nm.

Es igualmente posible utilizar:

Nd: $Y_3Ga_5O_{12}$
Nd: KY $(WO_4)_2$
Nd: $SrAl_{12}O_{19}$
Nd: ZBLAN,

por lo que estas se excitan aproximadamente a 800 nm.

Es igualmente posible utilizar:

Pr: $SrMoO_4$ que emite aproximadamente a 1040 nm,
V: MgF_2 que emite aproximadamente a 1122 nm, y
Ni: MgO que emite aproximadamente a 1314 nm.

En concreto, las sustancias a utilizar según la invención son sustancias luminiscentes que tienen un luminóforo en una matriz. Los luminóforos pueden ser iones o moléculas.

Los luminóforos son elementos de tierras raras particularmente preferentes, por ejemplo, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, o bien iones de Bi, Pb, Ni, Sn, Sb, W, Tl, Ag, Cu, Zn, Ti, Mn, Cr o V, así como luminóforos orgánicos o cualquier combinación de los mismos.

Ejemplos de luminóforos son los fluoróforos enumerados en la Tabla 2. Los valores indicados para la longitud de onda de excitación y la emisión máxima son aproximados, ya que estos valores dependen en gran medida de la matriz en la que están incorporados los fluoróforos (desplazamiento del disolvente).

Tabla 2

Fluoróforo	Longitud de onda de excitación	Emisión máxima
Rodamina 6G	520 nm	560 nm
Rodamina 700	645 nm	644 nm
Carbazina 720	650	670
IR 125	800	850
IR 144	760	850
HDITCI	780	830

Otros ejemplos de luminóforos orgánicos son los terfenilos, los cuarterfenilos, los quinquefenilos, los sexifenilos, los oxazoles, el fenilfurano, los oxadiazoles, el estilbeno, el carboestirilo, la cumarina, el estirilbenceno, la sulfaflavina, el

yoduro de carbocianina, la fluoresceína, el fluororol, la fodamina, la sulforodamina, la oxacina, la carbazina, la piridina, la hexacianina, los estirilos, la ftalocianina, la naftalocianina, el hexadibenzocianina, la dicarbocianina.

Opcionalmente, los luminóforos orgánicos se deben estabilizar mediante procedimientos adecuados si la estabilidad no es suficiente para la aplicación.

Las matrices son en concreto celosías anfitrionas inorgánicas, tales como YAG, ZnS, YAM, YAP, zeolita de $AlPO_5$, Zn_2SiO_4, YVO_4, $CaSiO_3$, $KMgF_3$, Y_2O_2S, La_2O_2S, $Ba_2P_2O_7$, Gd_2O_2S, $NaYW_2O_6$, $SrMoO_4$, MgF_2, MgO, CaF_2, $Y_3Ga_5O_{12}$, $KY(WO_4)_2$, $SrAl_{12}O_{19}$, ZBLAN, $LiYF_4$, YPO_4, $GdBO_3$, $BaSi_2O_5$, $SrBeO_7$, etc.

Las matrices orgánicas tales como PMMA, PE, PVB, PS, PP, etc., son también particularmente adecuadas.

Preferentemente, se utilizan sustancias luminiscentes inorgánicas que tienen elementos de tierras raras en matrices inorgánicas. En concreto, se pueden utilizar las siguientes sustancias:

RE: A_2O_3,

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Gd, Lu, Sc, Al, Hf.

RE: A_2O_2S,

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Gd, Lu

RE: ADO_4,

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Zn, Sn,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Si, Ge.

RE: $A_5D(EO_4)_3$ o RE: $A_2D(EO_4)_2$,

en la que

RE significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Ca, Sr, Ba,
D significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados de entre el grupo F, Cl, OH,
E significa respectivamente uno o varios elementos del grupo P, Sb, Bi, V, Nb, Ta.

RE: A_3D,

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Li, Na, K,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo P, Sb, Bi, V, Nb, Ta.

RE: $A_3D_{2-x}E_{3+x}O_{12}$,

en la que $0 \leq x \leq 2$ y

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Gd, Lu,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Al, Ga, Tl, Sc, Fe, Cr,
E significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Al, Ga, Tl, Fe.

RE: ADO_4,

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ca, Sr, Ba, Pb,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Cr, Mo, W, S, Se, Te.

RE: $AD(EO_4)_2$,

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Li, Na, K,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Gd, Lu,
E significa uno o varios elementos seleccionados del grupo P, Cr, Mo, W, S, Se, Te.

RE: A_2DO_8,

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Gd, Lu,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Cr, Mo, W, S, Se, Te.

RE: ADE_2O_6,

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Li, Na, K,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Gd, Lu,
E significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Mo, W.

RE: ADO_4,

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Y, La, Gd, Lu,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo P, V, Sb, Nb, Ta.

RE: A_2DEO_8,

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Gd, Lu,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Si, Ge, Sn,
E significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Cr, Mo, W.

RE: AD_5O_{14},

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Ce, Gd, Lu,
D significa P

RE: $AD_{12}O_{19}$,

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Ce, Gd, Lu,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Al, Ga, Tl, Sc.

RE: AD_4O_7,

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ca, Sr, Ba, Mg,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Al, B.

RE: ADO_5,

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Gd, Lu, Sc,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Si, Ge.

RE: $ADTiO_6$,

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Gd, Lu, Sc,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Nb, Ta.

RE: AF_2 o RE: $AD_2E_2G_3O_{12}$ o RE: $A_2DG_2O_7$,

en la que

RE significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Ca, Sr, Ba,
D significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr,
E significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Ce, Gd, Lu,
G significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Si, Ge, Sn.

RE: ADO_4,

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Li, Na, K,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo P, Nb.

RE: AE o RE: ADE_2 o RE: AO,

en la que

RE significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Cu, Ag, Mn, Pb, Ni,
A significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Zn, Cd,
D significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Zn, Cd,
E significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo S, Se.

Ti: $ADSiO_3$,

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr.

Ti: AD_2O_7,

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr, Ba,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo P, Sb.

RE: $A_3D_3O_9$,

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Gd, Lu,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Al, Ga, Sc.

RE: $A_3(DO_4)_2$,

en la que

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Cu, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr, Ba,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo P, Sb, Bi, V, Nb, Ta.

X: $A_5D\ (EO_4)_3$ o X: $A_2D(EO_4)_2$ o X: $AG_2Al_{16}O_{27}$

en la que

X significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Mn, Eu,
A significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Ca, Sr, Ba,
D significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo F, Cl, OH,
G significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo P, Sb, Bi, V, Nb, Ta,
G significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr, Ba.

Mn: A_3D,

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Li, Na, K,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo P, Sb, Bi, V, Nb, Ta.

Mn: $AD(EO_4)$ o Mn: A_2EO_4 o Mn: GEO_4,

en la que

A significa respectivamente Zn,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Be, Mg, Ca, Sr, Ba,
E significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Si, Ge, Sn, Ti, Zr,
G significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ge, Sn.

Mn: $A3(DO_4)$,

en la que

A significa Zn,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo P, Sb, Bi, V, Nb, Ta.

Mn: ADO_3,

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr, Ba,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Si, Ge, Sn.

Eu: AB_4O_7 o Eu: $A_2P_2O_7$,

en la que

A significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr, Ba.

Eu: AB_4O_7 o Eu: ASO_4 o Eu: $A_4Al_{14}O_{25}$ o Eu: $AAl_2Si_2O_8$,

en la que

A significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr, Ba.

Eu: $AD_3(EO_4)_2$,

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr, Ba,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr, Ba,
E significa uno o varios elementos seleccionados del grupo P, Sb, Bi, V, Nb, Ta.

Pb: AD_2O_5 o Pb: ADO_3,

en la que

A significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr, Ba,
D significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Si, Ge, Sn.

Pb: A_2DSiO_7 o Pb: $ASiO_3$ o Pb: ASi_2O_7 o Pb: $A_3Si_2O_7$,

en la que

A significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr, Ba,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Zn.

Pb: ADO_4,

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr, Ba,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Cr, Mo, W.

Bi: A_3ECl_6,

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Li, Na, K, Cs,
E significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Ce, Gd, Lu.

Bi: ABO_3,

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Sc, Y, La.

Bi: ADB_4O_{12},

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Ce, Gd, Lu,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Al, Ga, Tl.

Bi: $ADAlO_4$ o Bi: DOCl o Bi: D_2O_3,

en la que

A significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr, Ba,
D significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Ce, Gd, Lu.

$Bi_2Al_4O_9$ o $Bi_4AlGe_3O_{12}$ Bi: ADO_4,

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Gd, Lu,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo P, V, Sb, Nb, Ta.

Sn: $A_3(DO_4)_2$ o Sn: $A_2D_2O_7$,

en la que

A significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr, Ba, Zn, Al,
D significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo P, Sb, Bi, V, Nb, Ta.

Sb: $A_5D(EO_4)_3$ o Sb: $A_{5-x}D_{1-x}(EO_4)_3(SbO)_x$,

en la que $0 \leq x \leq 0,1$ y

A significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo Ca, Sr, Ba,
D significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo F, Cl, OH,
E significa respectivamente uno o varios elementos seleccionados del grupo P, Sb, Bi, V, Nb, Ta.

W: AWO_4,

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr, Ba.

Tl: $A(DO_4)_2$,

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr, Ba, Zn,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo P, Sb, Bi, V, Nb, Ta.

Ni: AO,

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca.

V: AF_2,

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr.

V: $A_2D_3F_{19}$,

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr, Ba,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Gd, Lu.

V: AD_5O_{14},

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Gd, Lu, Ce,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo P, Sb.

V: ADE_4O_{12},

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Li, Na, K,
D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Gd, Lu, Ce,
E significa uno o varios elementos seleccionados del grupo P, Sb.

V: $AD_4(EO_4)_3O$,

en la que

A significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Mg, Ca, Sr, Ba,

D significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Y, La, Gd, Lu,
E significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Si, Ge, Sn, Pb.

RE: vidrio,

donde

RE significa uno o varios elementos seleccionados del grupo Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb,
vidrio significa ZBLAN, AZF, vidrio de aluminato de Ca, vidrio de fluoruro, vidrio de fluorfosfato, vidrio de silicato, vidrio de sulfuro, vidrio de fosfato, vidrio de germanato.

Ejemplo para fabricar un sistema orgánico:

Para fabricar sustancias luminiscentes orgánicas que se pueden utilizar según la invención, el fluoróforo se disuelve en la matriz orgánica, se polimeriza completamente y se congela. Los pigmentos así producidos se pueden procesar adicionalmente, añadiendo opcionalmente TiO_2 y mezclando con un aglutinante para proporcionar una tinta de impresión.

Alternativamente, una matriz no dopada se puede fabricar en forma de polvo en una primera etapa, y se procesa bajo presión en el autoclave junto con el fluoróforo en una segunda etapa.

De los posibles luminóforos y matrices, los elementos de tierras raras como luminóforos se combinan preferentemente con matrices inorgánicas, y los luminóforos orgánicos se combinan con matrices orgánicas.

Sin embargo, también es concebible utilizar quelatos como sustancia luminiscente, por lo que, por ejemplo, un elemento de tierras raras se integra, en esta memoria, en una celosía orgánica.

Para producir el solapamiento de los espectros de emisión según la invención, se utilizan preferentemente sistemas basados en tierras raras. Estos son sistemas que se basan en la luminiscencia de los iones de tierras raras insertados en una celosía anfitriona, una llamada "matriz".

Las por lo menos dos sustancias luminiscentes con espectros de emisión superpuestos tienen, según la invención, la misma matriz, pero un luminóforo diferente, en esta memoria, o alternativamente una matriz diferente con el mismo luminóforo.

Si se utiliza solo un luminóforo en diferentes celosías anfitrionas, las celosías anfitrionas pueden diferir en configuración cristalográfica y/o en composición química. Sin embargo, la alteración de la estructura cristalográfica y/o de la composición química de la celosía anfitriona hace que los espectros de dichas sustancias luminiscentes difieran solo en una pequeña medida, de modo que se solapan espectralmente según la invención.

Las matrices pueden tener en primer lugar la misma composición química (por ejemplo, producida a partir de los mismos elementos químicos, generalmente con diferentes contenidos de dichos elementos), pero con configuraciones cristalográficas diferentes.

Dichas matrices forman una familia de matrices que son muy similares químicamente, pero difieren en sus estructuras cristalográficas. Ejemplos de dicha familia incluyen las matrices YAG (granate de aluminato de itrio, $Y_3Al_5O_{12}$) y las matrices YAM (aluminato de itrio monoclínico, $Y_4Al_2O_9$).

Si un falsificador intentase determinar la característica luminiscente mediante un análisis químico para falsificar los sustratos imitando la característica, podría posiblemente analizar los elementos individuales, pero las correspondientes configuraciones cristalográficas de las matrices quedarían fuera de consideración. El falsificador sospecharía que solo una matriz estaba presente en la característica luminiscente. Si dejara las estructuras cristalográficas correspondientes de las diferentes matrices en la característica de autenticidad fuera de consideración al reproducir la característica, la característica luminiscente imitada no contendría por lo menos dos materiales luminiscentes, sino solo uno.

En segundo lugar, las matrices pueden tener la misma configuración cristalográfica pero una composición química diferente.

Dichas matrices se pueden producir para una estructura cristalográfica dada, que comprende átomos o grupos de átomos seleccionados, por ejemplo, de O, N, C, Y, Al, Fe, Cr, P, W, Si, Zn, Gd, Ga, S, La, Ca.

Ventajosamente, se utilizan sustancias luminiscentes de banda estrecha. En un modo de realización particularmente ventajoso, dichas sustancias luminiscentes de banda estrecha se combinan con sustancias luminiscentes que emiten radiación de banda ancha y luminiscencia en el mismo rango de longitudes de onda que la sustancia luminiscente de banda estrecha. Las sustancias luminiscentes de banda ancha que se pueden utilizar son

sustancias inorgánicas u orgánicas. Naturalmente, también es posible según la invención utilizar sustancias que muestran solamente luminiscencia de banda ancha.

A partir del actualmente posible gran número de sustancias luminiscentes, las sustancias luminiscentes correspondientes se seleccionan de tal manera que los espectros de emisión de por lo menos dos sustancias se solapen espectralmente. La figura 4 muestra esquemáticamente un espectro (intensidad luminiscente frente a longitud de onda) en el que varias sustancias con bandas espectrales -P- individuales en combinación forman la característica luminiscente -100-, mostrándose la envolvente de la característica luminiscente total mediante la línea de trazos.

Dichos sistemas no se pueden separar espectralmente de manera exacta utilizando los espectrómetros comercialmente disponibles, en concreto, cuando las sustancias luminiscentes contenidas en el mismo están presentes conjuntamente en una característica de seguridad en las concentraciones que son bajas para aplicaciones de seguridad y, además, solo podrían estar disponibles durante tiempos de medición cortos. Debido al solapamiento de los espectros, el análisis produce, en lugar de espectros individuales bien separados, espectros que están mal estructurados o no estructurados espectralmente (envolvente de banda ancha), que son muy difíciles de interpretar. Dicha envolvente de banda ancha se muestra mediante la línea de puntos de la figura 4. En el caso ideal se excluye la identificación de las sustancias individuales en sí. Esto hace muy difícil o imposible para el falsificador analizar e interpretar la combinación de la invención.

El término "solapamiento de espectros" se refiere a por lo menos dos bandas espectrales de diferentes sustancias que se solapan esencialmente, es decir, las bandas espectrales no pueden ser analizadas de manera independiente una de otra. Por lo tanto, no es posible una separación completa de las bandas espectrales individuales. La resolución de la medición es habitualmente de aproximadamente 10 a 15 nm.

El término "banda ancha" se refiere a una señal de respuesta representada por una envolvente de banda ancha que no está estructurada de tal manera que los detalles espectrales de los espectros que se solapan no se resuelven (véase, por ejemplo, la línea de puntos de la figura 4).

El término "banda estrecha" se refiere a una señal de respuesta representada por una impresión de dedo espectral, es decir, se pueden analizar detalles espectrales de los espectros que se solapan (véase, por ejemplo, la línea de puntos de la figura 4). Las bandas espectrales estrechas preferentemente tienen un FHWM de aproximadamente 50 nm o menor, por ejemplo, con respecto a los sistemas orgánicos o a los sistemas UV-VIS. Más preferentemente, las bandas espectrales estrechas tienen un FHWM de aproximadamente 15 nm o menor, por ejemplo, con respecto a los sistemas de tierras raras.

Alternativamente, se puede utilizar un solapamiento de los espectros de excitación en lugar del solapamiento de los espectros de emisión.

En otro modo de realización ventajoso, no solo se superponen los espectros de emisión, sino también los espectros de excitación.

La complejidad de la característica de seguridad puede aumentarse adicionalmente si, no solo dos sustancias de la característica de seguridad se superponen espectralmente sino, si el número de sustancias se incrementa más. Esto hace posible proporcionar características luminiscentes de seguridad que cubren un amplio rango de longitudes de onda. Dentro de este rango de longitudes de onda se pueden crear entonces muchas combinaciones diferentes de codificaciones debido a los diferentes espectros.

Un solapamiento de por lo menos dos espectros está presente en por lo menos un rango espectral. A continuación, en esta memoria, dicha zona también se designará como zona de solapamiento.

Naturalmente, también es posible formar el espectro total de tal manera que dicha zona de solapamiento se combine con un espectro adicional que no se solape con la zona de solapamiento. Las bandas espectrales de dicho espectro adicional se sitúan así en otro rango espectral que se puede unir directamente a la primera zona de solapamiento, o bien estar separada de la misma. El propio espectro adicional puede consistir en una combinación de espectros que se solapan de diferentes sustancias, de tal manera que existe una segunda zona de solapamiento, o bien es el espectro de una sustancia única.

En otros modos de realización es posible asimismo combinar más de dos de los rangos espectrales que se acaban de indicar.

Sin embargo, es preferible combinar rangos espectrales que no son directamente contiguos, sino que tienen rangos de longitud de onda separados. Por ejemplo, un rango espectral se encuentra en el visible, mientras que el otro rango espectral se encuentra en el infrarrojo. En esta memoria, se prefiere particularmente utilizar radiaciones diferentes para excitar los dos rangos espectrales, tales como excitación con radiación UV / emisión en el visible y excitación en el visible / emisión en el infrarrojo.

Ejemplos de característica de seguridad inorgánica con dos sustancias luminiscentes (excitación en el UV - emisión en el VIS):

En un modo de realización, se mezcla Mn: Zn_2SiO_4 en polvo con Pr: Y_2O_2S en polvo y se añade a la pasta de papel durante la fabricación del papel. Tras la irradiación del papel terminado con radiación UV, Mn: Zn_2SiO_4 emite luminiscencia a 520 nm y Pr: Y_2O_2S a 515 nm.

Ejemplo de característica de seguridad inorgánica con tres sustancias luminiscentes (excitación en el UV - emisión en el VIS):

En un modo de realización adicional, se mezclan Tb en polvo: La_2O_2S, Tb en polvo: Y_2O_2S y Ag en polvo, Ni: ZnS. La mezcla de polvo se procesa hasta conseguir una tinta de impresión y se imprime sobre papel de seguridad. Tras la irradiación de la impresión con radiación ultravioleta, los tres compuestos emiten luminiscencia a los valores indicados en la tabla, por lo que las tres bandas espectrales luminiscentes se solapan.

Ejemplo de característica de seguridad inorgánica con tres sustancias luminiscentes (excitación en el IR - emisión en el IR):

En un modo de realización adicional, se mezclan Er: $LaPO_4$ en polvo, Er: Gd PO_4 en polvo y Er: $CePO_4$ en polvo. Las sustancias luminiscentes tienen el mismo luminóforo, pero tienen matrices diferentes. La mezcla de polvo se procesa hasta conseguir una tinta de impresión y se imprime sobre papel de seguridad. Tras la irradiación de la impresión con radiación IR, los tres compuestos emiten luminiscencia en el IR, por lo que las tres bandas espectrales luminiscentes se solapan.

Ejemplo de característica de seguridad inorgánica con dos sustancias luminiscentes (excitación en el IR - emisión en el IR):

En un modo de realización adicional, se mezclan Er: $YAl_{12}O_{19}$ en polvo y Er: $GdAl_{12}O_{19}$ en polvo. Las sustancias luminiscentes tienen el mismo luminóforo pero matrices diferentes. La mezcla de polvo se procesa hasta conseguir una tinta de impresión y se imprime sobre papel de seguridad. Tras la irradiación de la impresión con radiación IR, los dos compuestos emiten luminiscencia en el IR, por lo que las bandas espectrales luminiscentes se solapan.

Alternativamente, según la invención es posible alternativamente combinar las sustancias luminiscentes de tal manera que las diferentes sustancias se excitan mediante radiación en diferentes rangos espectrales y/o emiten en rangos espectrales diferentes, por ejemplo, sustancias que se excitan en el UV y emiten en el VIS se pueden combinar con sustancias que se excitan en el visible y emiten en el visible. Si los rangos espectrales de dichas combinaciones de sustancias son contiguos, se pueden fabricar sensores muy compactos porque la separación espectral se puede realizar con un solo elemento, por ejemplo, un espectrómetro o sistemas de filtro, que cubren o cubre ambos rangos de longitudes de onda de las combinaciones.

Las combinaciones solapadas de sustancias individuales están situadas por lo menos en uno de dichos rangos de longitudes de onda. En primer lugar, es posible que dichas combinaciones superpuestas en un rango espectral se combinen con espectros puros (es decir, espectros de sustancias puras) en otro rango espectral. Esto permite incrementar en gran medida el número de sustancias individuales distinguibles, por lo que la seguridad se incrementa más con respecto a los sistemas actualmente disponibles.

Ejemplo de característica de seguridad inorgánica con tres sustancias luminiscentes (excitación en el UV - emisión en el UV y el VIS):

Se mezclan Ce: YPO_4 (emisión máxima aproximadamente a 380 nm) en polvo, Ti: $Ba_2P_2O_7$ (emisión máxima aproximadamente a 500 nm) en polvo y Mn, Pb: $CaSiO_3$ (emisión máxima aproximadamente a 610 nm) en polvo. La mezcla de polvo se procesa hasta conseguir una tinta de impresión y se imprime sobre papel de seguridad. Tras la irradiación de la impresión, los tres compuestos emiten luminiscencia a los valores indicados en los UV y VIS, por lo que las bandas espectrales luminiscentes del Ti: $Ba_2P_2O_7$ y el Mn, Pb: $CaSiO_3$ se solapan en el VIS, mientras que el Ce: YPO_4 emite luminiscencia como una sustancia única en otro rango espectral (UV). Mediante la variación de la sustancia única, es posible aumentar sistemáticamente el número de sistemas disponibles. Sin embargo, se puede concebir, además, utilizar combinaciones que se solapen en ambos rangos espectrales, es decir, también en el UV.

Un desarrollo según la invención es asimismo combinar dos o más rangos de longitudes de onda en los que se localizan sustancias individuales que se solapan, en el caso límite sobre el rango espectral total disponible de las sustancias luminiscentes. A continuación, se puede seleccionar para cada rango espectral individual utilizar sustancias individuales o combinaciones de espectros solapados siempre que por lo menos una gama espectral muestre espectros que se solapan.

Es especialmente ventajoso para incrementar la seguridad, combinar sustancias cuya excitación y/o espectros de

emisión no son contiguos sino separados por rangos de longitudes de onda, por ejemplo, excitación en el UV / emisión en el VIS, combinado con excitación en el VIS / emisión en el IR.

Es especialmente ventajoso en esta memoria, utilizar diferentes tecnologías para excitar los dos rangos espectrales. Naturalmente, esto también es posible con las tecnologías de detector, o incluso en el lado de excitación y en el lado de emisión. Análogamente, esto también se puede aplicar, por supuesto, en el NIR o el IR. Por ejemplo, se pueden utilizar sistemas con longitudes de onda inferiores o superiores a 1100 nm, que son detectables o ya no detectables con detectores realizados de silicio. El esfuerzo de detectar totalmente dichos sistemas se incrementa considerablemente con respecto a los sistemas convencionales.

Si dichos sistemas no se combinan entre sí -como de costumbre- de tal manera que las líneas de banda estrecha en desarrollo no se solapan para permitir que se separen mejor espectralmente, sino solo para que las líneas de banda estrecha se solapen, la protección contra el análisis y las imitaciones es mejor.

Sin embargo, es especialmente ventajoso combinar los sistemas de luminiscencia de banda estrecha descritos con sistemas de luminiscencia de banda ancha que emiten luminiscencia en el mismo rango de longitudes de onda. En concreto, se han de mencionar sistemas de fluorescencia orgánica, pero también sistemas inorgánicos que emiten radiación de banda ancha, por ejemplo, el conocido sistema ZnS: Cu.

Ejemplo de espectros de excitación y emisión solapados:

Según un modo de realización, se combinan las tres sustancias luminiscentes Mn: $MgGa_2O_4$ -21-, Eu: $Sr_2P_2O_7$ -22- y $YNBO_4$: TB -23-. Por ejemplo, las sustancias luminiscentes se pueden añadir en forma de polvo a la pasta de papel durante la fabricación del papel, o bien se pueden mezclar con un aglutinante para fabricar una tinta de impresión.

La figura 6 muestra los espectros de excitación (líneas de puntos) así como los espectros de emisión (línea continua) de las tres sustancias luminiscentes. La emisión máxima del Eu: $Sr_2P_2O_7$ está aproximadamente a 450 nm, la emisión máxima del Mn: $MgGa_2O_4$ aproximadamente a 500 nm y la emisión máxima del $YNBO_4$: Tb aproximadamente a 545 nm.

Los espectros de excitación se fabrican irradiando las sustancias luminiscentes con fuentes de luz de diferentes longitudes de onda, y determinando qué radiación activa la luminiscencia. En el presente ejemplo, se utilizan dos lámparas UV que emiten a 254 y 365 nm, y tres LED que emiten a 380, 400 o 420 nm. Las diferentes fuentes de luz brillan sobre la muestra alternativamente para que se pueda determinar la señal de respuesta concreta. Con la utilización de las sustancias que acabamos de mencionar, tanto el espectro de excitación como el de emisión se superponen, de modo que se pueden utilizar ambos espectros para la evaluación.

Para la evaluación solo se puede determinar la presencia o la ausencia de una señal en el rango espectral correspondiente, o bien es posible una resolución de los espectros individuales, dependiendo del usuario. De este modo, un banco central puede, por ejemplo, resolver los espectros tanto de excitación como de emisión, mientras que, por ejemplo, un banco comercial puede resolver el espectro de excitación, pero no el espectro de emisión y, por lo tanto, puede medir solamente una envolvente -30- (línea de trazo y punto) en el rango de aproximadamente 500 nm. Para los fabricantes de máquinas expendedoras, solo podría estar disponible la información de las envolventes de emisión -30- y las envolventes de excitación -31-.

Ejemplo de aplicación de los espectros de emisión que se solapan y que no se solapan:

Si se desea distinguir diferentes denominaciones de una moneda y adicionalmente proporcionar las diferentes oficinas de comprobación con diferentes competencias de comprobación, esto se puede obtener, por ejemplo, con el siguiente sistema.

Tabla 3

Denominación	Ce: YPO_4	Ce: Y_2SiO_5	Ti: $Ba_2P_2O_7$	Mn,Pb: $CaSiO_3$
	Primer rango espectral		Segundo rango espectral	
10	+	+	-	-
20	+	+	+	-
30	+	+	-	+
40	+	+	+	+
50	+	-	+	+

Las diferentes denominaciones se distinguen fundamentalmente por la presencia (+) o la ausencia (-) de las sustancias luminiscentes enumeradas en la Tabla 3. El Ce: YPO_4 tiene una emisión máxima a 380 nm, el Ce: Y_2SiO_5 una emisión máxima a 415 nm, el Ti: $Ba_2P_2O_7$ una emisión máxima a 500 nm y el Mn, Pb: $CaSiO_3$ una emisión máxima a 610 nm. De este modo, se pueden delimitar entre sí dos rangos del espectro, alcanzándose el primer

rango espectral de aproximadamente 300 a 450 nm y el segundo rango espectral de aproximadamente 450 a 650 nm.

La denominación 10 se caracteriza por dos espectros que se solapan en el primer rango espectral, por lo que no existe ninguna señal en el segundo rango espectral.

La denominación 20 se caracteriza por dos espectros que se solapan en el primer rango espectral, por lo que en el segundo rango espectral existe además una banda espectral única de Ti: $Ba_2P_2O_7$.

La denominación 30 se caracteriza por dos espectros que se solapan en el primer rango espectral, por lo que en el segundo rango espectral existe además una banda espectral única de Mn, Pb: $CaSiO_3$.

La denominación 40 se caracteriza porque existen dos espectros que se solapan tanto en el primer rango espectral como en el segundo.

La denominación 50 se caracteriza por una banda espectral única de Ce: YPO_4, mientras que en el segundo rango espectral existen dos espectros que se solapan.

Corresponde al proveedor del sistema seleccionar la información sobre los rangos espectrales individuales que transmite a los usuarios. Por ejemplo, a un banco central se le puede facilitar toda la información acerca de la presencia específica de espectros solapados y no solapados. El banco central podría así averiguar para qué denominaciones existen bandas espectrales únicas y/o solapamiento de espectros. A partir de esta información se puede seleccionar adicionalmente una codificación posiblemente existente. A los bancos comerciales solo se les puede facilitar información parcial. Por ejemplo, un banco comercial puede resolver los espectros de solapamiento en el primer rango espectral de las denominaciones 10 y 40, pero solo mide la envolvente en el segundo rango espectral para la denominación 40. Los fabricantes de máquinas expendedoras, por ejemplo, tienen acceso incluso a menos información. Por lo tanto, no pueden realizar una resolución de espectros que se solapan para cualquier denominación, sino que solo pueden determinar la presencia o la ausencia de señales en el primer y/o segundo rango espectral. Si se desea reducir aún más la información para el usuario, es posible, para las denominaciones con señales en los primero y segundo rangos espectrales, transmitir solamente la información acerca de la envolvente exclusivamente para un rango.

Las posibilidades de combinación pueden incrementarse adicionalmente, por ejemplo, mediante la utilización de otras sustancias de luminiscencia en los rangos espectrales únicos, utilizando rangos espectrales adicionales y utilizando matrices simuladas, de manera que, por consiguiente, están disponibles codificaciones exclusivas para un gran número de aplicaciones.

<u>Codificación:</u>

Según otra idea, la representación compleja de la señal de respuesta esperada puede comprender más de una banda espectral.

Las bandas espectrales de dicha representación compleja pueden formar un código que se compara con un código formado por las bandas espectrales de la representación compleja almacenada.

Dicho código se puede basar en las longitudes de onda particulares de las bandas espectrales únicas.

Alternativamente, el código se puede basar en las intensidades concretas de las bandas espectrales.

Asimismo, se puede desarrollar un código que se basa tanto en las longitudes de onda como en las intensidades.

Naturalmente, también es posible en esta memoria basar el código únicamente en las bandas espectrales de los espectros de emisión y/o en los espectros de excitación.

Preferentemente, se utilizarán también sistemas de tierras raras basados en un solo ion de tierra rara en matrices diferentes. Para las codificaciones habituales con espectros de luminiscencia, dichas diferencias son demasiado pequeñas para permitir una separación limpia de las sustancias individuales independientes entre sí.

El solapamiento de los espectros de un ion de tierras raras en diferentes matrices se puede utilizar para la codificación.

En el caso más simple, una combinación consiste entonces en un ion de tierras raras que se inserta en dos matrices diferentes que están embebidas en el elemento de seguridad. En esta memoria, asimismo, dicho tipo de codificación se puede realizar ya sea con el espectro de emisión o con el espectro de excitación (o con ambos). El análisis exacto muestra incluso que los iones de tierras raras son particularmente adecuados para este tipo de codificación, ya que tienen espectros de banda muy estrecha, y tantas combinaciones diferentes en diferentes rangos de longitud

de onda se pueden combinar en un sistema total, lo que aumenta la complejidad del sistema de características y, por lo tanto, la seguridad frente a falsificadores.

Características luminiscentes con varias longitudes de onda de excitación:

La seguridad puede aumentar aún más si no solo se solapan los espectros de emisión, sino también los espectros de excitación.

En tal caso, se puede prever que se ajusten dos sistemas que se solapan de tal manera que al excitar con una longitud de onda de excitación λ1 se ajuste un espectro de emisión determinado. Esto quiere decir que el espectro de emisión corresponde a un espectro de emisión determinado dentro de las tolerancias dadas. En este caso es particularmente ventajoso utilizar diferentes lotes de las sustancias individuales cuyos espectros de excitación difieren.

Esto es posible con la misma o química similar, dado que, por ejemplo, las distribuciones de tamaño de partícula de los polvos difieren entre sí. Diferentes lotes de documentos de valor se marcan con los diferentes lotes de las sustancias. Tras el análisis de los diferentes lotes de los documentos de valor se comprueba que tras la excitación con longitudes de onda λ distintas de λ1, los espectros de emisión de los documentos difieren, protegiendo así la sistemática de la codificación frente al análisis. Solo tras la excitación con la longitud de onda específica λ1, el sistema muestra los espectros de emisión definidos. Utilizar longitudes de onda de excitación inusuales para detectar el sistema hace aún más difícil el análisis del sistema.

La seguridad se puede incrementar aún más combinando combinaciones diferentes que se "ajustan" entre sí con diferentes longitudes de onda de excitación.

Si se combinan las dos combinaciones $K(1, 2) = \alpha A1 + \beta A2 + \gamma A3$ que comprenden las sustancias individuales A1, A2, A3, se puede prever que los espectros de emisión de las sustancias individuales A1 y A2 muestren un espectro de emisión determinado a una longitud de onda de excitación λ1, mientras que los espectros de emisión de las sustancias individuales A2 y A3 muestran un espectro de emisión determinado a una longitud de onda de excitación λ2. Los índices α, β y γ indican el contenido de las sustancias. Se pueden combinar diferentes lotes de las sustancias individuales A1, A2 y A3, cuyos espectros de excitación difieren.

Durante la fabricación se asegura que el espectro que se solapa de las sustancias individuales A1 y A2 corresponde a una regularidad determinada para todos los lotes de A1 y A2 (solo) cuando la excitación se efectúa a una longitud de onda λ1, mientras que los espectros de emisión que se solapan de las sustancias individuales A2 y A3 corresponden a una regularidad dada para todos los lotes de A2 y A3 (solo) cuando la excitación se efectúa a una longitud de onda λ2 distinta de λ1.

Para obtener este objetivo, una fuente de luz, por ejemplo, la fuente de luz -20- que se explica de manera más precisa a continuación en esta memoria con respecto a la figura 2, debe emitir por lo menos en las dos longitudes de onda de excitación λ1 y λ2. Una extensión a más de tres sustancias individuales es posible sin cualificación.

Este principio es igualmente aplicable cuando la codificación no se realiza con los espectros de emisión, sino con los espectros de excitación.

En este caso, la respuesta -R- debe ser detectada con por lo menos dos longitudes de onda a través de las cuales las sustancias individuales se pueden ajustar entre sí.

Matriz simulada inactiva

En cualquier caso, la característica luminiscente puede comprender además por lo menos una matriz simulada inactiva.

Dicha matriz simulada inactiva tiene la ventaja de confundir adicionalmente al falsificador que desea realizar un análisis químico de la característica luminiscente. Una matriz simulada inactiva consta, por ejemplo, exclusivamente de material de matriz, es decir, la matriz no contiene ningún luminóforo. En consecuencia, la matriz simulada inactiva no muestra ningún efecto de luminiscencia cuando es expuesta a la radiación de excitación. Alternativamente, la matriz simulada contiene el mismo luminóforo que la sustancia luminiscente, pero la luminiscencia del luminóforo en la matriz simulada se evita completamente mediante pequeñas adiciones de los denominados extintores de luminiscencia.

Dicha matriz simulada inactiva tiene un fuerte efecto sobre los resultados del análisis de la característica por parte del falsificador, pero no tiene ninguna influencia en las características de emisión espectral de la característica.

Las una o varias matrices simuladas inactivas en la característica luminiscente pueden ser, en un modo de

realización alternativo, diferentes de la matriz o matrices que contienen un luminóforo y son ópticamente activas.

Además del análisis espectral de las características de emisión de los luminóforos, también se puede determinar la composición química de la característica de seguridad mediante un análisis de elementos para verificar la autenticidad.

Para incrementar aún más la seguridad, la configuración cristalográfica se puede utilizar, además, como una característica de autenticidad. En concreto, el análisis detallado de las matrices simuladas inactivas puede ser adecuado para la verificación de la autenticidad del sustrato.

En un modo de realización preferente, la característica de seguridad comprende por lo menos dos matrices simuladas inactivas, por lo que dichas matrices simuladas inactivas forman un código que se puede determinar mediante un análisis detallado, tal como se mencionó anteriormente.

Ejemplo de matriz simulada y aplicación de la misma:

En la Tabla 4, se utilizan diferentes sustancias luminiscentes que se combinaron con una o dos matrices simuladas para marcar tres denominaciones diferentes de una divisa XY.

Tabla 4

Denominación	Sustancia 1	Sustancia 2	Sustancia 3
10	Yb,Er:Y_2O_2S (Sustancia luminiscente)	YVO_4 (Matriz simulada)	ZBLAN (Matriz simulada)
20	Yb,Er,Dy:Y_2O_2S (Matriz simulada)	Yb,Er:YVO_4 (Sustancia luminiscente)	ZBLAN (Matriz simulada)
30	Y_2O_2S (Matriz simulada)	Yb,Er:YVO_4 (Sustancia luminiscente)	Yb,Er:ZBLAN (Sustancia luminiscente)

La denominación 10 contiene como sustancia luminiscente el Yb, Er: Y_2O_2S y dos sustancias adicionales, a saber, YVO_4 y ZBLAN, que funcionan como matrices simuladas. Estas últimas no emiten luminiscencia por sí mismas.

La denominación 20 contiene como sustancia luminiscente el Yb, Er: YVO_4, así como las matrices simuladas ZBLAN e Yb, Er, Dy: Y_2O_2S. En comparación con la sustancia 1 de la denominación 10, la sustancia 1 de la denominación 20 contiene adicionalmente DY, que funciona como extintor, de modo que la sustancia 1 de la denominación 20 no muestra ninguna luminiscencia.

La denominación 30 contiene dos sustancias luminiscentes y una matriz simulada.

Todas las sustancias utilizadas en las diferentes denominaciones son ventajosamente muy similares, de tal manera que se hace considerablemente más difícil el intento de falsificación. Este ejemplo sirve principalmente para mostrar la utilización de la matriz simulada. Para la implementación adicional según la invención, las sustancias luminiscentes se deben seleccionar de tal manera que tengan espectros que se solapan. Las sustancias luminiscentes enumeradas en la Tabla 4 pueden, por lo tanto, ser suplementadas o reemplazadas de manera adecuada.

Procedimiento para la aplicación de las características luminiscentes:

La aplicación consiste en incorporar las sustancias características como una mezcla en polvo en un sustrato (papel, sustrato de polímero, incluido revestimiento de polímero, incluido revestimiento de papel, cartón, parches, hilos, pegatinas, elementos de serigrafía). El problema en este caso es incorporar la mezcla de pigmentos en el sustrato de tal manera que se preserve la información de la codificación.

En este caso, las etapas de procesamiento siguientes son de interés para la aplicación de las sustancias características.

Para crear la mezcla ("código") de polvo, los polvos se proporcionan como polvos en bruto y se mezclan en un proceso seco por medio de un mezclador. En este caso, podría ser útil añadir aditivos, que mejoren la miscibilidad.

Es importante que después de la mezcla se comprueben las mezclas de polvo a la vista del código que está presente en la mezcla correcta, es decir, que esté dentro de tolerancias predeterminadas a las que corresponde el espectro para el espectro predeterminado.

Para ello, a escala de laboratorio, se fabrica un elemento de seguridad u otro elemento correspondiente (por ejemplo, una lámina de cuchilla raspadora) que permite una comparación cuantitativa, y se compara con los estándares.

En la fábrica de papel, a continuación, el polvo es esparcido en un recipiente grande y se añade sucesivamente de una manera apropiada a la pasta de papel.

Control de calidad durante la incorporación:

El proceso de incorporación al sustrato se controla, es decir, un detector, que posiblemente realiza medidas más específicas que los detectores descritos a continuación en esta memoria, para comprobar billetes de banco en circulación, se desplaza a través de la banda de papel o del sustrato en general y demuestra que es el código correcto. En esta versión, el detector solo puede indicar la correspondencia de la codificación medida con la codificación predeterminada o su calidad, pero no interviene de manera controladora o reguladora.

Con el fin de evitar una segregación de las sustancias individuales del polvo durante la incorporación, se puede implementar una estación de medición que asume las siguientes funciones: para cada sustancia individual del polvo se fabrica un concentrado, que se llena en diferentes depósitos en la estación de dosificación. De nuevo, se puede emplear un detector que, mediante un sistema de control, garantice que las sustancias individuales se reparten correctamente.

Como diseño adicional, se considera que la cantidad principal del polvo se carga como una mezcla lista y solo las desviaciones con respecto al valor deseado se alimentan a través de una estación de dosificación. Como resultado de esto, una estación de dosificación de este tipo puede ser de un diseño más compacto, ya que solo deben proporcionarse las cantidades de polvo con fines de corrección.

Al final de esta sección se explicarán con más detalle dos ejemplos específicos:

Ejemplo detallado 1:

El Cu: ZnS es un sistema luminiscente con excitación en el UV y una emisión de banda ancha en el rango de longitudes de onda del color amarillo al verde con espectro de emisión S1_365 (λ) tras excitación con λ = 365nm.

El Mn: $ZnSi0_4$, por otro lado, es un sistema luminiscente con excitación en el UV y emisión en el rojo con espectro de emisión S2_365 (λ) tras excitación con λ = 365 nm.

Estas dos sustancias individuales se combinan ahora, por ejemplo, en una impresión luminiscente, es decir, con una proporción de concentración exactamente predeterminada, que se ajusta de tal manera que el espectro que se ha de alcanzar se ajusta a los valores de S_tot (λ) = α * S1_365 (λ) + β * S2_365 (λ) mediante una selección de los parámetros α y β dentro de los límites predeterminados.

En el caso más simple, el sistema se ajusta de tal manera que a la longitud de onda de excitación habitual de 365 nm conduce a un espectro de emisión definido. Pero, además, es concebible que se utilice una longitud de onda de excitación inusual, por ejemplo, 254 nm, que también conduce a la emisión de luminiscencia de las sustancias individuales.

En diferentes cargas se pueden utilizar sustancias específicas (por ejemplo, Cu: ZnS), la relación de los espectros de emisión A (365 nm)/ A (254 nm) a λ = 365 nm y λ = 254 nm variando para diferentes cargas. Esto se puede lograr, por ejemplo, controlando las condiciones de fabricación, por ejemplo, el tiempo de recocido o eligiendo los tamaños de partícula apropiados. Por lo tanto, los valores de intensidad a una longitud de onda de excitación de 254 nm se pueden mantener constantes mientras que varían a 365 nm.

Al analizar estos sistemas, las codificaciones cuando se ilumina solo con una longitud de onda (en esta memoria, 365nm) aparecen completamente diferentes, aunque el control de calidad se ajusta de tal manera, que al excitar con la longitud de onda del sistema (en esta memoria, 254nm) el resultado es siempre el mismo espectro s_tot (λ) = α' * S1_254 (λ) + β' * S2_254 (λ). Cuando se analiza un número mayor de BN de esta manera, diferentes espectros resultan obvios y, para un falsificador, no está claro cómo tiene que ajustar correctamente las relaciones.

Ejemplo detallado 2:

Para ampliar el ejemplo detallado 1, además se pueden combinar otras sustancias, por ejemplo, Ag, Ni: ZnS. En esta memoria, se observa un solapamiento distinto de los espectros de luminiscencia.

Con dicha combinación adicional se puede producir un número mayor de codificaciones con un número predeterminado de sustancias. Además, el sistema se vuelve cada vez más complejo, ya que un atacante que intenta imitar el sistema, no puede reconocer a qué longitudes de onda se ajustan los espectros entre sí.

En el ejemplo 2 analizado en esta memoria, se pueden utilizar asimismo varias longitudes de onda, es decir, por

ejemplo, los dos primeros sistemas (del ejemplo 1) se ajustan entre sí a 254 nm, mientras que el 3er sistema (codopado con Ag) se ajusta a uno de los primeros dos a una longitud de onda de 365 nm. También es posible que los tres sistemas se ajusten entre sí a la misma longitud de onda.

Verificación de las características luminiscentes

La figura 2 muestra, de una manera muy esquemática a modo de ejemplo, un aparato para comprobar dicha característica -100-. Dicho aparato se puede emplear, por ejemplo, en aparatos de recuento de billetes de banco o en aparatos de clasificación de billetes de banco, en máquinas de depósito de billetes de banco o en dispensadores de billetes de banco o en máquinas expendedoras o también en dispositivos portátiles de control.

En la figura 2, el sustrato -10- con la característica -100-, es decir, por ejemplo, un billete de banco -10-, es irradiado por la radiación de excitación -E-, que es emitida por una fuente de luz -20- o por varias fuentes de luz -20-. Cuando se expone a la radiación, la característica -100- emite una señal de respuesta -R- en forma de radiación luminiscente.

Dicha señal de respuesta R, es decir, la radiación procedente del billete de banco -10-, se mide mediante un detector -30-, que comprende uno o varios sensores para permitir la medición en diferentes regiones espectrales, preferentemente el detector -30- tiene un espectrómetro. El detector -30- está conectado a una unidad de procesador -31- que es capaz de evaluar la información proporcionada por la señal de respuesta de luminiscencia -R-. La unidad de procesador -31- está conectada a una unidad de almacenamiento -32- en la que las señales de respuesta esperadas de billetes de banco reales o cantidades derivadas de los mismos se almacenan como señales de referencia.

Con el fin de determinar, por ejemplo, la autenticidad y/o la denominación del billete de banco -10- comprobado, en la unidad de procesamiento -31-, la señal de respuesta -R- se compara con señales de respuesta predeterminadas o con cantidades derivadas que sirven como señales de referencia y se almacenan en la unidad de almacenamiento -32-.

El dispositivo de lectura -1- puede comprender en esta memoria, dependiendo de la utilización, solo el detector -30-, u opcionalmente también los componentes adicionales -20-, -31-, -32- en una carcasa.

Detección según diferentes categorías de seguridad:

En zonas con diferentes categorías de seguridad, la comprobación de una característica de seguridad luminiscente idéntica se lleva a cabo de diferentes maneras, utilizando diferentes parámetros de sensor para diferentes categorías de seguridad.

A diferencia del sistema conocido a partir del documento WO 97/39428, en el que diferentes sustancias se utilizan como características de seguridad para diferentes categorías de seguridad, la misma sustancia luminiscente se puede utilizar para todas las categorías de seguridad, la sustancia, no obstante, debe ser verificada de diferentes maneras por los usuarios en las zonas de las diferentes categorías de seguridad.

Se puede prever que según las normas respectivas especificadas por un banco central, un fabricante de sensores puede proporcionar a los clientes para la utilización en zonas con baja categoría de seguridad, tales como, por ejemplo, para la fabricación de máquinas expendedoras, que habitualmente se instalan sin elevadas exigencias de seguridad y son de libre acceso para todos, solo aquellos sensores que pueden medir la radiación luminiscente de los billetes de banco con una resolución espectral menor que los sensores que el fabricante de sensores puede proporcionar a los clientes, tal como por ejemplo bancos comerciales con mayor categoría de seguridad.

Por consiguiente, los sensores de alta calidad utilizados por los bancos centrales (categoría de mayor seguridad) para la comprobación de los billetes de banco en circulación son proporcionados exclusivamente para los mismos, y sin su aprobación dichos sensores no pueden ser suministrados para ninguna otra institución.

Este procedimiento da como resultado el hecho de que a los falsificadores se les niega el acceso a los sensores utilizados en las zonas de alta seguridad y, con ello, el conocimiento de los procedimientos exactos de comprobación y evaluación utilizados por dichos sensores.

Como resultado de esto, los falsificadores no son capaces de adaptar sus falsificaciones de billetes de banco de tal manera que tengan en cuenta los sensores, en concreto, empleados por los bancos centrales. Como resultado de ello, se puede prevenir eficazmente la creación de falsificaciones "perfectas", que no se detectarían ni siquiera cuando se verifican automáticamente en los bancos centrales.

A continuación, se explican en detalle diversos ejemplos para el modo de realización de este sistema, cuya utilización ventajosa también es posible cuando se combinan entre sí.

La radiación de excitación -E-, que se utiliza para el modo simplificado y el modo complejo, respectivamente, no tiene necesariamente la misma longitud de onda. Preferentemente, la radiación de excitación es una radiación IR o una radiación UV. También se puede emplear la radiación de diferentes longitudes de onda, dependiendo del modo.

Asimismo, se puede prever que las fuentes de luz -20- exciten a diferentes longitudes de onda. La fuente de luz se puede utilizar también para excitar la luminiscencia en diferentes sustancias de características, contenidas en el sustrato -10- como una combinación, a la longitud de onda más apropiada en el caso individual. Preferentemente, para ese propósito se utilizan fuentes de luz -20-, que emiten de forma significativa solo en rangos de longitud de onda separados.

Ejemplo:

Si la característica de seguridad -100- es, por ejemplo, una combinación de Eu: $BaMg_2Al_{11}O_{27}$ (máximo de emisión aproximadamente a 430 nm) y Ce: YAG (máximo de emisión aproximadamente a 500 nm, banda muy ancha), se puede disponer que los dispositivos de lectura que se utilizan en las zonas de un categoría de baja seguridad, tal como por ejemplo en máquinas expendedoras, midan la señal de respuesta, es decir, la radiación luminiscente emitida, solo cuando se excita con la longitud de onda λ = 365 nm, y se compara con la señal de referencia específica para esta longitud de onda de excitación.

A diferencia de esto, puede estar previsto que solo aquellos dispositivos de lectura que sean empleados en zonas de mayor categoría de seguridad, tal como por ejemplo en bancos centrales, midan la radiación luminiscente emitida a otra longitud de onda λ de excitación de, por ejemplo, 254 nm, y la comparen con la señal de referencia específica para esta longitud de onda de excitación.

Al restringir la información sobre la longitud de onda en la que los dispositivos de lectura de alta seguridad se excitan para esta zona de alta seguridad, y debido al hecho de que el falsificador no puede obtener ninguna información, cuando se utilizan dispositivos de lectura de más fácil acceso de una categoría de seguridad inferior, acerca del hecho de que los bancos centrales miden la radiación luminiscente a 254 nm, la creación de falsificaciones "perfectas" se hace mucho más difícil.

Tal como ya se ha mencionado, la característica luminiscente -100-, según la presente invención, comprende por lo menos dos materiales luminiscentes, que producen respectivas bandas espectrales de luminiscencia como respuesta cuando son excitadas por una radiación de excitación E.

Las bandas espectrales medidas realmente tienen un cierto ancho de no desvanecimiento cuando se utilizan sensores de la más alta calidad, no estando todavía borrosas las bandas espectrales individuales para un espectro continuo y, por lo tanto, los detalles del espectro se conservan. Cuando se reduce aún más la resolución, lo único que queda es la envolvente de banda ancha (línea de puntos), tal como se muestra en la figura 4.

Esta envolvente representa una señal de respuesta de banda ancha simplificada, mientras que la representación individual resuelta en frecuencia de las bandas espectrales individuales se puede ver como representación compleja de la misma señal de respuesta. La resolución de la señal de respuesta de banda ancha simplificada es de un grado tan bajo, que las bandas espectrales individuales de la señal de respuesta no se resuelven y solo se mide la señal de respuesta promediada a través de un rango de longitudes de onda determinado.

Es decir, la señal de respuesta de la característica se puede medir:

- como una representación simplificada de baja resolución, que muestra un espectro de banda ancha simplemente como una envolvente sin resolver las bandas espectrales individuales, o

- como una representación compleja, que muestra las bandas espectrales individuales de una manera resuelta en frecuencia. Además, es posible que esta representación compleja de la señal de respuesta de la característica resuelva solamente algunas de las bandas espectrales que están de hecho contenidas en la señal de respuesta o incluso solo una de dichas bandas espectrales.

En consecuencia, es posible medir la característica luminiscente como sigue:

- en un modo simplificado, que corresponde a una categoría de seguridad inferior y se emplea, por ejemplo, en sensores para máquinas expendedoras, en los que la señal de respuesta se lee solamente como espectro de banda ancha y se compara con una representación simplificada de la señal de respuesta esperada, que está representada por un espectro de banda ancha y/o

- mediante un modo complejo, que corresponde a una categoría de seguridad más alta y, por ejemplo, solo se emplea en los sensores de los bancos centrales y/o bancos comerciales, en el que por lo menos una de las bandas espectrales de la señal de respuesta se lee de una manera individual resuelta en frecuencia, y la respuesta se compara con una representación más compleja, con mayor resolución, de la señal de respuesta esperada, que

comprende por lo menos una banda espectral.

Además de estos dos modos, pueden existir otros modos correspondientes a diferentes categorías de seguridad. Por ejemplo, los sensores que miden con mayor resolución espectral y/o que miden un mayor número de bandas espectrales individuales que los sensores que se proporcionan para los bancos comerciales o para los productores de máquinas expendedoras, solo se proporcionan para bancos centrales.

El modo simplificado requiere solo un detector simple y se puede llevar a cabo, por ejemplo, con un sensor de banda ancha de bajo coste, mientras que el modo complejo se puede llevar a cabo solo con un detector de resolución superior, que también es capaz de identificar bandas espectrales individuales de la señal de respuesta.

Uno de los modos adicionales, por ejemplo, es el siguiente caso, en el cual el banco central puede determinar la señal de respuesta como un espectro completamente resuelto en todo el rango de longitudes de onda medible. Los bancos comerciales, por ejemplo, solo podrían resolver una primera zona parcial espectral, mientras que en una segunda zona parcial espectral podrían medir la presencia o la ausencia de una señal, pero no podrían resolverla. Los fabricantes de máquinas expendedoras solo podrán recibir información sobre la segunda zona parcial espectral. Ventajosamente, el último grupo mencionado también puede ser capaz de medir solo la presencia o la ausencia de una señal, pero no de resolverla.

<u>Ejemplo:</u>

Si la característica de seguridad -100- es, por ejemplo, una combinación de Eu: SrB_4O_7 con banda espectral a 370 nm y Pb: $BaSi_2O_5$ con banda espectral a 350 nm, se puede prever que solo los dispositivos de lectura empleados en los bancos centrales utilicen un espectrómetro con una resolución de unos pocos nanómetros, para poder determinar que las dos sustancias están presentes en el elemento de seguridad.

Los bancos comerciales o los fabricantes de máquinas expendedoras solo dispondrán de dispositivos de lectura con espectrómetros que puedan determinar simplemente la existencia de una luminiscencia de aproximadamente 360 nm, pero no la forma espectral y, en concreto no son capaces de diferenciar entre Eu: SrB_4O_7 y Pb: $BaSi_2O_5$.

Si, alternativamente, los dispositivos de lectura de los bancos comerciales y los fabricantes de máquinas expendedoras están equipados con un espectrómetro, entonces este se prevé con una resolución significativamente más baja, por ejemplo, 30 a 50 nm, de tal manera que no se puede efectuar una diferenciación de los espectros de la característica de seguridad, es decir, los espectros de Eu: SrB_4O_7 y Pb: $BaSi_2O_5$. La información sobre la combinación de espectros que se solapan por este medio queda restringida a la zona del banco central.

Puesto que un falsificador habitualmente solo tiene acceso a dichos detectores, que, según el modo simplificado, miden solo con una resolución más baja, el procedimiento hace que la falsificación de la característica de seguridad por falsificadores sea significativamente más difícil.

Tal como ya se ha mencionado, la determinación del curso espectral con diferentes resoluciones se puede lograr, por un lado, previendo dispositivos de lectura -1- para las diferentes zonas de utilización, que tengan una resolución diferente, por ejemplo, debido a redes de difracción diseñadas de forma diferente. Los diferentes parámetros del sensor, por lo tanto, son causados por el diferente diseño de los dispositivos de lectura -1-.

Alternativamente, también es posible que los dispositivos de lectura -1- previstos en las diferentes zonas de utilización, en principio, sean del mismo diseño y, por ejemplo, tengan también rejillas de difracción idénticas, encontrándose la diferencia de precisión de la medición en una evaluación diferente de las señales medidas. Esto puede significar, por ejemplo, que en el software controlado en la unidad de procesador -31- del detector -30- de una categoría de seguridad inferior para llevar a cabo el modo de comprobación simple, solo se evalúan los valores medidos según la curva 16 de la figura 5, mientras que el software de la unidad de procesador -31- del detector -30- de una categoría de seguridad superior para llevar a cabo el modo de comprobación complejo evalúa el espectro según el gráfico -15- de la figura 5.

En otras palabras, el modo simplificado se puede realizarse de este modo también mediante el detector de resolución superior, convirtiendo, en este caso, la respuesta en una señal de banda ancha (por ejemplo, mediante un plegado de reducción de resolución) antes de que la señal sea comparada con la representación simplificada almacenada como señal de referencia. Por lo tanto, en el sensor se tiene que depositar no la señal de referencia de alta resolución, sino solo la señal de banda ancha que es menos crítica con respecto a la seguridad.

En esta memoria, preferentemente, también se puede prever que los diferentes parámetros del sensor, es decir, el modo de comprobación simple o complejo, se emitan dependiendo de la categoría de seguridad de la zona de utilización. Un fabricante de sensores puede ofrecer, por ejemplo, dispositivos de lectura -1- con detector -30- y unidad de procesador -31-, que pueden llevar a cabo tanto la comprobación compleja destinada a la zona de alta seguridad como la comprobación simple destinada a la zona que requiere menor seguridad.

Dado que la emisión se efectúa por medio de software, para cada zona de utilización diferente se pueden liberar o bloquear ciertas funciones del software de la unidad de procesador -31-, de tal manera que, por ejemplo, solo en la zona de una categoría de alta seguridad, la medición de la luminiscencia se puede llevar a cabo con una alta resolución (por ejemplo, la curva -15- de la figura 5), y en la zona de una categoría de baja seguridad solo se puede llevar a cabo una medición con baja resolución (por ejemplo, la curva -16- de la figura 5). En concreto, en este caso, la señal de referencia se deposita preferentemente en una forma codificada en el sensor.

Ejemplo:

Con el ejemplo mencionado anteriormente de una característica de seguridad -100- realizada de Eu: SrB_4O_7 y Pb: $BaSi_2O_5$, por ejemplo, en todos los dispositivos de lectura pertinentes se utilizarán espectrómetros con una resolución de 2 nm, pero solo en los dispositivos de lectura empleados en los bancos centrales se instalará un software de evaluación, que entonces, evalúa realmente los valores medidos obtenidos con esta resolución. Todos los demás sensores tendrán un software de evaluación en la unidad de procesador, que transforma los datos medidos con la alta resolución de 2 nm en una resolución más baja, y hasta entonces, no realiza la evaluación.

Dado que, como en todos los demás ejemplos, el software de evaluación se suele almacenar codificado en el dispositivo de lectura, el falsificador no puede obtener detalles exactos acerca de la composición de la característica de seguridad -100- utilizando dispositivos de lectura diseñados para la baja seguridad.

Además, es ventajoso, cuando se tiene que efectuar una autorización por lo menos en el caso en que el dispositivo de lectura -1- lleve a cabo una verificación según la categoría de mayor seguridad. Esto se puede aplicar tanto a dispositivos de lectura con funciones de software liberables como a dispositivos de lectura que exclusivamente pueden llevar a cabo comprobaciones según la categoría de seguridad más alta.

Ejemplo:

Con el propósito de autorización en esta memoria, por ejemplo, se puede comprobar la categoría de seguridad de un usuario del dispositivo de lectura -1-. Dicho usuario se puede autorizar a sí mismo, por ejemplo, mediante tarjetas de chip, una identificación biométrica o la introducción de un PIN.

En el modo complejo, la unidad de lectura del lector comprende preferentemente varios detectores de banda estrecha, estando adaptado cada detector de banda estrecha para la detección de una parte de la señal de respuesta en una región de banda estrecha del espectro.

En consecuencia, en el modo complejo, la respuesta se lee como una suma de señales de respuesta de banda estrecha. Los respectivos rangos de longitudes de onda de banda estrecha de los que está compuesto el espectro pueden cubrir un espectro de longitudes de onda de una manera continua o discontinua, es decir solo de forma regional. Preferentemente, un rango de longitudes de onda de banda estrecha tiene un ancho de 10 nm.

En el modo complejo, que corresponde a una categoría de seguridad más alta, por consiguiente, se representa la señal de respuesta, particularmente preferente, como una cantidad de señales de respuesta de banda estrecha, midiendo cada señal de respuesta de banda estrecha un detector individual de banda estrecha.

En el modo complejo, por lo menos una banda espectral de la señal de respuesta -R- se mide individualmente, y las señales de respuesta de banda estrecha -R- se comparan con una representación compleja de la señal de respuesta esperada, que está formada por señales de respuesta de banda estrecha esperadas y por lo menos comprende una banda espectral, es decir, una señal de referencia, que tiene una resolución mayor que la señal de referencia respectiva del modo simple.

En ambos modos (simplificado y complejo) el sustrato es iluminado por lo menos con una radiación de excitación -E-, se mide la respuesta de luminiscencia de la característica de seguridad para esta radiación de excitación y se compara la señal de respuesta con la representación esperada, es decir, con la señal de referencia esperada de la señal de respuesta (la representación en este caso es simplificada o compleja, dependiendo del modo).

Mediante la comparación de la señal de respuesta medida -R- con la representación almacenada (simplificada o compleja), se puede identificar la autenticidad de la información contenida en la señal de respuesta -R- y, de este modo, se verifica la autenticidad del billete de banco -10- comprobado.

Ejemplo:

Si la característica de seguridad -100- es, por ejemplo, una combinación de Er: CaF_2 con una banda espectral a 845 nm y Er: YAG con una banda espectral a 862 nm, se puede prever que solo en los dispositivos de lectura empleados en los bancos centrales se utilicen dos detectores de banda estrecha con filtros para llevar a cabo el modo de comprobación complejo, realizando cada uno una medición en una región espectral de un ancho de aproximadamente 15 nm. El primer detector de banda estrecha, en este caso, realiza una medición en un rango de

840 a 855 nm, y el segundo detector de banda estrecha, en un rango de 855 a 870 nm.

Mediante la evaluación de las señales de dichos dos detectores de banda estrecha, tal como, por ejemplo, determinando la relación de las intensidades de señal de los dos detectores de banda estrecha con respecto a un valor de referencia predeterminado, se puede decidir la autenticidad del billete de banco.

Sin embargo, cuando los sensores empleados en máquinas expendedoras miden solamente la envolvente sin medir la relación exacta de las intensidades de señal que van de 855 a 870 nm con respecto a las intensidades de señal que van de 840 a 855 nm, el falsificador, que a lo sumo puede acceder a los sensores empleados en máquinas expendedoras, no puede reconocer que el ajuste exacto de la relación de señal dentro de los rangos de (840 a 855 nm) a (855 a 870 nm) representa una característica de autenticidad concreta y exactamente para ser observada, de la característica de seguridad -100- del billete de banco -10-.

Tal como ya se ha mencionado, cuando se evalúa la señal de respuesta -R-, por una parte, se puede comparar la señal de respuesta medida con una señal de respuesta esperada, para comprobar la autenticidad del billete de banco -10-.

Por otra parte, la señal de respuesta puede representar una información adicional, que está también conectada al sustrato -10-, tal como, por ejemplo, la denominación o el número de serie de un billete de banco -10- comprobado. Solo si la señal de respuesta medida corresponde a la señal de respuesta esperada y, adicionalmente, la información adicional, por ejemplo, la información específica de la denominación representada por la señal de respuesta, corresponde a la denominación conocida debido a otras comprobaciones, se confirma la autenticidad del sustrato -10-.

Ejemplo:

Si la característica de seguridad -100-, opcionalmente en combinación con otras sustancias, contiene Mn: Zn_2SiO_4 con una banda espectral a 520 nm y Ce: $YP0_4$ con una banda espectral a 380 nm, se puede prever que la relación de cantidad entre el Mn: Zn_2SiO_4 y el Ce: YPO_4 y, por lo tanto, las señales de respuesta pertinentes, sea elegida de manera diferente para una denominación específica.

Cuando el dispositivo de lectura de los bancos centrales ha decidido, por ejemplo, a partir de una comprobación de la imagen impresa y/o de las dimensiones del billete de banco -10-, su denominación, se puede comprobar si la relación de las intensidades de señal desde 380 nm a 520 nm corresponde de hecho a la cantidad específica para la denominación determinada anteriormente. De lo contrario, es una falsificación.

Ejemplo:

Sin embargo, también con el último ejemplo mencionado en primer lugar se puede concluir que la denominación determina la relación de las intensidades de señal desde 380 nm a 520 nm y, opcionalmente, solo entonces se realizan otras evaluaciones, por ejemplo, una determinación de denominación por medio de otras comprobaciones.

Comprobación de una característica luminiscente codificada

En concreto en el modo simple, que se emplea en zonas de un nivel de seguridad inferior, se puede prever, que el detector empleado en esta zona lea el espectro codificado o los espectros codificados (espectro de excitación y/o espectro de emisión) y compruebe si es una cierta firma espectral, es decir, uno de varios códigos posibles con billetes de banco, mientras que, sin embargo, no es posible determinar cuál de las diferentes codificaciones posibles está presente en realidad.

Ejemplo:

Por ejemplo, en dicho modo simple se puede comprobar si la forma de la envolvente del espectro total medido con baja resolución espectral (por ejemplo, según la línea de puntos de la figura 4) tiene un curso predeterminado, sin poder decidir el tipo -P- de las bandas espectrales individuales y, por tanto, sin poder decidir a partir de varias codificaciones posibles adecuadas para esta envolvente qué codificación está presente en realidad.

En otras palabras, en concreto en el modo simple, se puede determinar la codificación (solo) parcialmente, es decir, comprobarse si la codificación de lectura se puede asignar a una cantidad parcial (es decir, familia) de codificaciones predeterminadas de billetes de banco reales, mientras que no se determina, de qué codificación exacta se trata.

Ejemplo:

Con el ejemplo de una característica de seguridad -100- realizada de Eu: YVO_4 (632 nm), Mn, Pb: $CaSiO_3$ (610 nm) y Mn: $KMgF_3$ (596 nm) con un espectro de solapamiento de 600 nm, las relaciones de cantidad de las sustancias individuales para diferentes codificaciones pueden ser elegidas de manera diferente.

Un dispositivo de lectura de alta seguridad, que se emplea en un banco central y trabaja con una resolución, por ejemplo, de 10 nm y, por lo tanto, puede diferenciar entre las bandas espectrales individuales de las tres sustancias, puede diferenciar con exactitud la relación de las intensidades de señal de las tres longitudes de onda de bandas espectrales individuales de 596 nm, 632 nm y 610 nm. Debido a esto, con un dispositivo de lectura de este tipo, las codificaciones individuales, que son, por ejemplo, específicas para una denominación, se pueden diferenciar.

Sin embargo, para bancos comerciales, por ejemplo, solo se proporcionan sensores tales que realizan mediciones o evalúan con una resolución de solo 50 nm y que, por lo tanto, pueden determinar simplemente la presencia de una luminiscencia en la zona de aproximadamente 600 nm y, por lo tanto, la presencia de una codificación posible para este sistema de codificación, pero no son capaces de diferenciar entre las codificaciones individuales.

Tal como ya se ha mencionado, en el modo complejo, es decir, cuando se comprueban las zonas de un alto nivel de seguridad, se puede prever que el código exacto se determine midiendo la señal de respuesta -R- con la suficiente precisión, de modo que pueda ser asignada a una codificación predeterminada de billetes de banco reales o para determinar que no es una codificación de billetes de banco reales.

Detección del rango de dos longitudes de onda

La medición de la señal de respuesta -R- se puede realizar -independientemente de si se realiza en modo simplificado o complejo- en diferentes rangos de longitudes de onda.

La figura 3, por ejemplo, muestra los dos rangos de longitudes de onda -D1- y -D2-. La figura 3 muestra una representación esquemática de otro ejemplo de una señal de respuesta -R-, es decir, la intensidad de la señal dependiente de la longitud de onda del espectro de emisión de la característica -100- cuando se excita respectivamente. Dicho espectro tiene bandas espectrales de luminiscencia -P- en ciertas longitudes de onda. Las bandas espectrales, tal como se muestra esquemáticamente en la figura 3, son bandas espectrales idealizadas, sin ninguna anchura a lo largo del eje de la longitud de onda horizontal. Una respuesta real, según el ejemplo de la figura 4, muestran bandas espectrales que, por supuesto, tienen una cierta anchura y se solapan espectralmente entre sí.

Ejemplo:

La frontera entre los rangos de longitudes de onda -D1- y -D2- está definida preferentemente por el borde de la banda de un detector de silicio. Este borde de la banda se encuentra aproximadamente a 1100 nm. Los detectores de silicio son fácilmente accesibles y están bien probados, mientras que, para longitudes de onda superiores por encima del borde de banda de los detectores de silicio, se tienen que emplear tecnologías de detección sustancialmente más complicadas y costosas. Además, son de difícil acceso, lo cual es beneficioso para la protección contra la falsificación.

La representación simplificada de la señal de respuesta -R- se extiende preferentemente más allá del borde de la banda de un detector de silicio.

En dichos casos, la unidad de sensor del detector se debería adaptar (tanto cuando se usa en modo simplificado como en modo complejo), para poder leer completamente el espectro de longitudes de onda de la señal de respuesta -R-.

En el caso mencionado anteriormente de la representación simplificada de la señal de respuesta -R-, un falsificador, que tiene un detector de silicio, mediría una característica, cuya señal de respuesta tiene una envolvente de banda ancha, estando limitada esta última a la zona espectral en la que los detectores de silicio son sensibles.

En dicho caso, el falsificador ni siquiera sería capaz de medir completamente la representación simplificada del espectro esperado.

Alternativamente, la representación simplificada de la señal de respuesta -R- consta, por lo menos, de dos representaciones simplificadas de una señal de respuesta esperada, definiéndose cada representación simplificada esperada del espectro para un rango de longitudes de onda respectivo, preferentemente separados entre sí.

Por ejemplo, es posible ver dos representaciones simplificadas, una situada en una primera zona por debajo de un valor umbral y la otra en una segunda zona por encima del valor umbral.

Ejemplo:

El valor umbral puede corresponder al borde de la banda de un detector de silicio habitualmente disponible.

El procedimiento descrito para el modo simplificado se puede llevar a cabo también con el modo complejo. Además

de la dificultad para medir las bandas espectrales más allá del borde de la banda de un detector de silicio, cada banda espectral individual tiene que ser medida adicionalmente como tal, de una manera resuelta en frecuencia.

En consecuencia, es posible almacenar una representación compleja de la señal de respuesta -R- como un solo espectro, pero también como por lo menos dos representaciones complejas -D1-, -D2- de la señal de respuesta esperada con resolución de alta frecuencia, definiéndose cada representación compleja de la respuesta para un cierto rango de longitudes de onda preferentemente separadas entre sí.

Tal como ilustra adicionalmente la presente invención, la figura 5 muestra esquemáticamente el espectro de luminiscencia -R- de la misma característica -100-, medible con dos detectores -30- diferentes con diferente resolución espectral, es decir, la dependencia de la intensidad de radiación medida -I- en la longitud de onda λ de la radiación luminiscente. La curva continua -15- muestra el espectro de luminiscencia -R- medido con mayor resolución, y la curva de puntos -16-, el espectro de luminiscencia -R- medido con menor resolución.

Ejemplo:

La característica que se comprobará será una mezcla de dos sustancias luminiscentes A y B. En la región espectral mostrada, la sustancia A, a modo de ejemplo, tendrá un máximo principal en λ_{A1} y un máximo secundario en λ_{A2}. La sustancia B en la región espectral mostrada tendrá solamente un máximo único a una longitud de onda λ_{B1}, que en términos espectrales solo estará ligeramente separada del máximo λ_{A1} de la componente A. En la zona de las longitudes de onda λ_{A1} y λ_{B1} las dos sustancias A y B tienen, de este modo, un espectro altamente solapado.

Este solapamiento espectral de las sustancias A y B conduce al hecho de que solo cuando se realiza una medición con mayor resolución, según la curva -15-, se puede capturar la estructura fina de la curva de medición en la zona de las longitudes de onda λ_{A1} y λ_{B1}. Cuando se realiza una medición según la curva -16- con una menor resolución, que no puede capturar las diferencias de la intensidad -I- en la zona entre las longitudes de onda λ_{A1} y λ_{B1} de manera resuelta, solo se mide la envolvente del espectro total -16-, sin poderse determinar cualquier detalle sobre la estructura fina del espectro, tal como por ejemplo los diferentes máximos en λ_A y λ_B.

Esto tiene el efecto, en concreto en el caso de la intensidad de luminiscencia de la sustancia B en la zona de la longitud de onda λ_{B1} que es significativamente inferior a la de la sustancia A en la zona de la longitud de onda λ_{A1}, de que solo cuando se realiza una medición con mayor resolución (curva -15-) se puede diferenciar entre los casos de la sustancia de característica comprobada que contienen no solo la sustancia A, sino también la sustancia B.

De este modo, preferentemente solo cuando se realiza la comprobación de acuerdo con una categoría de seguridad más alta, se efectuará una separación espectral, es decir, una determinación de los componentes individuales A, B en una característica luminiscente que consiste en varias sustancias diferentes.

Si para los usuarios en zonas de categoría de alta seguridad se prevén los dispositivos de lectura con mayor resolución, y si para los usuarios en zonas con una categoría de seguridad inferior solo se prevén los dispositivos de lectura con menor resolución, entonces solo en aquellas zonas de utilización con una categoría de alta seguridad se puede realizar la diferenciación entre las sustancias individuales A y B con un espectro altamente solapado, mientras que dicha diferenciación no es posible con la menor resolución según la curva de medición -16-. Esto conduce al hecho de que solo en las zonas de utilización con una categoría de alta seguridad se puede obtener la información sobre la existencia de dos sustancias A y B diferentes en los billetes de banco a controlar, mientras que por razones de menor precisión de medición en la zona con una categoría de seguridad inferior esta información no puede ser reconocida de manera inherente.

Si los diferentes dispositivos de lectura -1- para llevar a cabo el modo simple o complejo no solo realizarán mediciones con diferente resolución espectral dependiendo de la categoría de seguridad, sino adicional o alternativamente también en otras regiones espectrales, con el ejemplo especial de la figura 5 se puede prever que solo un dispositivo de lectura -1- con categoría de alta seguridad pueda medir en un rango de longitudes de onda $d\lambda_H$, que pueda capturar el máximo principal λ_{A1}, λ_{B1} así como el máximo secundario λ_{A2} que está separado espectralmente de los mismos.

Contrariamente a lo anterior, se puede prever que todos los dispositivos de lectura -1- de una categoría de baja seguridad solo puedan realizar mediciones o evaluar en un rango de longitudes de onda menor $d\lambda_N$, en el que el máximo secundario de la longitud de onda λ_{A2} no esté contenido. Dado que dicho rango de medición está excluido, un falsificador no puede decidir a partir de otra quizás posible comparación de las intensidades de los máximos en λ_{A1} y λ_{A2} ni la existencia real de la sustancia A ni la sustancia B. Esto solo sería posible si se pudiera determinar la relación de intensidad ($I(\lambda_{A1}) / I(\lambda_{A2})$), que cambia significativamente con la presencia o la ausencia de una adición de la sustancia B. Debido al similar comportamiento espectral cuando se realiza una medición con una baja resolución y con el rango de medición espectral restringido $d\lambda_N$, no es posible, en principio, una diferenciación de las sustancias A y B.

Debido a esto, la información de que la característica de seguridad de un billete de banco real -BN- contiene ambas sustancias A y B y debe tener un máximo incluso con la longitud de onda λ_{A2}, permanece restringida a la utilización en la zona de alta seguridad.

Ejemplo:

Si la característica de seguridad -100- tiene, por ejemplo, entre otras cosas Mn: Zn_2SiO_4 con banda espectral a 520 nm y Ce: YPO4 con banda espectral a 380 nm, se puede prever que solo los dispositivos de lectura -1- de una categoría de alta seguridad de los bancos centrales realicen mediciones en ambos rangos de longitud de onda de 380 nm y 520 nm, mientras que en las máquinas expendedoras, por ejemplo solo se utilicen dispositivos de lectura de una categoría de baja seguridad, que realizan mediciones en un rango de 450 a 550 nm.

Debido a esto, el falsificador, que, como máximo, tiene acceso a dispositivos de lectura de una categoría de baja seguridad, no podrá concluir la existencia de una adición de Ce: YPO_4, que emite a 380 nm, a partir de una evaluación de las señales de dichos dispositivos de lectura.

Este ejemplo adicional muestra que la presente invención es particularmente ventajosa para la comprobación de las sustancias combinadas contenidas en el sustrato -10-, ya que la composición exacta de dichas sustancias suele mantenerse en secreto más especialmente, con el fin de dificultar la creación de falsificaciones.

Procedimientos de comprobación alternativos

En lo anterior, algunos procedimientos de comprobación diferentes han sido ya descritos. Adicionalmente, sin embargo, se puede pensar en otras alternativas o enmiendas.

Según una idea adicional de la presente invención, se puede prever asimismo que en un detector -30- se lleve a cabo una comprobación en varias etapas. Esto se puede efectuar, por ejemplo, evaluando la medición en el modo simplificado con menor resolución en una primera etapa y, en una etapa posterior, evaluando la medición en el modo complejo con mayor resolución.

En una primera etapa, por ejemplo, solo la envolvente -16- del espectro solapado se puede determinar con baja resolución (según una medición en el modo simplificado), para realizar primeras evaluaciones. En cuanto a comprobar, por ejemplo, una característica luminiscente -100- que consiste en varias sustancias A, B con bandas espectrales que se solapan, en una primera etapa solo se determinará la existencia general de sustancias luminiscentes tal como, por ejemplo, la existencia general de un cierto grupo de sustancias y/o codificaciones, que en esta etapa de comprobación siguen siendo indeterminadas.

Esto se puede efectuar, por ejemplo, mediante la detección, por ejemplo, solo de la existencia de radiación luminiscente en una región espectral específica.

Si en dicha etapa no se miden las señales de respuesta esperadas, la comprobación puede terminar.

De lo contrario, en una segunda etapa (según una medición en el modo complejo) se comprueba realmente el solapamiento de la señal de respuesta. Es decir, se determina si es realmente uno de los espectros predeterminados, cada uno de los cuales consiste en varios espectros individuales de las sustancias individuales de la característica luminiscente, que se solapan entre sí. Esto se puede efectuar, por ejemplo, mediante por lo menos una banda espectral o varias bandas espectrales de la señal de respuesta -R- (por ejemplo, según una representación compleja, las bandas espectrales únicas de la curva -15- de la figura 5) que se capturan y comprueban de una manera resuelta.

Ejemplo:

En lo anterior se ha descrito el ejemplo de una característica de seguridad -100- que contiene Eu: YVO_4 (632 nm), Mn, Pb: $CaSiO_3$ (610 nm) y Mn: $KMgF_3$ (596 nm), en la que la relación de cantidad de las sustancias individuales para diferentes codificaciones se elige de manera diferente.

Se puede suponer que el dispositivo de lectura empleado en los bancos centrales tiene un espectrómetro que funciona con una resolución, por ejemplo, de 15 nm y, por lo tanto, puede diferenciar entre las bandas espectrales individuales de las tres sustancias. Además, puede tener un detector de banda ancha con un filtro que, por ejemplo, realiza mediciones integradas en el rango de 550 a 640 nm. A partir de la mera evaluación rápida de la señal del detector de banda ancha se puede decidir que se trata de una falsificación, si su señal se encuentra por debajo de un valor de referencia predeterminado. Entonces, ya no es necesaria la etapa subsiguiente, en la que se determinan de manera elaborada las intensidades de señal de los espectrómetros en las tres longitudes de onda de las bandas espectrales individuales 596 nm, 632 nm y 610 nm y su relación entre sí. Debido a esto, la evaluación se puede acelerar.

Además, en lo anterior se mencionó que las mediciones en modo simple o complejo se pueden llevar a cabo en varias regiones espectrales diferentes. En concreto, en este caso no solo se puede prever que la excitación para todos los rangos de longitud de onda de luminiscencia se efectúe con diferentes longitudes de onda de excitación, sino también se puede prever que la excitación para todos los rangos de longitud de onda de luminiscencia se efectúe con la misma longitud de onda de excitación.

Además, también se puede prever que los espectros de excitación estén codificados, es decir, que la fuente de luz -20- no emita señales constantes, sino una radiación de excitación -E- modulada de manera oportuna. Con ello también se modulan las señales de respuesta -R- de una manera que es característica para las sustancias de características individuales o las combinaciones de sustancias de la característica.

Además, se hará hincapié en que, por ejemplo, también con la medición en el modo complejo se puede combinar una medición de alta resolución en un rango de longitudes de onda con una medición de resolución inferior en otro rango de longitudes de onda. Esto se puede emplear, por ejemplo, para determinar individualmente solo ciertas sustancias de características particularmente significativas dentro de una combinación de sustancias que forman la característica luminiscente -100-.

Tal como ya se ha explicado con detalle en lo anterior, para diferentes zonas de categorías de seguridad se proporcionan diferentes detectores. En una zona de baja seguridad, la comprobación se puede efectuar solo en un modo simple, por ejemplo, solo se comprueba la envolvente de la señal de respuesta -R-, mientras que en la zona de alta seguridad con un modo complejo se pueden determinar también, por ejemplo, bandas espectrales individuales -P- de la señal de respuesta -R- que no son reconocibles cuando se mide la envolvente.

No obstante, también se puede disponer que, dependiendo de la zona de utilización o de la categoría de seguridad pertinente, se compruebe otra propiedad de la misma característica -100-.

<u>Ejemplo:</u>

Se puede prever que con una utilización en una zona de seguridad baja, tal como por ejemplo en una máquina expendedora, solo se puedan comprobar ciertas propiedades ópticas de la sustancia característica, tales como, por ejemplo, la envolvente de la señal luminiscente, mientras que, en las zonas de alta seguridad, es decir, por ejemplo, en bancos centrales, también se comprueben otras propiedades ópticas y/u otras propiedades, tales como por ejemplo las propiedades magnéticas, de la característica de seguridad -100-.

De este modo, por ejemplo, cuando se combina una comprobación de luminiscencia con una comprobación magnética, solo el dispositivo de lectura -1- con una categoría de seguridad superior puede llevar a cabo esta medición de magnetismo, o con una precisión mayor que el dispositivo de lectura de una categoría de seguridad inferior.

Tal como ya se ha mencionado, la medición se puede efectuar de diferentes maneras, no solo mediante la medición con diferentes precisiones, tal como con diferente resolución espectral, o en diferentes regiones espectrales. Dependiendo de la categoría de seguridad, también se puede efectuar una medición en diferentes zonas de la superficie del billete de banco.

REIVINDICACIONES

1. Característica de seguridad luminiscente (100) para mejorar el nivel de seguridad de un sustrato, siendo capaz de emitir una respuesta de luminiscencia con información, en la que la característica de seguridad comprende una mezcla de por lo menos dos materiales luminiscentes que producen bandas espectrales (P) solapadas correspondientes, como respuesta (R) a una radiación de excitación (E), **caracterizada por que** cada material luminiscente es un pigmento en polvo y comprende una matriz y por lo menos un luminóforo embebido en la matriz, y **por que** los materiales luminiscentes tienen diferentes luminóforos pero la misma matriz, o tienen matrices diferentes pero el mismo luminóforo.

2. Característica según la reivindicación 1, **caracterizada por que** las diferentes matrices se fabrican sustancialmente a partir de los mismos elementos químicos y tienen configuraciones cristalográficas diferentes.

3. Característica según la reivindicación 1, **caracterizada por que** las diferentes matrices tienen sustancialmente la misma configuración cristalográfica, pero son fabricadas a partir de diferentes elementos químicos.

4. Característica según por lo menos una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por que** la característica comprende por lo menos una matriz simulada inactiva que no está combinada con un luminóforo, o que está combinada con un luminóforo de tal manera que este luminóforo no muestra ninguna propiedad luminiscente, de tal manera que la matriz simulada inactiva no muestra ningún efecto de luminiscencia tras una irradiación.

5. Característica según la reivindicación 4, **caracterizada por que** la matriz o matrices simuladas inactivas son diferentes de la matriz o matrices combinadas con un luminóforo.

6. Característica según por lo menos una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada por que** la característica comprende por lo menos dos matrices simuladas inactivas, por lo que las matrices simuladas inactivas forman un código.

7. Característica según por lo menos una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada por que** por lo menos algunas bandas espectrales del material luminiscente forman un código.

8. Característica según por lo menos una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada por que** tras una excitación, la característica emite parcialmente en el rango espectral por debajo del borde de banda de un detector de silicio, y parcialmente en el rango espectral por encima del borde de banda de un detector de silicio.

9. Sustrato (10) que tiene una característica de seguridad luminiscente (100) según por lo menos una de las reivindicaciones 1 a 8.

10. Sistema de documentos de valor, en concreto un sistema de divisas, que comprende una gran cantidad de documentos individuales que se subdividen en subgrupos definidos, en el que cada subgrupo tiene una codificación espectral invisible pero legible por una máquina, que está formada por una característica de seguridad luminiscente y, además, en el que la codificación es común para todos los documentos individuales de dicho subgrupo, y las codificaciones de diferentes subgrupos son diferentes entre sí, **caracterizado por que** la característica de seguridad luminiscente es una característica de seguridad luminiscente (100) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

11. Procedimiento para producir la característica de seguridad luminiscente según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende:

- sintetizar por separado, por lo menos, dos materiales luminiscentes que tienen bandas espectrales superpuestas (P), en los que cada material luminiscente comprende una matriz y por lo menos un luminóforo embebido en la matriz, en los que los materiales luminiscentes tienen diferentes luminóforos, pero tienen la misma matriz, o tienen matrices diferentes pero los mismos luminóforos,

- moler los materiales hasta conseguir pigmentos en polvo que tengan el tamaño deseado, y

- mezclar los pigmentos para obtener una mezcla homogénea.

12. Procedimiento de fabricación del sustrato según la reivindicación 9, que comprende fabricar la característica de seguridad luminiscente según el procedimiento de la reivindicación 11, y depositar la mezcla de pigmentos en y/o sobre el sustrato (10).

13. Procedimiento para fabricar el sistema de documentos de valor según la reivindicación 10, que comprende:

- seleccionar una característica de seguridad luminiscente fabricada según el procedimiento de la reivindicación 11, comprendiendo la característica de seguridad luminiscente por lo menos dos materiales luminiscentes para cada

subgrupo, para formar una codificación que es específica para el respectivo subgrupo y

- depositar los materiales seleccionados específicamente para dichos subgrupos en y/o sobre los documentos individuales de dichos subgrupos respectivos.

14. Procedimiento según la reivindicación 13, **caracterizado por que** la etapa de deposición se controla midiendo la codificación.

15. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado por que** en función de los resultados de la monitorización se ajusta la dosificación de los materiales luminiscentes.

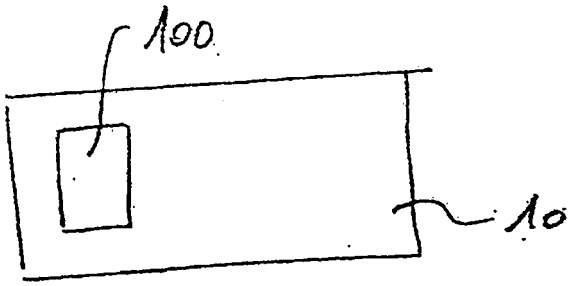

Fig 1

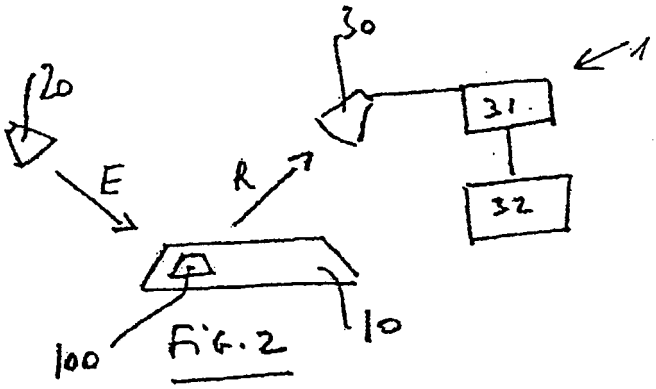

Fig. 2

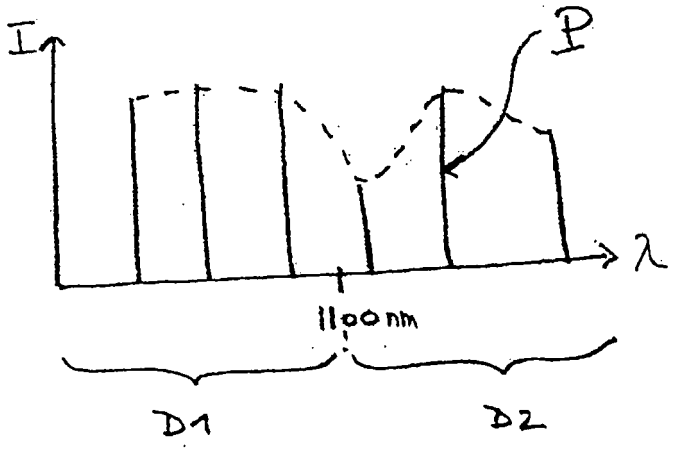

Fig 3

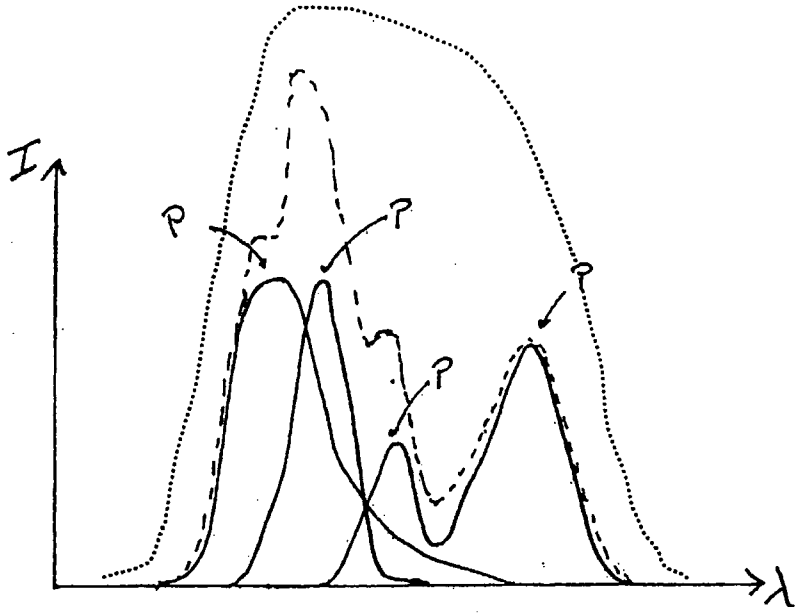

Fig. 4

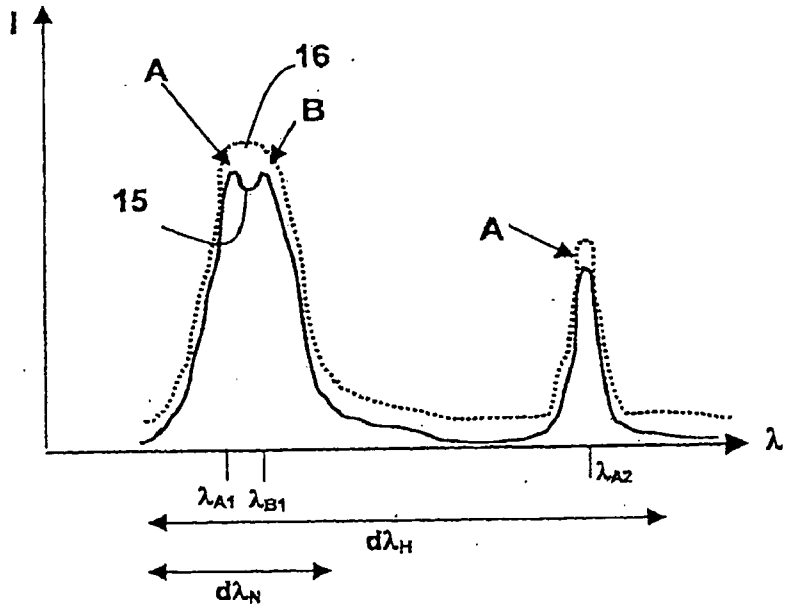

Fig. 5

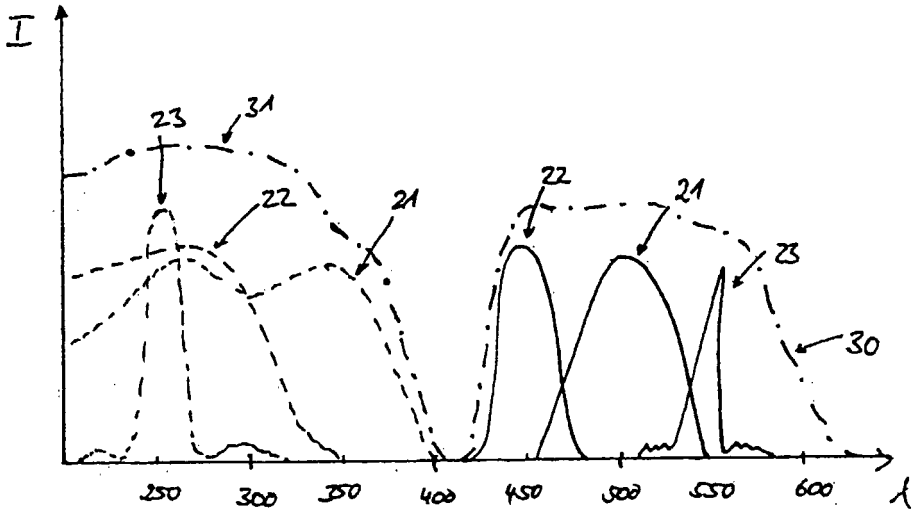

Fig. 6