

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 926 489**

51 Int. Cl.:

G07D 7/1205 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.06.2017** **PCT/EP2017/000669**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.12.2017** **WO17211457**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2017** **E 17729012 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2022** **EP 3469560**

54 Título: **Procedimiento de protección de documentos de valor con sustancias luminiscentes de almacenamiento**

30 Prioridad:

08.06.2016 DE 102016007099

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

26.10.2022

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

STARK, MARTIN

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 926 489 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de protección de documentos de valor con sustancias luminiscentes de almacenamiento

5 La invención se refiere a un procedimiento de evaluación de la autenticidad que utiliza la luminiscencia ópticamente estimulada (OSL) de sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico como característica de autenticidad. La invención se refiere además a un dispositivo para la realización del procedimiento de evaluación de la autenticidad, una biblioteca de referencia que contiene sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico en combinación con sus secuencias de medición caracterizadoras, estas sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico como
10 características de autenticidad y documentos de valor con tales características de autenticidad.

Se conoce la protección de documentos de valor contra falsificaciones mediante características de autenticidad. Existen sustancias características que se basan, por ejemplo, en efectos magnéticos, térmicos, eléctricos y/ u ópticos (por ejemplo, absorción y emisión) que pueden detectarse específicamente. En particular, las propiedades
15 de las características no cambian con la detección: la repetición de la misma medición en el mismo lugar da el mismo resultado. Tales sistemas de características pueden describirse como sin memoria.

Se conocen ejemplos de sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico (en inglés: storage phosphor) como características de autenticidad. En el documento EP1316924, el procedimiento de verificación se realiza mediante la detección de fotoluminiscencia o mediante la aparición de luminiscencia ópticamente estimulada. En el documento WO2010064965 se utilizan una sustancia inorgánica luminiscente de almacenamiento y una sustancia luminiscente de tipo convertidor ascendente. En la publicación DE 10 2011 010756 A1 se describen procedimientos de producción para sustancias luminiscentes de almacenamiento nanoparticuladas así como su posible uso como
20 marcadores. Los procedimientos descritos anteriormente prescinden de una evaluación cuantitativa del comportamiento de almacenamiento dinámico y característico de una sustancia luminiscente de almacenamiento como característica de autenticidad y se basan en cambio en mediciones reproducibles en estados definidos.

El documento WO 2014/132415 A1 describe un método para la detección de fluorescencia y fosforescencia.

30 La desventaja de la protección mediante estos procedimientos de evaluación de la autenticidad es que también un falsificador puede caracterizar la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico mediante métodos de medición habituales de espectroscopia y, por lo tanto, se le permite potencialmente recopilar información que le facilite la reproducción de la sustancia. Un reajuste material satisfactorio aprobaría entonces también la comprobación de autenticidad.

35 La invención se basa en el objetivo de proporcionar un procedimiento de autenticación o evaluación de un objeto, en particular un documento de valor, que utiliza un sistema de características que es altamente específico a través de la estrecha conexión con los procesos de evaluación de autenticidad, de modo que no pueda identificarse con los métodos de espectroscopia habituales y, por lo tanto, ofrece una mayor seguridad frente a la imitación.

40 Otro objetivo de la invención se refiere a proporcionar un procedimiento de garantía de autenticidad o de evaluación para un documento de valor que utiliza un sistema de características que posibilita una diferenciación aún más específica de sustancias características similares y, por lo tanto, ofrece una mayor seguridad.

45 La invención se basa también en el objetivo de proporcionar un dispositivo para la realización del procedimiento.

Una tarea adicional se refiere a un procedimiento de autenticación o de valoración para una moneda seleccionada, de modo que se posibilite el seguimiento de los lotes, la identificación del centro de producción o de un fabricante, con el fin de garantizar una mejor trazabilidad de las características de autenticidad que contribuyen al documento
50 de valor.

Estas tareas se resuelven mediante las combinaciones de características definidas en las reivindicaciones principales. Formas de realización preferidas son objeto de las reivindicaciones dependientes.

55 La invención se refiere a un procedimiento para comprobar una característica de autenticidad con una sustancia luminiscente de almacenamiento óptico, que comprende las siguientes etapas:

a. Aplicar a la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico al menos una secuencia de consulta, que comprende en cada caso al menos un primer proceso de lectura y un segundo proceso de lectura;
60

b. Detectar en cada caso al menos un primer y un segundo valor de medición de lectura, que se basan en cada caso en la detección de una emisión óptica en respuesta al primer o al segundo proceso de lectura correspondiente en cada caso;

c. Crear una serie temporal de valores de medición de lectura correspondiente a la al menos una secuencia de consulta, que comprende al menos el primer valor de medición de lectura correspondiente al primer proceso de lectura y el segundo valor de medición correspondiente al segundo proceso de lectura; y

5 d. Evaluar la serie temporal de valores de lectura correspondiente a la secuencia de consulta para determinar un comportamiento dinámico de la serie temporal de valores de lectura por debajo de la secuencia de consulta correspondiente.

10 Preferiblemente, en un proceso de lectura óptica, la longitud de onda de la luz utilizada para el proceso de lectura es más larga que la longitud de onda de la luz utilizada para un proceso de carga. En una configuración de este tipo, se puede evitar una excitación y luminiscencia del sustrato de papel, especialmente cuando se utiliza la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico en un sustrato de papel.

15 En una segunda forma de realización preferida, la longitud de onda de la luz utilizada para los procesos de lectura es más corta que la longitud de onda de la luz utilizada para un proceso de carga. Esto es ventajoso en particular en la identificación y diferenciación de varias sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico.

20 En la etapa d., la evaluación de la serie temporal de tiempo de medición de lectura, en particular de la al menos una serie temporal de tiempo de medición de lectura, se realiza cuantitativamente para determinar al menos una propiedad de memoria característica de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico; preferiblemente, la evaluación cuantitativa del comportamiento dinámico sirve para permitir una evaluación de magnitudes dinámicas temporales sobre cuya base se pueden describir las propiedades de memoria de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico.

25 Los documentos de valor en el marco de esta invención son objetos tales como billetes, cheques, acciones, fichas, documentos de identidad, pasaportes, tarjetas de crédito, certificados y otros documentos, etiquetas, sellos y objetos que deben protegerse, tales como joyas, soportes de datos ópticos, CD, envases y similares. El sustrato de documento de valor no tiene por qué ser necesariamente un sustrato de papel, también podría ser un sustrato de plástico o un sustrato que tanga tanto componentes de papel como componentes de plástico. El campo de aplicación preferido son los billetes de banco, que se basan en particular en un sustrato de papel y/ o un sustrato de plástico.

30 Las sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico para la protección de documentos de valor son conocidas en el estado de la técnica. La presente invención se basa en la idea de utilizar las propiedades del comportamiento dinámico en el tiempo de sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico (sustancias OSL) para la comprobación de la autenticidad de un documento de valor. Para ello se selecciona al menos una sustancia OSL que presenta una memoria con respecto a al menos una propiedad y al menos un proceso de medición.

35 En una sustancia OSL, las propiedades medibles dependen de la historia previa, es decir, una medición afecta el resultado de la medición posterior. Esto se llama memoria. Mediante el uso de sistemas de sustancias con memoria como característica de autenticidad se crea un estrecho acoplamiento entre la característica de autenticidad y el proceso comprobado: En el proceso de detección, se imprime una historia específica en la sustancia OSL mediante el uso de procesos de medición (es decir, procesos de carga y/ o selección), en particular mediante sucesiones (también denominadas secuencias) de procesos de carga y/ o selección iguales y/o diferentes, y se comprueba el comportamiento dinámico específico del sistema cargado de memoria para esta historia. Debido a que el orden de los eventos influye en el comportamiento del sistema, la memoria también puede considerarse una dependencia de la ruta del sistema.

40 Una dependencia de la vía del sistema puede estar presente en particular en el caso de una no conmutatividad de dos procesos de medición. Por ejemplo, se selecciona la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico con un primer y un segundo proceso de lectura. En este caso es posible que el primer proceso de medición influya en el sistema de manera que el resultado del segundo proceso de lectura dependa del primer proceso de lectura. Un cambio en el orden de los procesos de lectura da lugar entonces preferiblemente a un resultado diferente.

45 Preferiblemente, en una sustancia luminiscente de almacenamiento óptico, en el proceso de carga se almacenan portadores de carga en centros de captura situados de manera diferente desde el punto de vista energético. De manera especialmente preferida, mediante diferentes procesos de carga, que se diferencian preferiblemente en sus intensidades, duraciones, formas de impulso y/ o longitudes de onda (ópticas), se puede influir en la distribución de los portadores de carga sobre los centros de captura. Además, la distribución de los portadores de carga almacenados en los centros de captura cambia debido a las relajaciones internas y, en particular, a influencias externas como la temperatura. Debido a que no solo la influencia de un solo proceso de carga, sino también la secuencia temporal de varios procesos de carga influyen en la distribución, las distribuciones de carga en los centros de captura se determinan como resultado de diferentes rutas de carga, lo que ilustra la dependencia de la ruta mencionada anteriormente.

Del mismo modo, la distribución de los portadores de carga puede ser influenciada preferiblemente por diferentes procesos de lectura, que son preferiblemente de diferente intensidad, duración, forma de impulso y/ o longitud de onda, y diferentes secuencias de procesos de lectura, así como para diferentes secuencias de mezclas de procesos de carga y de lectura.

5 De qué manera específica reacciona una sustancia OSL frente a un impulso de carga o de lectura concreto o, en particular, a una secuencia concreta de impulsos de carga y/ o de lectura, representa la información oculta para el imitador no iniciado, que se utiliza según la invención en el proceso de detección.

10 Para ello, a partir de procesos de carga y selección se construyen preferiblemente secuencias que son adecuadas para determinar propiedades de memoria características de la sustancia OSL (ejemplo: ejecución consecutiva de la medición de la luminiscencia estimulada ópticamente (OSL) para determinar la intensidad de memoria).

En un detector adecuado, el documento de valor marcado según la invención se mide con una o varias secuencias y se determinan propiedades de memoria características a partir de los resultados correspondientes.

15 Mediante la comparación con una especificación se demuestra la autenticidad (por ejemplo: en una sustancia OSL se determina la intensidad de memoria, las reglas de intercambiabilidad y la sensibilidad con diferentes secuencias con un sensor que realiza al menos uno de los procesos de carga y dos procesos de lectura diferentes y se compara con la especificación).

20 Por lo tanto, la prueba de autenticidad se traslada de un espacio estático de parámetros (que consiste, por ejemplo, en intensidades, distribución espectral y duración) a un proceso temporal. La especificidad de la memoria de la sustancia OSL debe coincidir con la especificidad de la historia impresa por el sensor para que se demuestre positivamente la autenticidad. Para la reacción se proponen según la invención sustancias OSL como característica de autenticidad para la garantía de autenticidad, utilizándose para la evaluación de la autenticidad varias propiedades de memoria (preferiblemente varias ≥ 2 , 3, ... diferentes propiedades características o una propiedad característica con varias ≥ 2 , 3, ... diferentes parámetros de medición). En la detección, se imprime una historia en la sustancia OSL aplicando al sistema una o varias secuencias de carga o de consulta seleccionadas (iguales o diferentes) de procesos de carga o de lectura. A partir de la reacción/ respuesta de la sustancia OSL a una o más secuencias, se determina el comportamiento dinámico y se utiliza para la evaluación de la autenticidad.

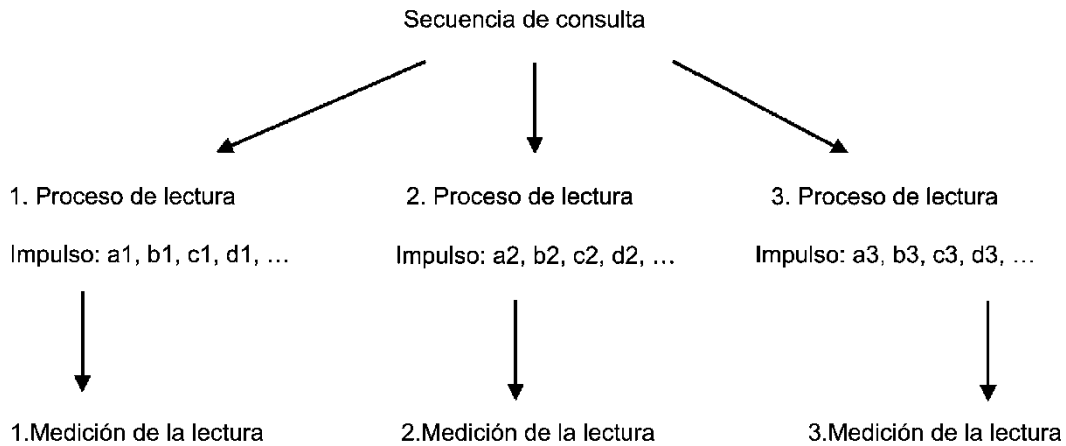
Un valor medido se refiere a una propiedad característica de la sustancia luminiscente de almacenamiento. El valor medido describe preferiblemente una carga de memoria, de manera especialmente preferible la emisión de luz, de la sustancia luminiscente de memoria. El valor de medición se puede registrar en cualquier momento o de forma fija. 35 Por ejemplo, se pueden registrar uno o más valores de medición antes, durante o después de un proceso de lectura. De acuerdo con una configuración, el primer valor de medición se registra para la sustancia luminiscente de almacenamiento, a continuación se aplica a la sustancia luminiscente de almacenamiento un proceso de carga, comprendiendo el proceso de carga uno o varios impulsos de carga y a continuación se registra el segundo valor de medición. En principio, el primer y/ o segundo valor de medición puede registrarse independientemente de otros procesos del procedimiento. En una configuración, al menos el primer y/ o segundo valor de medición están asociados con el proceso de lectura, de modo que este primer y/ o segundo valor de medición son definidos como primer y/o segundo valor de medición de lectura.

45 El primer y el segundo valor de medición se pueden utilizar para la evaluación de la autenticidad, por ejemplo, comparándolos con datos de referencia. Además, es concebible el uso de al menos uno de los valores de medición para la regulación y el control del proceso de carga. El al menos un valor de medición (en particular el primer valor de medición) puede estar integrado en un circuito de regulación, influyendo los contenidos del al menos un valor de medición en parámetros del proceso de carga, por ejemplo, una posición de onda o un rango de longitudes de onda, una duración de impulso de un impulso, el número de impulsos y/ o la forma de uno o varios impulsos para cargar la sustancia luminiscente de almacenamiento. Además, al menos uno de los valores de medición puede utilizarse como desencadenante, por ejemplo, para desencadenar un evento y/ o un proceso, por ejemplo, un proceso de lectura.

50 En una forma de realización, el procedimiento comprende al menos un proceso de lectura. El al menos un primer y/ o segundo valor de medición se basa en una detección de una emisión de luz en respuesta a al menos un proceso de lectura. Los valores de medición registrados de este modo se definen como valores de medición de lectura. Preferiblemente, el procedimiento comprende al menos dos procesos de lectura, registrándose para cada proceso de lectura al menos un valor de medición de lectura.

60 Si se llevan a cabo varios procesos de lectura, estos pueden combinarse en una secuencia de consulta. Preferiblemente, en los procesos de lectura de una secuencia de consulta se trata de un registro de valores de medición de lectura coherentes. El procedimiento puede comprender una o varias secuencias de consulta. Para aclarar la subdivisión de las secuencias de consulta, una secuencia de consulta se representa esquemáticamente a modo de ejemplo en el siguiente gráfico. Una secuencia de consulta comprende al menos un primer y un segundo proceso de lectura. Preferiblemente, los procesos de lectura comprenden al menos un impulso al (o a2, a3,...). En una variante de la invención, se agrupan varios impulsos en el marco de un proceso de lectura, generándose al

menos un valor de medición de lectura para cada proceso de lectura, pero no necesariamente para cada impulso. Los valores de lectura registrados por los procesos de lectura se registran en orden cronológico. De estas series de valores de medición de lectura registradas a partir de la etapa c.) del procedimiento se obtienen a su vez curvas de lectura que, debido a su forma o mediante parámetros que se derivan de las curvas, se utilizan para la evaluación de la autenticidad.



Alternativamente, para un proceso de lectura o para varios procesos de lectura se registran no solo un valor de medición de lectura individual, sino varios valores de medición de lectura y se ordenan de acuerdo con su secuencia temporal a la serie temporal de valores de medición de lectura. Una secuencia de varios procesos de lectura da como resultado una secuencia de consulta. De forma análoga, varios procesos de carga pueden dar lugar a una secuencia de carga.

El proceso de lectura o el proceso de carga en combinación con una medición constituye un proceso de medición. El resultado de un proceso de medición, como por ejemplo un proceso de lectura, es una señal S , que depende del proceso P , es decir $S(P)$, y que caracteriza de manera relevante la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico (por ejemplo, la medición de una emisión de luz de una sustancia luminiscente disuelta espectralmente). El proceso de medición está determinado por el método de medición y por los parámetros de medición asociados.

Por comportamiento dinámico se entiende la dependencia temporal de una magnitud de medición. Se pueden determinar diferentes dependencias de tiempo a partir de diferentes magnitudes de medición. Preferiblemente, la evaluación cuantitativa del comportamiento dinámico sirve para posibilitar una evaluación de magnitudes dinámicas temporales. Las magnitudes de medición dinámicas temporales son magnitudes de medición que están vinculadas al menos en el tiempo y en otra propiedad física de una medición. La dependencia temporal de una magnitud de medición se refleja en la serie temporal de valores de lectura correspondiente. Mediante una evaluación cuantitativa de la serie temporal de valores de medición de lectura se puede determinar al menos una propiedad de memoria característica de la correspondiente sustancia luminiscente de almacenamiento óptico y estas sirven a su vez como característica de autenticidad para la diferenciación.

Las series de duración de lectura de referencia se pueden almacenar, por ejemplo, en una tabla de búsqueda y se pueden usar para comparar series de duración de lectura detectadas en un procedimiento para diferenciar sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico.

Una biblioteca de referencia comprende al menos aquellas secuencias, parámetros y las tablas correspondientes que son adecuados para su uso en pruebas de autenticidad relevantes y discriminatorias para diferentes características que pertenecen a una sustancia OSL.

Sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico como característica de autenticidad

Para una protección, por ejemplo, de un documento de valor, una sustancia OSL seleccionada se introduce como característica de autenticidad en forma de un agregado al sustrato (papel o polímero) en el documento de valor o en un elemento de lámina y/ o se aplica sobre el documento de valor en forma de una tinta de impresión o composición de recubrimiento. (Ejemplo: sustancia termocrómica en tinta de impresión, sustancia OSL en sustrato de papel). Alternativamente o adicionalmente también es concebible la introducción de la sustancia OSL o el revestimiento con la sustancia OSL en o sobre una lámina metálica o metalizada. Además, la sustancia OSL puede usarse como agregado de un recubrimiento del sustrato o de otra capa del documento de valor, en particular en el caso de un material compuesto de varias capas individuales que forman el sustrato y/ o el documento de valor. Por supuesto, también se puede aplicar una combinación de al menos dos de los ejemplos expuestos para el uso de la sustancia luminiscente de almacenamiento. En principio, el factor de forma del documento de valor no se limita a una configuración plana en forma de hoja.

En la sustancia OSL actúan típicamente dos sistemas ópticamente activos en el cuerpo sólido. En particular, los dos sistemas ópticamente activos pueden ser centros luminiscentes y centros de captura en un cuerpo sólido. Los centros luminiscentes constituyen el primer sistema emisor de luz. En el segundo sistema, que consta de los centros de captura, los portadores de carga pueden almacenarse de forma estable en el estado electrónico básico de los centros de captura. En la sustancia OSL existen centros de captura, de los cuales los portadores de carga almacenados no se liberan significativamente por la energía térmica a temperatura ambiente. Según la invención, el tiempo medio de permanencia (persistencia) de los portadores de carga en estos centros de captura a temperatura ambiente es más largo que la duración del procedimiento de evaluación de la autenticidad. La evaluación de la autenticidad se efectuará preferiblemente en un dispositivo de tratamiento de billetes, por ejemplo, en un banco central. En el caso de tales máquinas, la mayoría de las veces se realiza una evaluación de la autenticidad en menos de 0,1 s, en particular en un intervalo de menos de 0,05 s. Al verificar documentos de identificación, la evaluación de la autenticidad también puede durar más de 1 s. Dependiendo de la finalidad de uso, es ventajoso que la persistencia corresponda al menos al tiempo de la evaluación de la autenticidad. Preferiblemente, la persistencia es más de cinco veces la duración del procedimiento de evaluación de la autenticidad, de manera especialmente preferida más de cien veces la duración. La persistencia es preferida durante más de 10 ms, de manera especialmente preferida durante más de 1 s, y de manera aún más preferida durante más de 5 min.

La liberación de los portadores de carga almacenados en estos centros de captura solo se produce mediante el suministro de una cantidad adecuada de energía, por ejemplo, mediante la irradiación con luz (proceso de lectura). Los portadores de carga liberados pueden entonces relajarse en un centro luminiscente bajo la emisión de luz (emisión de luz durante la lectura).

A diferencia de la fosforescencia, en la que los portadores de carga excitados en el propio centro luminiscente se llevan a un estado triple y se relajan espontáneamente a otro estado del centro luminiscente con una constante de tiempo característica, los portadores de carga pasan de los centros luminiscentes a diferentes centros de captura en una sustancia OSL cuando se aplica un proceso de carga. Los centros luminiscentes y los centros de captura se diferencian por su posición espacial y/ o su identidad química. Preferiblemente, los centros luminiscentes y los centros de captura son diferentes iones de dopaje. Durante la lectura, los portadores de carga pasan de los centros de captura a los centros luminiscentes y pueden relajarse de forma radiante emitiendo luminiscencia. Una carga de la sustancia OSL puede corresponder, por ejemplo, a una oxidación de los centros luminiscentes y a una reducción de los centros de captura. A la inversa, el proceso de lectura puede corresponder a una reducción de los centros luminiscentes y a una oxidación de los centros de captura.

En el caso de la transición de los portadores de carga desde los centros de captura a los centros luminiscentes, por lo tanto, no se trata en particular de una transición espontánea, en la que un estado excitado se desprende intrínsecamente, es decir, sin influencias externas. Más bien se prefiere que la transición de los portadores de carga desde los centros de captura a los centros luminiscentes (o también a la inversa desde los centros luminiscentes a los centros de captura) deba estimularse mediante influencias externas, como un proceso de carga y/ o un proceso de lectura. Por lo tanto, en relación con la lectura de sustancias OSL, también se habla de luminiscencia ópticamente estimulada (OSL).

En el proceso de carga y/ o en el proceso de lectura, la sustancia luminiscente de almacenamiento presenta preferiblemente una conductividad eléctrica inducida por luz modificada debido al movimiento de los portadores de carga. Es especialmente preferible que la conductividad eléctrica de la sustancia OSL se modifique durante el proceso de carga y/ o durante el proceso de lectura. Preferiblemente, la sustancia OSL muestra durante la secuencia de carga y/ o durante la secuencia de lectura una conductividad eléctrica máxima, que es más alta, en particular en al menos el 50 % más alta, que fuera de estos procesos. En otras palabras, la sustancia luminiscente de almacenamiento puede presentar durante la aplicación de la secuencia de consulta, en particular durante la aplicación del primer y/ o el segundo proceso de lectura, una conductividad eléctrica que es mayor que fuera de la carga.

Dado que los centros de captura representan un sistema óptico independiente con respecto a los centros luminiscentes, los estados portadores de carga correspondientes son fundamentalmente independientes entre sí. El espectro de excitación de los portadores de carga almacenados en los centros de captura (es decir, el espectro de lectura) no está determinado por el espectro de excitación o emisión de los centros luminiscentes. Del mismo modo, el espectro de excitación o emisión de los centros luminiscentes no está determinado por el espectro de lectura de los centros de captura. En este sentido se delimita la luminiscencia estimulada ópticamente también por los fenómenos anti-Stokes o conversión ascendente habituales inducidos por procesos simultáneos de múltiples fotones.

Al igual que el espectro de carga, que proporciona información sobre las propiedades de los centros luminiscentes, el espectro de lectura se puede medir para caracterizar las propiedades de los centros de captura. Para medir el espectro de lectura, la sustancia OSL parcialmente cargada se irradia con luz (proceso de lectura) y la luz emitida se mide en un rango de longitud de onda determinado, cambiando la longitud de onda de la luz irradiada. Así, se obtiene para la sustancia OSL cargada la dependencia de la luminiscencia ópticamente estimulada de la longitud de

onda de la luz de lectura. Se puede proceder de manera correspondiente para la medición del espectro de carga, donde la sustancia OSL preferiblemente para ello debe no estar completamente cargada.

5 En este caso, una sustancia OSL se denomina parcialmente cargada cuando se almacenan al menos tantos portadores de carga en los centros de captura que, en caso de irradiación con un proceso de lectura, se obtiene una señal luminiscente medible. En este caso, el número de portadores de carga almacenados representa preferiblemente una variable continua macroscópica.

10 El espectro de lectura puede presentar claras estructuras de bandas. Incluso si el espectro de lectura muestra bandas, preferiblemente no corresponde a un espectro de moléculas individuales. Por lo tanto, no se puede deducir del espectro si un centro de captura concreto está lleno o vacío. En este sentido, una sustancia luminiscente de almacenamiento no se comporta como un almacenamiento discreto.

15 Por analogía con el espectro de lectura, el espectro de carga describe la distribución espectral de la eficiencia de los procesos de carga.

Dispositivo dosificador

20 La medición para la comprobación de la autenticidad se realiza con un dispositivo de medición adaptado a la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico utilizada. La prueba de autenticidad aprovecha la dependencia de la señal de medición de la historia previa, es decir, la memoria de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico. Para ello se irradia preferiblemente con luz el documento de valor y se mide la luminiscencia resultante.

25 En una primera realización, para la iluminación se utiliza al menos una fuente de luz, en la que la longitud de onda de la fuente de luz, a saber, la longitud de onda del centro de gravedad, es adecuada para leer la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico. A este respecto se prefiere el intervalo de longitudes de onda de 360 nm a 1200 nm, de manera especialmente preferida el intervalo de longitudes de onda de 550 nm a 1000 nm. En otra modalidad preferida se distingue entre un primer, un segundo y un tercer intervalo de longitudes de onda, a partir del cual se selecciona preferiblemente la al menos una fuente de luz. El primer intervalo de longitudes de onda se extiende de 360 nm a 550 nm, preferiblemente de 360 nm a 405 nm, el segundo intervalo de longitudes de onda de 550 nm a 1000 nm, preferiblemente de 600 nm a 750 nm y el tercer intervalo de longitudes de onda de 750 a 1200 nm, preferiblemente de 750 nm a 1000 nm. En una configuración especialmente preferida, el segundo intervalo de longitudes de onda es de 620-660 nm y el tercer intervalo de longitudes de onda es de 750-1000 nm.

35 En una realización preferida se emplea adicionalmente al menos una segunda fuente de luz que emite con la misma longitud de onda.

40 En otra realización preferida se emplea adicionalmente al menos una segunda fuente de luz, que emite a una longitud de onda que se diferencia de la longitud de onda de emisión de la primera fuente de luz. Preferiblemente, la primera y la segunda fuente de luz están configuradas de tal manera que el primer proceso de lectura de la primera fuente de luz y el segundo proceso de lectura de la segunda fuente de luz presentan al menos dos longitudes de onda de lectura separadas espectralmente.

45 Más preferiblemente, la longitud de onda de la segunda fuente de luz se diferencia significativamente de la primera fuente de luz y es adecuada para leer la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico. Una diferencia significativa en la longitud de onda se logra cuando la longitud de onda difiere en más de la mitad de la anchura de onda (HWHM) de la banda direccionada del espectro de lectura, o abordando estructuras diferenciables del espectro de lectura, como diferentes bandas o un mínimo y un máximo en el espectro de lectura.

50 En una modalidad especialmente preferida, las dos longitudes de onda de lectura se seleccionan a partir de dos intervalos de longitud de onda diferentes de los mencionados anteriormente.

55 En otra realización preferida se emplea una tercera fuente de luz, cuya longitud de onda se encuentra en el intervalo de 240 nm a 550 nm, preferiblemente en el intervalo de 350 nm a 550 nm, en particular preferiblemente en el intervalo de 380 nm a 550 nm. En una modalidad, la luz de la fuente de luz en este intervalo de longitudes de onda es adecuada para cargar la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico, en otra modalidad, la luz de esta fuente de luz es adecuada para leer la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico. A este respecto, la tercera fuente de luz puede emplearse tanto para enviar el impulso de carga como para enviar el impulso de lectura.

60 En una realización alternativa, el dispositivo presenta una tercera fuente de luz, que es adecuada para aplicar una etapa de preparación a la característica de autenticidad en la zona de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico. Este puede ser adecuado, por ejemplo, para efectuar una carga parcial de la sustancia luminiscente de almacenamiento, para preparar, por ejemplo, alturas de señal deseadas en los siguientes procesos de lectura.

Las fuentes de luz mencionadas pueden operarse preferiblemente mediante impulsos, estando las frecuencias de repetición nominales en el intervalo de 0,1 kHz a 50 MHz. Además, las fuentes de luz se pueden controlar en su intensidad, duración de la luz y curso temporal.

5 En la determinación de la duración de pulso de los impulsos de carga influye el procedimiento de ensayo de la sustancia OSL y/ o la propia sustancia OSL. Así, en una primera modalidad preferida, por ejemplo, para probar una sustancia OSL desplazada con una duración luminiscente reducida, la duración de pulso de los impulsos de carga es de entre 1 μ s y 100 ms, preferiblemente entre 10 y 1 ms, en particular preferiblemente entre 10 μ s y 100 μ s. En otra modalidad preferida, por ejemplo, para probar una sustancia OSL en reposo y/ o una sustancia OSL con una
10 larga duración de luminiscencia, la duración de pulso de los impulsos de carga se encuentra entre 1 μ s y 100 ms, preferiblemente entre 500 μ s y 50 ms, en particular preferiblemente entre 1 ms y 20 ms.

En la determinación de la duración de pulso de los impulsos de lectura influye el procedimiento de verificación de la sustancia OSL y/ o la propia sustancia OSL. Así, en una primera modalidad preferida, por ejemplo, para verificar una sustancia OSL en movimiento con una duración luminiscente reducida, la duración de pulso de los impulsos de carga es de entre 1 μ s y 100 ms, preferiblemente entre 10 y 1 ms, de forma especialmente preferible, entre 5 μ s y 50 μ s. En otra modalidad preferida, por ejemplo, para probar una sustancia OSL en reposo y/ o una sustancia OSL con una larga duración de luminiscencia, la duración de pulso de los impulsos de lectura se encuentra entre 1 μ s y 100 ms, preferiblemente entre 20 μ s y 5 ms, en particular preferiblemente entre 40 μ s y 1 ms. El impulso de lectura es preferiblemente más corto que el impulso de carga.
15
20

Mediante la selección adecuada de la duración de pulso de los impulsos de carga y de los impulsos de lectura es posible, por tanto, de manera adecuada, un ensayo de sustancias OSL en reposo y/ o en movimiento.

25 En una realización, los impulsos de luz se irradian a aproximadamente el mismo lugar en el documento de valor y la emisión de luz se mide en el rango espectral adecuado mencionado y se registra como una serie temporal.

En un desarrollo de la invención, la medición de la emisión luminiscente de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico se realiza con al menos un fotodetector en una zona espectral adecuada, que comprende al menos una parte del espectro de emisión de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico. Esta zona se denomina ventana de detección espectral.
30

En una primera realización, la detección tiene una resolución temporal adecuada para resolver la curva de lectura adaptada a la característica de autenticidad, en particular para medir en el modo de pulso la emisión como efecto de un solo pulso y, en particular, para tener en el modo de pulso una resolución temporal de < 20 μ s, preferiblemente < 5 μ s, aún más preferiblemente de < 1 μ s.
35

En otra realización, el detector presenta un único canal, en el que la luz se acumula desde toda la ventana de detección espectral.
40

En otra realización preferida, el detector presenta al menos un segundo canal, cuya ventana de detección espectral se diferencia al menos en una zona espectral de la ventana de detección del primer canal.

45 En una realización preferida, el dispositivo presenta un dispositivo de detección que está adaptado para la detección de una segunda zona espectral, que se diferencia de la primera zona espectral. Preferiblemente, el dispositivo de detección posibilita una detección multicanal con más de dos o tres canales, que comprenden en particular preferiblemente varias zonas espectrales.

El dispositivo de medición puede estar dispuesto de tal manera que evalúe el documento de valor en un lugar.
50

Preferiblemente, el dispositivo de medición está dispuesto de tal manera que el documento de valor se hace pasar, por ejemplo, linealmente por delante del dispositivo de medición y se detecta así una pista de medición completa. En particular, se prefiere que el documento de valor pase por al menos dos dispositivos de medición desplazados espacialmente en una dirección diferente a la dirección de movimiento entre sí, de modo que se detecten al menos dos carriles de medición.
55

Además, en particular, el dispositivo está conectado a un sistema de fondo para la comparación de series temporales de medición de lectura con series temporales de medición de lectura de referencia. Preferiblemente, el sistema de fondo para la evaluación de la serie temporal de valores de medición de lectura presenta una unidad de cálculo, por ejemplo un ordenador o una instalación informática. En una forma de realización preferida, el sistema de fondo presenta adicionalmente una memoria de datos o una memoria en la nube, que es adecuada para almacenar la biblioteca de referencia con las series temporales de medición de lectura correspondientes, las tablas de búsqueda correspondientes y los parámetros de medición correspondientes, para ponerlos a disposición durante una comprobación de autenticidad.
60
65

De manera especialmente preferida, el sistema de fondo presenta una instalación informática que es adecuada para la evaluación de la serie temporal de valores de medición de lectura y para la comparación de esta con series temporales de referencia de una biblioteca de referencia almacenada. Mediante la comparación, por ejemplo, de la curva de lectura con curvas de lectura conocidas de sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico seleccionadas, se realiza entonces la comprobación de autenticidad de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico investigada.

En particular, el sistema de fondo puede ser parte de una máquina de procesamiento de billetes o puede estar conectado a una máquina de procesamiento de billetes.

Etapa de preconfiguración (etapa de preparación) / carga

En un primer aspecto principal de la invención solo se exige que la memoria se encuentre desde el principio en un estado legible o se cargue previamente, pero no necesariamente completamente o en otro estado más exactamente definido (por ejemplo, saturación, cantidad mínima de soportes de carga almacenados). Técnicamente, sería difícil lograr un estado definido sin una medición previa, ya que la sustancia luminiscente de almacenamiento también puede estar sujeta a influencias de carga o descarga, como la lectura, fuera de la medición. El estado definido ((pre)configuración, dado el caso también puede denominarse preparación) puede alcanzarse, por ejemplo, mediante la carga de la sustancia luminiscente de almacenamiento o la sustancia luminiscente de almacenamiento puede ajustarse correspondientemente. Estas influencias y su efecto no se conocen necesariamente al comienzo de la prueba de autenticidad según la presente invención.

Por lo tanto, la carga de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico puede tener lugar independientemente de una secuencia de carga y/ o secuencia de consulta posterior.

En una primera modalidad, la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico no se carga específicamente para la evaluación de la autenticidad dentro del dispositivo de medición, sino que se aprovecha el hecho de que la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico también estaba sujeta a influencias de carga fuera de la medición (por ejemplo, una medición realizada previamente con otro sensor de rayos X, UV o VIS).

En otra modalidad, la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico para la evaluación de la autenticidad se puede cargar con luz de forma no específica o universal. Para ello se puede utilizar, por ejemplo, una fuente de luz de banda ancha (lámpara de flash).

Por ejemplo, para cargar la sustancia OSL se puede utilizar luz de una longitud de onda de entre 240 nm y 550 nm. En particular, la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico puede cargarse con luz de una longitud de onda superior a 250 nm y, en particular, con luz visible (longitud de onda superior a 400 nm). En una configuración se usa luz en un primer intervalo de longitudes de onda de 275 nm a 285 nm o en un segundo intervalo de longitudes de onda de 350 nm a 550 nm, de manera especialmente preferida en un primer intervalo de longitudes de onda de 385 nm a 405 nm o en un segundo intervalo de longitudes de onda de 440-460 nm, y en particular a una longitud de onda de 450 nm.

En una modalidad especialmente preferida, la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico puede cargarse con un haz de impulsos de luz y en particular, preferiblemente, con un haz de impulsos de luz con una duración de impulso inferior a 0,1 segundos.

Estos impulsos de luz son irradiados por las fuentes de luz arriba mencionadas a aproximadamente el mismo lugar en el documento de valor y la emisión de luz se mide en el rango espectral adecuado mencionado y se registra como una serie temporal de valores de medición de lectura.

En un segundo aspecto principal de la invención se presupone una carga específica de la memoria. Esta variante de la invención se describe en detalle más adelante. En un desarrollo, el procedimiento presenta incluso la etapa antes de la aplicación de al menos una secuencia de carga y/ o de consulta a la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico: Estimular la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico con al menos una etapa de preparación adicional. Esto sirve para el ajuste de un estado inicial determinado. Sin embargo, para la presente invención es especialmente preferible que el procedimiento se realice sin preparación adicional previa de un estado inicial definido de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico.

Para la comprobación de autenticidad, en el rasgo de autenticidad, que ya ha almacenado una cantidad indeterminada pero no despreciable de portadores de carga, se imprime un historial de medición mediante la aplicación de secuencias de excitación específicas (preferiblemente periódicas o también aperiódicas) a partir de impulsos de excitación y/ o excitación modulada continuamente.

Secuencias de consulta o de carga

Las secuencias de consulta o de carga mencionadas se componen, preferiblemente, de impulsos de luz individuales, que en cada caso se determinan mediante intensidad, longitud de onda y desarrollo temporal del impulso (forma de impulso, duración de impulso e intervalo entre impulsos).

5 Dentro de una secuencia de varios impulsos, un impulso puede caracterizarse por su duración de período, es decir, la duración del tiempo desde el primer aumento de la intensidad hasta el final del siguiente intervalo de tiempo muerto.

10 • La longitud de onda de un impulso de carga o de lectura es una medida característica del espectro de la luz de este impulso y está dada, por ejemplo, por la mediana o por la posición del máximo de la distribución espectral de este impulso.

15 • La intensidad de un impulso de carga o de lectura es una medida característica del número de fotones que llegan a la muestra desde este impulso en el lugar de medición. Puede definirse, por ejemplo, como intensidad de señal correspondiente en un detector adecuado.

20 • Por forma de impulso de un impulso de carga o de lectura se entiende la forma del desarrollo de intensidad temporal de este impulso. Puede representar, por ejemplo, forma rectangular, diente de sierra, de coseno, gaussiana, de impulsos o también otra forma.

25 • Por duración de impulso de un impulso de carga o de lectura se entiende una medida característica del tiempo durante el cual la luz de este impulso incide en el lugar de medición. Puede describirse, por ejemplo, por la anchura de valor medio temporal o la distancia temporal de los puntos de giro del flanco ascendente y descendente del impulso.

30 • El intervalo entre impulsos de un impulso al siguiente describe la duración de tiempo que se encuentra entre el final de un impulso y el comienzo del impulso siguiente, por ejemplo definida por la duración de tiempo entre el flanco descendente del primer impulso y el flanco ascendente del siguiente (segundo) impulso. En este tipo de definición, una superposición de impulsos consecutivos puede describirse mediante un intervalo entre impulsos negativo.

Una diferenciación o variación del intervalo entre impulsos solo es posible a partir de al menos tres impulsos.

35 La figura 1 muestra una secuencia de carga o de consulta de tres impulsos PI, P2 y P3, representándose a modo de ejemplo tres formas de impulso, forma de diente de sierra rectangular, de impulso y modificada.

Primer aspecto principal: Aplicación de al menos una secuencia de consulta

40 Sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico como sistemas de sustancias con memoria

45 En un momento dado, en los centros de captura de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico existe una distribución de portadores de carga que es compatible con influencias externas. "Compatible con influencias externas" significa que un proceso de lectura o carga influye en la distribución del portador de carga o que la distribución del portador de carga se ve afectada por la temperatura ambiente y/ u otras influencias como la presión mecánica, los campos eléctricos y/ o la radiación, incluida la radiación de partículas. Si la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico se lee ahora con un proceso de lectura, una parte de los soportes de carga sale de los centros de captura y la distribución de soporte de carga en los centros de captura se adapta en consecuencia, de modo que otro impulso de luz actúa sobre una distribución de soporte de carga modificada.

50 Los portadores de carga excitados desde los centros de captura pueden pasar, en particular debido al proceso de lectura, a los centros luminiscentes y provocar allí la emisión de radiación luminiscente. Además de este proceso deseado, los portadores de carga también pueden quedar atrapados en (otros) centros de captura y/ o relajarse sin radiación. Aunque estas rutas no contribuyen a la emisión de luminiscencia, son relevantes para la distribución de portadores de carga en los centros de captura.

55 Es especialmente preferible que la distribución de soporte de carga dentro de la sustancia luminiscente de almacenamiento se modifique debido al primer proceso de lectura de tal manera que el segundo proceso de lectura presente un efecto diferente al del primer proceso de lectura. Debido a la distribución de portadores de carga modificada puede modificarse, por ejemplo, la probabilidad de una transición (correspondiente a la matriz de transición mecánica cuántica o a la sección transversal de absorción) desde los centros de captura a los centros luminiscentes. Por lo tanto, para una velocidad de transición constante puede ser necesario, por ejemplo, que el segundo proceso de lectura presente una intensidad modificada, una forma de impulso modificada, una anchura de impulso modificada y/ o una forma espectral modificada para obtener el mismo valor de medición que en el primer proceso de lectura.

65

Preferiblemente es posible que el primer valor de medición de lectura sea diferente del segundo valor de medición de lectura, si el primer proceso de lectura es igual al segundo proceso de lectura. Alternativamente, o adicionalmente, es posible que el primer valor de medición de lectura sea igual al segundo valor de medición de lectura cuando el primer proceso de lectura y el segundo proceso de lectura son diferentes.

Es de importancia práctica ante todo que el número de fotones OSL emitidos (es decir, la intensidad de la emisión) depende del número de portadores de carga almacenados, del número de fotones de lectura irradiados (determinados por la duración y la intensidad) y de las propiedades específicas de la sustancia (por ejemplo, espectro de lectura, difusión de carga en la banda de conducción, procesos parásitos en la sustancia OSL).

Si se lee una sustancia luminiscente de almacenamiento óptico cargada y se registra la intensidad emitida a lo largo del tiempo, se obtiene la curva de lectura. Si la intensidad y la longitud de onda del haz de luz de lectura se mantienen constantes, la curva de lectura correspondiente para una sustancia luminiscente de almacenamiento óptico que no muestra una luminiscencia residual significativa, con el tiempo disminuye de forma aproximadamente exponencial, en donde la constante de tiempo asociada depende directamente de la intensidad de lectura y de las magnitudes específicas de la sustancia. Esto se aplica en particular cuando la duración de la lectura excede la vida intrínseca de la luminiscencia del centro luminiscente, que está dada por la duración de su estado electrónico excitado.

Si una sustancia luminiscente de almacenamiento óptico presenta luminiscencia residual, la luminiscencia residual se superpone a la luminiscencia estimulada ópticamente y la intensidad en la curva de lectura puede incluso aumentar inicialmente.

Por lo tanto, la forma de la curva de lectura de cada proceso individual depende del número de portadores de carga almacenados, la intensidad y la duración de la luz de lectura, así como de las propiedades específicas de la sustancia.

Si preferiblemente un primer impulso de luz de una longitud de onda determinada lee durante su duración de impulso con la intensidad correspondiente la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico, entonces los portadores de carga almacenados se reducen correspondientemente y una parte de estos portadores de carga genera la luminiscencia emisora durante la relajación en los centros luminiscentes. Por lo tanto, el impulso siguiente de la secuencia de medición lee la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico, en la que ya hay menos portadores de carga almacenados.

Por lo tanto, si se considera un par de procesos de un primer proceso y uno posterior, el resultado de la medición obtenida a través del proceso posterior depende de la historia previa impresa por el primer proceso. Preferiblemente, el par de procesos es un par de impulsos. En el par de impulsos, los impulsos de luz pueden tener propiedades iguales o diferentes.

Si el impulso posterior tiene las mismas propiedades que el primer impulso, entonces (debido al número reducido de portadores de carga almacenados en comparación con el primer impulso) la luminiscencia emitida es menor. Una secuencia de medición de una secuencia de impulsos individuales iguales en la señal de medición da lugar a una curva de lectura en la que el extremo de la envolvente desciende casi exponencialmente (en las condiciones en que la duración intrínseca de la sustancia y de la posible luminiscencia residual son cortas en comparación con la duración del impulso). La rapidez con la que la envolvente de la curva de lectura desciende por debajo de esta secuencia de medición es específica de la sustancia.

Sin embargo, el impulso siguiente puede diferir en sus propiedades del primer impulso, pudiendo ser mayor, igual o menor en cada caso la intensidad luminiscente medida en el impulso siguiente que en el primer impulso:

1. La longitud de onda es diferente. Tal impulso se dirige a otro punto del espectro de lectura con otras eficiencias de lectura y, por lo tanto, verifica propiedades específicas de la sustancia. La curva de lectura bajo una secuencia de medición que utiliza impulsos de diferentes longitudes de onda generalmente difiere significativamente de la curva de lectura bajo una secuencia de medición de impulsos iguales.

2. La intensidad del impulso posterior difiere de la del primer impulso, por lo que la intensidad de luminiscencia provocada por el impulso posterior difiere en general de la del primer impulso. Una secuencia de medición de impulsos de diferente intensidad difiere generalmente de forma significativa de la curva de lectura bajo una secuencia de medición de impulsos iguales.

3. La duración del impulso posterior difiere de la del primer impulso, por lo que la distribución temporal de la luminiscencia durante el impulso posterior difiere de la distribución temporal de la luminiscencia durante el primer impulso. Una secuencia de medición de impulsos de diferentes duraciones generalmente difiere de forma significativa de la curva de lectura bajo una secuencia de medición de pulsos iguales.

4. La forma de impulso del impulso siguiente difiere de la del primer impulso. Este es un parámetro particularmente efectivo cuando el curso del tiempo de los impulsos de lectura individuales es asimétrico (por ejemplo, aumento contra disminución de la intensidad).

5. El primer impulso y el siguiente difieren en varias propiedades, especialmente en longitud de onda e intensidad. A este respecto, la intensidad de luminiscencia medida en el impulso siguiente puede ser mayor, igual o menor que la del primer impulso.

En formas de realización especiales pueden usarse diferentes procesos de lectura, preferiblemente diferentes impulsos de lectura,

- que muestran, en cada caso, un efecto conocido e interrelacionado sobre la señal luminiscente para la característica específica de la sustancia OSL, y/ o

- que presentan un efecto coordinado para la característica particular de una sustancia OSL especial en cuestión, de modo que se genera una firma característica en la serie temporal de la señal luminiscente, y/ o que presentan un efecto intercambiable en su orden sobre la señal luminiscente, en particular para la característica especial de una sustancia OSL especial.

Al elegir los procesos de lectura, de preferencia impulsos de lectura, se pueden perseguir varios objetivos:

Las longitudes de onda de los impulsos de lectura pueden ajustarse de tal manera al espectro de lectura de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico, para obtener una velocidad de lectura óptima o una intensidad de señal. También se pueden seleccionar longitudes de onda específicas que no generen una señal de lectura o que solo produzcan una luminiscencia clásica sin interacción significativa con el sistema de almacenamiento. Esto es especialmente relevante cuando no se utiliza una sola característica de autenticidad, sino un conjunto completo de diferentes características de autenticidad para la codificación. La evaluación de la autenticidad se ajustará en consecuencia.

Secuencia de consulta adecuada

Para generar secuencias de consulta adecuadas, se seleccionan secuencias de procesos de lectura, preferiblemente impulsos de lectura, que permiten una verificación específica de las propiedades de memoria características de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico. Esto se realiza mediante una evaluación adecuada de la curva de lectura generada en cada caso por la secuencia de medición, dado el caso para cada canal de detección individualmente o también para dos o varios canales de detección conjuntamente. Adicionalmente pueden evaluarse los datos de medición con respecto a otras propiedades de la sustancia, por ejemplo propiedades de los espectros de excitación o de emisión, la duración de la luminiscencia o las intensidades.

Las variaciones en las secuencias de consulta tienen la ventaja de una determinación más precisa de la dinámica temporal específica de la sustancia y, por lo tanto, dificultan la falsificación de la característica de autenticidad.

En una primera realización, la secuencia de consulta se compone de al menos un proceso de lectura y no se realiza ninguna excitación de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico con al menos una etapa de preparación.

En otra realización, la aplicación de al menos una secuencia de consulta a la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico se realiza sin preparación previa de un estado inicial definido de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico.

En una segunda realización, la secuencia de consulta comprende al menos un proceso de lectura que comprende al menos una lectura continua modulada con el tiempo por intensidad.

En una realización preferida, la secuencia de consulta comprende al menos un proceso de lectura que comprende al menos un impulso de lectura.

En particular, preferiblemente, un proceso de lectura comprende al menos dos, aún más preferiblemente de tres a dieciséis impulsos de lectura.

En una tercera modalidad preferida, el procedimiento comprende dos secuencias de consulta que comprenden en cada caso al menos un primer proceso de lectura y un segundo proceso de lectura, en particular preferiblemente de tres a cinco secuencias de consulta.

En otra realización preferida, las secuencias de consulta se llevan a cabo de forma secuencial o paralela o superpuesta en el tiempo. Preferiblemente, las secuencias de consulta comprenden al menos un impulso, de manera aún más preferida de tres a dieciséis impulsos.

En una cuarta realización preferida se llevan a cabo varias secuencias de consulta en diferente orden. Preferiblemente, las secuencias de consulta tienen lugar una tras otra o de forma simultánea o superpuesta en el tiempo.

- 5 De manera especialmente preferida, la segunda secuencia de consulta se realiza después de la primera secuencia de consulta o las secuencias de consulta se llevan a cabo en el orden uno, dos, tres.

En otra realización preferida, el segundo proceso de lectura tiene lugar en orden cronológico después del primer proceso de lectura.

- 10 De manera especialmente preferida, cada proceso de lectura comprende al menos dos impulsos de lectura, de manera especialmente preferida, el primer impulso tiene lugar en orden cronológico antes del segundo impulso. Esto da lugar a diferentes niveles de estimulación.

- 15 En una realización preferida alternativa, las secuencias de consulta comprenden un tercer y cuarto proceso de lectura.

- En particular, preferiblemente, el tercer proceso de lectura se realiza en orden cronológico después del primer proceso de lectura y el cuarto proceso de lectura se realiza en orden cronológico después del segundo proceso de lectura, comprendiendo los procesos de lectura preferiblemente al menos un impulso, aún más preferiblemente de tres a ocho impulsos.

- 20 En una quinta realización preferida, las secuencias de consulta se llevan a cabo en diferentes longitudes de onda de los procesos de lectura y/ o detección de la emisión óptica, comprendiendo los procesos de lectura preferiblemente al menos un impulso, aún más preferiblemente de tres a ocho impulsos.

- 25 En una modalidad preferida se producen secuencias de consulta en las que al menos un primer proceso de lectura y un segundo proceso de lectura se diferencian en al menos la forma espectral, es decir, la aplicación espectral de la luz del proceso de lectura o del proceso de carga, comprendiendo los procesos de lectura preferiblemente al menos un impulso, aún más preferiblemente de tres a ocho impulsos.

- 30 En una modalidad preferida alternativa se producen secuencias de consulta en las que al menos un primer proceso de lectura y un segundo proceso de lectura presentan al menos dos longitudes de onda de lectura separadas espectralmente, comprendiendo los procesos de lectura preferiblemente al menos un impulso, aún más preferiblemente de tres a ocho impulsos.

- 35 En una sexta realización preferida se llevan a cabo varias secuencias de consulta que difieren en su aplicación local.

- 40 En una séptima realización preferida se producen varias secuencias de consulta en donde al menos un primer proceso de lectura y un segundo proceso de lectura se diferencian en la intensidad, en la forma de impulso y/ o en el intervalo entre impulsos del proceso de lectura, comprendiendo los procesos de lectura preferiblemente al menos un impulso, aún más preferiblemente de tres a ocho impulsos.

- 45 De manera especialmente preferida, las secuencias de consulta se componen de más de dos impulsos de lectura individuales, preferiblemente más de cinco impulsos individuales, presentando los impulsos individuales preferiblemente en cada caso una duración de impulso de menos de 1 ms, preferiblemente menos de 0,1 ms y de manera especialmente preferida menos de 20.

- 50 En una primera modalidad, la secuencia de consulta se compone de impulsos de lectura iguales. El impulso de lectura, que está determinado por la longitud de onda, la intensidad y el curso temporal (duración del impulso y duración del intervalo entre impulsos o duración del impulso y frecuencia de repetición), se ejecuta varias veces seguidas.

- 55 En una segunda modalidad preferida, la secuencia de consulta se compone de al menos dos impulsos de lectura diferentes, que se ejecutan en cada caso repetidamente en una secuencia determinada. Los al menos dos impulsos de lectura están determinados en cada caso por la longitud de onda del parámetro, la intensidad, la duración del impulso y la duración de intervalo entre impulsos y los al menos dos impulsos difieren en al menos uno de estos parámetros.

- 60 En otra modalidad se determina al azar la secuencia de los impulsos de lectura.

En otra modalidad, la secuencia de los impulsos está predeterminada arbitrariamente de forma fija.

- 65 En una modalidad preferida, los al menos dos impulsos se alternan repetidamente en la secuencia de consulta.

En otra modalidad preferida, en la secuencia de consulta, cada impulso de lectura se realiza al menos dos veces antes de cambiar a otro impulso.

5 En otra modalidad preferida, la secuencia de consulta está compuesta por al menos dos grupos con una realización en cada caso al menos doble de uno de los al menos dos impulsos de lectura, consistiendo los grupos sucesivos en diferentes impulsos de lectura.

10 En una modalidad especialmente preferida, la secuencia de consulta se compone de al menos dos impulsos de lectura diferentes, que se diferencian en cada caso al menos en sus longitudes de onda, que además en cada caso están sintonizados entre sí en sus intensidades y duraciones de impulso de tal manera que son intercambiables en su efecto sobre la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico seleccionada en el marco de la precisión de medición.

15 Preferiblemente, las al menos dos longitudes de onda están seleccionadas de tal manera que la primera longitud de onda está cerca del máximo de una banda del espectro de lectura y al menos una segunda longitud de onda está desplazada con respecto a la primera longitud de onda por al menos una anchura de semivida de esta banda.

20 En particular, se prefiere que la longitud de onda del primer y al menos de un segundo impulso de lectura se dirija a diferentes bandas del espectro de lectura. Para la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico seleccionada como característica de autenticidad, los dos impulsos de lectura están invertidos en la secuencia de consulta, lo que se utiliza para la comprobación de autenticidad. En una primera modalidad, la secuencia de consulta en estas condiciones se construye a partir de una secuencia alterna de los dos impulsos de lectura.

25 En una segunda modalidad preferida, la secuencia de consulta está compuesta por al menos dos grupos con una realización en cada caso al menos doble de uno de los dos impulsos de lectura, consistiendo los grupos sucesivos en diferentes impulsos de lectura.

30 En una tercera modalidad, el orden de los impulsos de lectura en la secuencia de consulta se determina arbitrariamente.

35 En otra modalidad, la secuencia de consulta se compone de al menos dos impulsos de lectura diferentes, que se diferencian en al menos uno de los parámetros de longitud de onda, intensidad y duración del impulso, repitiéndose n veces el primero de los al menos dos impulsos de lectura con una primera frecuencia de m veces y el al menos segundo de los dos impulsos de lectura con una segunda frecuencia que difiere de la primera, siendo n y m números enteros mayores de tres.

40 En una modalidad preferida, los al menos dos impulsos de lectura no se solapan en ninguna de las repeticiones, en una modalidad alternativa, los al menos dos impulsos se solapan al menos parcialmente en al menos una parte de las repeticiones dentro de la secuencia de consulta.

45 En una segunda modalidad preferida, la secuencia de consulta se compone de al menos dos impulsos de lectura diferentes, que se diferencian al menos en su duración de impulso. A este respecto, se prefiere que la duración de impulso del primer impulso de lectura sea al menos dos veces más larga que la del al menos segundo impulso y, en particular, que la duración de impulso del primer impulso de lectura sea al menos diez veces más larga que la del al menos segundo impulso.

50 En una modalidad, el primer impulso de lectura alterna con al menos un grupo de al menos cinco repeticiones de otro de los al menos dos impulsos de lectura, pudiendo formar el comienzo el impulso individual largo o el grupo de impulso. Preferiblemente, la duración de impulso del primer impulso se adapta a la suma de las duraciones de impulso de los impulsos de lectura del siguiente grupo a partir de al menos cinco repeticiones de otro de los al menos dos impulsos de lectura.

55 En otra modalidad, los primeros impulsos de lectura y los al menos segundos impulsos de lectura se solapan al menos parcialmente en al menos una parte de las repeticiones dentro de la secuencia de consulta.

En otra modalidad, la secuencia de consulta comprende al menos un tercer o un cuarto proceso de lectura, preferiblemente cuatro o más impulsos de lectura, en particular preferiblemente al menos ocho o al menos diez.

60 En una modalidad alternativa, la secuencia de consulta comprende un tercer impulso de lectura que tiene lugar en orden cronológico después del primer impulso de lectura y un cuarto impulso de lectura que tiene lugar en orden cronológico después del segundo impulso de lectura, preferiblemente los impulsos de lectura se realizan en cada caso repetidamente en un orden establecido, de manera especialmente preferida se realiza una repetición al menos doble de los dos grupos de impulsos de lectura en cada caso.

En otra modalidad alternativa, a través del primer, segundo, tercer valor de medición de lectura y/ o cuarto valor de medición de lectura se registra un espectro de emisión, una intensidad, una longitud de onda y/ o un tiempo de relajación de la emisión de la sustancia luminiscente de almacenamiento.

5 Espectros de lectura adecuados

En una primera realización, el espectro de lectura de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico seleccionado está estructurado, preferiblemente contiene al menos una banda cuyo máximo se encuentra en el intervalo de 400 nm a 2000 nm y en particular preferiblemente esta al menos una banda en su flanco más plano presenta como máximo una anchura de valor medio (determinada como HWHM, half width half maximum o anchura media a media altura) de 250 nm.

En otra realización preferida, el espectro de lectura de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico seleccionado presenta más de una banda en el intervalo de 400 nm a 2000 nm, siendo especialmente preferido que las anchuras de valor medio de las bandas (determinadas como FWHM, full width at half maximum o de anchura a media altura) sean de como máximo a 500 nm.

En un desarrollo de la invención, el espectro de emisión del fluoruro de almacenamiento óptico se encuentra en el intervalo de 300 nm a 2000 nm.

En una realización preferida, el espectro de emisión de la sustancia luminiscente de almacenamiento no coincide completamente con el espectro de lectura de la sustancia luminiscente de almacenamiento.

Segundo aspecto principal: Aplicar al menos una secuencia de consulta

Para cargar universalmente diferentes miembros de una serie temporal de características, se puede utilizar una fuente de luz de emisión de banda ancha (lámpara de flash). La eficiencia de carga de una sustancia con respecto a la iluminación de banda ancha es típicamente diferente de la eficiencia de la iluminación de banda estrecha (por ejemplo, a través de una línea láser). Una iluminación de banda ancha puede compensar desplazamientos espectrales, que están condicionados por el diseño de la sustancia o la selección de la sustancia. De este modo, se pueden equiparar las sustancias en una excitación de banda ancha, que se pueden separar bajo iluminación de banda estrecha (por ejemplo, porque se produce una transición específica para una sustancia).

El espectro de carga describe la distribución espectral de la eficiencia de los procesos de carga. La eficiencia de almacenamiento varía con la longitud de onda. El espectro de carga se encuentra generalmente en la parte de alta energía del espectro de excitación de la fotoluminiscencia. En este caso, el espectro de carga y el espectro de excitación pueden presentar diferentes desarrollos (Liu, Sei. Rep. 3, 1554; DOI:10.1038/ srep01554 (2013)).

En particular, hay típicamente una longitud de onda límite a partir de la cual una sustancia ya no se carga significativamente, pero se estimula sustancialmente para producir fotoluminiscencia. Si, por ejemplo, se seleccionan dos procesos de carga de tal manera que un proceso de iluminación en la primera longitud de onda produce una carga eficiente mientras que en la segunda longitud de onda el sistema OSL no está involucrado, esto se puede utilizar en una secuencia de medición para la comprobación de la autenticidad: de forma análoga a la relación entre la eficiencia de lectura y la curva de lectura, la eficiencia de carga espectral se puede comprobar con la ayuda de la curva de carga o una curva de lectura compleja con la ayuda del efecto de los diferentes procesos de carga. Si se seleccionan los parámetros de dos procesos de recarga de modo que ejerzan el mismo efecto solo sobre una sustancia específica, se podrá utilizar la conmutatividad específica resultante de los procesos de recarga para la evaluación de la autenticidad de dicha sustancia.

En una realización preferida, la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico se ajusta con al menos una secuencia de carga y/ o al menos una etapa de preparación de una emisión de valor umbral. La emisión de valor umbral se puede ajustar ajustando la secuencia de carga o la cantidad de carga. En el caso de la emisión de valor umbral, la emisión de la sustancia OSL muestra preferiblemente una señal de salida definida, en particular una intensidad definida de la emisión óptica bajo un proceso de lectura definido. De este modo se pueden alcanzar estados iniciales definidos preparados de las sustancias OSL, de modo que estas puedan compararse entre sí y, por lo tanto, diferenciarse.

Dos sustancias también se pueden separar debido a diferentes velocidades de carga. En una modalidad se emplean para ello secuencias de carga que contienen varios procesos de carga, preferiblemente varios impulsos de carga. A partir de las señales de lectura correspondientes se determina la velocidad de carga de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico. Las señales de lectura corresponden a la serie temporal de emisiones o a la serie temporal de emisiones o a la serie temporal de valores de lectura.

En una primera realización, la etapa a) comprende dos secuencias de carga, que comprenden en cada caso al menos un primer proceso de carga y un segundo proceso de carga.

En otra realización preferida, las secuencias de carga se llevan a cabo de forma secuencial o paralela o superpuesta en el tiempo. Preferiblemente, las secuencias de carga comprenden al menos un impulso, de manera aún más preferida de tres a ocho impulsos.

- 5 En otra realización, una secuencia de carga comprende al menos un primer proceso de carga un segundo proceso de carga, que tiene lugar temporalmente después del primer proceso de lectura.

En una realización alternativa, una secuencia de carga comprende al menos un tercer o un cuarto proceso de carga, preferiblemente al menos de cuatro a veinte, en particular preferiblemente de ocho a dieciséis.

- 10 En una segunda realización, una secuencia de carga comprende al menos un proceso de carga que se diferencia de otro proceso de carga en la longitud de onda, en la intensidad, en la duración del impulso, en la duración del intervalo de impulso y/ o en la longitud de onda.

- 15 En una realización preferida, un proceso de carga comprende al menos una carga continua modulada con el tiempo en intensidad. Como resultado, se producen fluctuaciones temporales en la intensidad de la excitación de carga, es decir, se produce una carga no discreta.

- 20 En otra realización preferida, un proceso de carga comprende al menos un impulso de carga, en particular preferiblemente dos o más impulsos de carga, de manera aún más preferida de tres a ocho o de cuatro a veinte.

En otra modalidad se aprovechan diferentes duraciones de impulso de los impulsos de carga para estimar la rapidez con la que se carga una característica en las condiciones de iluminación dadas.

- 25 En las mediciones de todas estas modalidades se puede utilizar directamente la señal que se genera durante el impulso de carga. Además, se puede utilizar un impulso de lectura o varios impulsos de lectura diferentes como proceso de muestreo para comprobar la eficiencia de la carga.

- 30 La figura 2 muestra diferentes velocidades de carga de tres sustancias (sustancia I, sustancia II, sustancia III). El crecimiento de la señal bajo impulsos de lectura (impulsos cortos) se considera cuando la sustancia se carga repetidamente (impulsos más largos). En la secuencia correspondiente, un impulso de lectura genera primero una señal, seguida de un impulso de carga.

- 35 Este par de impulsos se repite diez veces, donde el impulso de lectura mide el efecto del impulso de carga precedente. De este modo, a partir de los máximos de los impulsos de lectura se crea una curva evaluable para la velocidad de carga de estas sustancias. Aquí se aprecian diferencias claras en el efecto de los impulsos de carga sobre las sustancias I, II o III: Mientras que los impulsos de carga no muestran un efecto significativo sobre la sustancia I, para la sustancia II se observa un aumento significativo de la intensidad de la emisión óptica en respuesta al proceso de lectura correspondiente en cada caso. Con una evaluación cuantitativa adecuada, las sustancias II y III también pueden distinguirse entre sí por su comportamiento de carga.

Tercer aspecto principal: Aplicación de secuencias de consulta y carga

- 45 Mediante la mezcla de secuencias de carga y consulta se pueden obtener curvas de lectura más complejas. Esto tiene la ventaja de una mayor seguridad, ya que esta mezcla de secuencias de carga y consulta es difícil de reajustar.

- 50 Para absorber influencias externas adicionales, mediante una secuencia de carga adecuada una sustancia luminiscente de almacenamiento óptico puede llevarse a una situación en la que estas influencias son apenas significativas.

- 55 En una realización preferida se emplea para ello una secuencia adecuada de impulsos de lectura y de carga hasta que, por medio de una señal, por ejemplo, debajo de un impulso de lectura, se constata que se ha superado un umbral. Esto permite establecer señales de salida definidas. De este modo se puede conseguir una comparabilidad de las sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico.

- 60 En otra realización preferida se puede emplear una llamada secuencia de termalización de varias secuencias de carga y consulta (por ejemplo, también aleatorizada) para destruir la coherencia de la memoria, de modo que ya no se puede elucidar por medio de una prueba adicional a qué secuencia de medición estaba sujeta la característica especial antes de esta secuencia de termalización.

Por lo tanto, aquí se encuentra típicamente una sustancia OSL parcialmente vaciada, en contraste con situaciones específicamente preparadas o incluso singulares.

- 65 En una realización preferida, el procedimiento comprende otra etapa h., en donde se aplica al menos una secuencia de termalización a la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico.

En una primera realización, se aplican varias secuencias de consulta y varias secuencias de carga a la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico.

5 En una realización preferida tiene lugar una secuencia repetida y/ o en cada caso alternante del al menos un proceso de carga y del al menos un proceso de lectura, en particular preferiblemente los procesos comprenden en cada caso al menos un impulso, es decir, primer impulso de carga, primer impulso de lectura.

10 En otra realización preferida se producen más de dos secuencias y se prefiere especialmente el orden: Proceso de carga/ proceso de lectura/proceso de carga/ proceso de lectura, en particular preferiblemente los procesos comprenden en cada caso al menos un impulso.

15 En una realización alternativa preferida se realiza al menos una repetición (aleatoria) 2 veces de los procesos de carga/procesos de lectura, en particular preferiblemente los procesos comprenden en cada caso al menos un impulso.

En otra modalidad se puede buscar en una secuencia la combinación de impulsos de carga y de lectura, bajo la cual la señal de emisión se hace estacionaria. Esto permite consultar diferentes velocidades de carga.

20 Evaluación y prueba de autenticidad

25 Dependiendo de la secuencia de carga o consulta utilizada, se obtiene una serie temporal de valores de lectura que se evalúa para la comprobación de la autenticidad. Dependiendo de cómo se comporte la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico seleccionada bajo una secuencia de carga o de consulta determinada y de las propiedades que deba abordar esta secuencia para la comprobación de la autenticidad, deben evaluarse diferentes aspectos de la serie temporal de valores de medición de lectura. También se puede aplicar diferentes características de autenticidad a varias secuencias de consulta.

30 A partir de una serie temporal de valores de lectura se puede crear una curva de lectura. Mediante la determinación de la forma de la curva de lectura o mediante la determinación de parámetros, preferiblemente con respecto a calibraciones de intensidad absolutas, parámetros invariables de escala, que describen el desarrollo temporal de la curva y la comparación del desarrollo de la curva o de los parámetros determinados con los resultados esperados para sustancias luminiscentes de almacenamiento de referencia conocidos, es posible el reconocimiento de la autenticidad de una sustancia luminiscente de almacenamiento óptico.

35 Para sustancias luminiscentes de almacenamiento de referencia conocidas, las series temporales de medición de lectura de referencia o las series temporales de series de medición de lectura de referencia se almacenan en, por ejemplo, tablas de búsqueda. Mediante una comparación de la forma de la curva de lectura detectada o de los parámetros detectados se realiza una asignación de las sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico con ayuda de la tabla de búsqueda. De este modo se pueden distinguir sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico y se puede realizar una evaluación de la autenticidad de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico.

40 Se prefieren especialmente métodos de evaluación que para la evaluación de la autenticidad no requieran un estado inicial definido de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico.

45 Prueba de autenticidad:

a) Forma de la curva de lectura

50 Para demostrar la autenticidad, la forma de la curva de lectura se puede evaluar directamente comparándola con una especificación o un estimador.

b) Parámetros que describen el desarrollo temporal de la curva. Los parámetros que se evalúan preferiblemente son la relación de las intensidades de señal, en particular al principio y al final de la secuencia de impulsos, el valor medio de las intensidades de señal de impulsos seleccionados, en particular en el caso de secuencias alternas, o la relación de vaciado, que está dada por la diferencia de la intensidad de señal al principio y al final de la secuencia, en particular en relación con la intensidad de señal al principio de la secuencia. Además, los parámetros preferidos son las diferencias de valores de medición de lectura consecutivos directamente o consecutivos en un intervalo de tiempo mayor. Además, los parámetros preferidos son las diferencias relativas de valores de medición de lectura consecutivos directamente, o a mayor distancia temporal.

60 Preferiblemente, mediante la serie temporal de valores de tiempo de medición de lectura de al menos dos valores de medición de lectura se registra una relación de intensidad del primer valor de medición de lectura con respecto al segundo y/ o eventualmente siguiente valor de medición de lectura de la sustancia luminiscente de almacenamiento, para determinar así la velocidad de lectura de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico. Puede formarse

la relación de intensidad en diferentes momentos y usarse como medida del comportamiento temporal característico de la luminiscencia.

En la detección espectral multicanal se pueden determinar además relaciones de intensidad de diferentes bandas de emisión y el comportamiento temporal respectivo bajo la secuencia de medición dada.

Además de toda la curva de lectura, también se puede observar cada impulso. El comportamiento de excitación o relajación de un solo impulso proporciona información característica sobre el comportamiento en el tiempo del centro luminiscente, así como la luminiscencia residual que se pueda producir.

La figura 3 muestra el desarrollo de la señal normalizada bajo un par de impulsos (primero impulso "rojo" seguido de impulso "NIR") junto con la adaptación exponencial de la señal de medición a la parte de la curva de lectura en la que en cada caso el impulso de lectura se ha apagado y la señal ha disminuido sustancialmente. A partir de estos datos se puede utilizar como una medida adicional del exponente de la adaptación.

Preferiblemente, el tiempo de relajación de la emisión de un solo impulso a un primer proceso de lectura es tan largo que la emisión causada por el primer proceso de lectura se superpone a la emisión causada por el segundo proceso de lectura.

Alternativamente, preferiblemente, el tiempo de relajación de la emisión de un impulso individual a un primer proceso de lectura es tan corto que la emisión causada por el primer proceso de lectura ya ha disminuido sustancialmente al comienzo del segundo proceso de lectura.

Además, a partir de la curva de lectura también se puede determinar la duración de la luminiscencia intrínseca o la luminiscencia persistente (luminiscencia residual). En particular, en los casos en que la duración de la luminiscencia (o la duración de la luminiscencia residual) es mayor que el intervalo entre impulsos, la curva de lectura adopta formas inusuales con intensidades crecientes inicialmente acumulativas.

Para la comprobación de autenticidad se determina cuantitativamente una propiedad de memoria característica a partir de los parámetros que describen el desarrollo temporal de la curva, la relación de las intensidades de señal, el valor medio de las intensidades de señal o la relación de vaciado.

Para una característica de autenticidad, estas propiedades dependen del tipo de medición. Debido al estrecho entrelazamiento de la secuencia de medición y el tamaño característico, se obtiene una mayor seguridad, ya que para un reajuste exitoso es necesario conocer la composición de las características y la secuencia de medición utilizada (con secuencias temporales y parametrizaciones).

Ejemplos de características de memoria son:

- Velocidad de lectura (¿Cómo de rápido se agotan las reservas de energía?) En la sustancia OSL, este parámetro describe cómo de rápido puede leerse una sustancia o bien cómo de rápido se vacían las reservas de energía almacenadas. Se puede describir como una disminución relativa de la luminiscencia ópticamente estimulada de impulso de lectura a impulso de lectura o como una derivación de la curva de lectura. Si se compara la velocidad de lectura de dos sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico bajo la misma secuencia de medición, se obtienen diferencias en las propiedades intrínsecas de las sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico, como su capacidad de estimulación en estas condiciones, las propiedades de transporte de carga o las diferentes probabilidades de que los portadores de carga estimulados se capturen en (otros) centros de captura.

- Velocidad de carga (¿Cómo de rápida es la carga?) En la sustancia OSL este parámetro describe cómo de rápido o con qué eficacia puede cargarse una sustancia. Se puede describir como un aumento relativo de la luminiscencia ópticamente estimulada de impulso de carga a impulso de carga o como una derivación de la curva de carga. Si se compara la velocidad de carga de dos sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico bajo la misma secuencia de medición, se obtienen diferencias en las propiedades intrínsecas de las sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico.

- Profundidad de la memoria (¿Cuánto tiempo puede haber pasado un evento en el pasado para influir significativamente en el resultado de una medición?) Esto se puede hacer aplicando repetidamente una secuencia de medición, que en ciertos momentos se reemplaza por otro evento de medición excelente, por ejemplo, un impulso de lectura fuerte. En una modalidad preferida, la profundidad de memoria es pequeña (2 ciclos), de modo que la curva de lectura depende en lo posible solo de la historia previa inmediata.

- Reglas de intercambiabilidad (¿Se sobrescribe o modifica una información por otra?) Para la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico, los impulsos de lectura se determinan de tal manera que su efecto sea diferenciable o preferiblemente similar al definido. La diferenciable o similitud puede determinarse mediante una medida de la diferenciable (medida de la intercambiabilidad). Tal medida describe cómo cambia la curva

de lectura cuando se invierte la secuencia de dos impulsos de lectura en la secuencia de medición correspondiente.

5 En una modalidad, el impulso considerado se compara con un valor estimado que resulta del impulso adyacente mediante procedimientos adecuados (como la aproximación lineal o la formación de valores medios). En otra modalidad, el impulso considerado se compara con una estimación resultante de una medición adicional.

10 En una modalidad alternativa se prefieren sistemas (sustancia luminiscente de memoria, impulsos de lectura y secuencias de medición) con diferenciabilidad definida, en otra modalidad preferida se prefieren sistemas en los que se cumple la intercambiabilidad.

- Continuidad de la memoria (¿Pueden aparecer lagunas en la memoria continua?)

15 En el caso de una sustancia luminiscente de almacenamiento óptico como característica de autenticidad, esta magnitud describe si en caso de una interrupción temporal de una secuencia de medición por lo demás uniforme se produce una curva de lectura que podría estar compuesta continuamente por las dos piezas antes y después de la interrupción. Si pueden unirse los trozos parciales antes y tras la interrupción de manera continua, se designa la memoria como continua y de esta secuencia de medición. Si en una composición de este tipo se producen etapas en la curva de lectura, la memoria bajo esta secuencia de medición se denomina no continua, caracterizándose también el tipo y la forma de la etapa (señal demasiado grande o demasiado pequeña en comparación con la señal nominal, ascendente o decreciente). Una posible medida de continuidad compara directamente tras la interrupción la continuidad estimada de la curva de lectura con la realmente medida bajo la secuencia de medición dada.

25 En una modalidad especialmente preferida se seleccionan las sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico, los impulsos de lectura y la secuencia de medición de modo que la memoria de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico seleccionada es continua esencialmente bajo los impulsos de lectura y las secuencias de medición seleccionadas.

30 • Persistencia (¿Cómo de estable es la memoria con el tiempo? ¿La memoria se extingue?) En las sustancias OSL se modifica la ocupación de captura con el tiempo (el denominado “fading”), dado que las trayectorias de relajación no radiantes también están accesibles a temperatura ambiente. Como procedimiento de medición posible, después de un impulso de carga se puede variar el tiempo de espera hasta el primer impulso de la secuencia de medición siguiente. De la comparación de las curvas de selección para distintos tiempos de espera pueden determinarse medidas adecuadas de la persistencia como la persistencia de intensidad (estabilidad del máximo de señal de la curva de selección con respecto al tiempo de espera) o persistencia de velocidad (estabilidad de la velocidad de selección con respecto al tiempo de espera).

40 En una modalidad, se seleccionan sustancias OSL e impulsos de carga que garantizan una larga persistencia de la memoria para desacoplar temporal y espacialmente la carga y la lectura.

En una segunda modalidad, se seleccionan características de autenticidad e impulsos de carga que garantizan una breve persistencia de la memoria para acoplar la carga y la lectura en el tiempo y en el espacio, lo que hace necesaria una mecanización.

45 En otra realización preferida se han seleccionado sustancias OSL e impulsos de carga de modo que la persistencia de la memoria se ha adaptado a la velocidad de procesamiento, es decir, que la persistencia de la memoria se ha ajustado de modo que la memoria es estable a partir de un tiempo de espera de 50 μ s, de manera especialmente preferible a partir de un tiempo de espera de 20 μ s, tras la carga para una secuencia de medición fija.

50 • Sensibilidad (¿Cómo varía la memoria con los parámetros de un estímulo?) En una sustancia OSL, la eficiencia de la medición cambia con la longitud de onda, es decir, hay un espectro de lectura o de carga. Alternativamente, también se puede medir la dependencia de la luminiscencia ópticamente estimulada de la intensidad de lectura.

55 En una modalidad se eligen sustancias OSL que presentan un espectro de lectura con al menos una estructura espectral pronunciada que está configurada de manera variable en la eficiencia de estimulación con la longitud de onda, presentando el espectro de lectura al menos un mínimo local en el que la eficiencia de estimulación se reduce en al menos un 10 % en comparación con los máximos de flanco.

60 En una modalidad preferida, la eficiencia de estimulación se reduce en al menos un 30 % en comparación con los máximos de flanco, en donde un mínimo local significa que la intensidad aumenta a partir de esto hacia longitudes de onda más grandes y más pequeñas.

65 En una segunda modalidad se eligen sustancias OSL que presentan un espectro de carga con al menos una estructura espectral pronunciada, que está configurada de manera variable en la eficiencia de carga con la longitud de onda, presentando el espectro de lectura al menos un mínimo local, en el que la eficiencia de carga se reduce en al menos un 10 % en comparación con los máximos de flanco.

Normas de asociación: La asociatividad describe cómo los diferentes procesos de medición influyen en la memoria durante la acción simultánea o consecutiva en comparación con la situación en la que solo actúa uno de los procesos de medición. Por ejemplo, la emisión de luz de una sustancia luminiscente de almacenamiento óptico depende de si dos procesos de medición diferentes, que se pueden leer, se llevan a cabo uno tras otro o se superponen en el tiempo.

- Intensidad de memoria: La intensidad de la memoria describe la medida en que un proceso de medición influye en uno posterior. Para un sistema de características con memoria, se puede definir una eficiencia η , $S(P1) = \eta S(P1 \circ P1)$, que también se puede considerar como una función de otros parámetros. Para un sistema sin memoria, $\eta=1$. También son posibles mediciones más complejas de la intensidad de memoria, por ejemplo, comparando procesos no consecutivos, sino más distantes. Si se repite n veces $P1$ (denominado $P1^n$), el resultado es $S(P1) = \eta_n S(P1^n)$ o con normalización $nS(P1) = \eta_n S(P1^n)$. En lugar de utilizar directamente los valores de medición de un proceso de medición, los valores de medición de varios procesos de medición también se pueden calcular previamente (por ejemplo, como promedio). Esto puede ser especialmente útil si se va a utilizar una secuencia de proceso de medición excelente.

- Comportamiento de saturación: Para describir en qué medida el sistema cargado de memoria es saturable, se determina a través de secuencias adecuadas de procesos de medición en qué condiciones el sistema pierde su memoria, ya que en un estado de saturación el comportamiento del sistema se hace independiente de la ruta. Por lo tanto, el comportamiento de saturación describe la forma en que se alcanza el estado de saturación y, por lo tanto, la memoria no puede absorber información adicional.

- Latencia: La latencia como propiedad de memoria se refiere a la demora entre el momento en que un proceso de medición funciona y el momento en que el efecto se hace visible en el historial de medición. Esta es una propiedad de memoria importante en particular en tales casos en que las propiedades físicas se modifican a través de procesos en cascada (por ejemplo, en la luminiscencia por transferencia de energía de un sensibilizador al centro luminiscente de un luminóforo).

- Aislamiento: El aislamiento describe la estabilidad del valor de la propiedad de memoria con respecto al medio ambiente (por ejemplo, una temperatura de trabajo o campos eléctricos adyacentes para un sistema de características ópticamente estimulable o, dado el caso, con respecto al entorno químico o el acoplamiento a un baño de calor). Preferiblemente, el sistema de características está aislado del medio ambiente en el procedimiento de detección y solo puede ser influenciado por procesos de medición.

- Especificidad: La especificidad describe cómo funcionan los procesos de medición de un tipo en comparación con otro tipo. A diferencia de la sensibilidad, que describe la eficacia de un proceso de medición con parámetros variables, la especificidad compara el efecto de procesos de medición categóricamente diferentes. Por ejemplo, si un sistema de características con memoria es sensible a los estímulos ópticos y térmicos (por ejemplo, un sistema que tiene tanto luminiscencia ópticamente estimulada como termoluminiscencia), la especificidad describe cómo se comparan los dos tipos de proceso de medición en sus efectos. Por ejemplo, el cambio en los valores de medición se puede correlacionar entre procesos de medición repetidos de cada tipo. La normalización de la duración de los procesos de medición, el número de procesos de medición o la energía introducida es útil.

Biblioteca de referencia

Al sistema de protección pertenecen típicamente varias sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico, para las cuales están depositadas en cada caso varias secuencias de carga o de consulta, que están adaptadas a uno o también a varios tipos diferentes de dispositivos de medición, de modo que la prueba de autenticidad puede adaptarse en cada caso y al mismo tiempo realizarse de manera específica.

Para una sustancia luminiscente de almacenamiento óptico seleccionada se puede definir una pluralidad de secuencias de carga o de consulta para la comprobación de la autenticidad. Esto es particularmente relevante cuando se utilizan varios dispositivos de medición diferentes, que difieren, por ejemplo, en las longitudes de onda de las fuentes de luz utilizadas. También es preferible utilizar los resultados bajo una primera secuencia de carga o de consulta para la prueba de autenticidad bajo una segunda secuencia de carga o de consulta diferente de la primera (como estimador y/ o referencia, por ejemplo, para la evaluación de intercambiabilidades).

Además, se pueden definir secuencias de carga o de consulta, entre las que se reconoce realmente un grupo de sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico asociado. Por ejemplo, si se selecciona un grupo de sustancias luminiscentes de almacenamiento óptico para una moneda, en el que cada denominación contiene una sustancia luminiscente de almacenamiento óptico diferente, se pueden definir secuencias que se utilizan simultáneamente para verificar la autenticidad de todas las denominaciones y se pueden definir secuencias de carga o consulta específicas para una denominación.

Este procedimiento permite una estructuración jerárquica de la valoración de billetes, desde el aseguramiento de la calidad hasta la valoración de la autenticidad de una única emisión de una denominación o preparaciones especiales.

5 En una modalidad preferida, una biblioteca de referencia comprende secuencias que pueden utilizarse para la evaluación de la autenticidad de una sustancia luminiscente de almacenamiento óptico seleccionada con un dispositivo de medición seleccionado.

10 En otra modalidad preferida, la biblioteca de referencia comprende parámetros de medición que son adecuados para ser utilizados en pruebas de autenticidad relevantes y discriminatorias de diferentes características que pertenecen a una sustancia OSL.

15 Para la evaluación de la autenticidad de la característica de autenticidad seleccionada sobre el dispositivo de medición seleccionado se utiliza preferiblemente al menos una secuencia de carga o de consulta de esta biblioteca de referencia.

20 En particular, para la evaluación de la autenticidad de la característica de autenticidad seleccionada sobre el dispositivo de medición seleccionado se utilizan preferiblemente más de una secuencia de carga o de consulta de esta biblioteca de referencia.

En una modalidad alternativa, la biblioteca de referencia comprende tablas de consulta que son adecuadas para ser utilizadas en pruebas de autenticidad relevantes y discriminatorias de diferentes características que pertenecen a una sustancia OSL

25 Se prefieren documentos de valor con al menos una característica de autenticidad con una sustancia luminiscente de almacenamiento óptico según la invención.

30 En particular se prefieren documentos de valor que presenten varias características de autenticidad diferentes. El procedimiento para comprobar las diferentes características de autenticidad comprende varias secuencias de consulta y/o secuencias de carga diferentes.

Figuras

35 La invención se describe a continuación en relación con las figuras 1 a 12. En las figuras muestran:

La figura 1: una secuencia de medición de tres impulsos PI, P2 y P3, en donde se representan a modo de ejemplo tres formas de impulso, con forma rectangular, de impulso y de diente de sierra modificada;

40 La figura 2: diferentes velocidades de carga de tres sustancias (sustancia I, sustancia II, sustancia III);

La figura 3: La señal normalizada pasa por debajo de un par de impulsos (primero impulso "rojo" seguido de impulso "NIR") junto con un ajuste exponencial de la señal de medición;

45 La figura 4: Espectro de excitación, emisión y lectura de la sustancia I;

La figura 5: Espectro de excitación, emisión y lectura de la sustancia II;

La figura 6: El espectro de excitación, emisión y estimulación de la sustancia III;

50 La figura 7: Secuencia de medición 16(Q), lectura repetida 16 veces con impulso de lectura Q y la curva de lectura asociada para la sustancia I junto con el ajuste exponencial al extremo de la envolvente;

La figura 8: Sustancia I bajo la secuencia de alternancia de los 12 impulsos de luz roja e impulsos NIR 12(rojo NIR) y la curva de lectura.

55 La figura 9: Sustancia I el valor de la señal máxima a cada impulso para la secuencia 12(rojo NIR);

Figura 10 a-c Ejemplos de intercambiabilidad:

60 1. Serie sustancia I, 2. Serie sustancia II, 3. Serie sustancia III, Además, las amplitudes de señal máximas están marcadas para cada impulso de lectura (rombos);

Figura 10a: Secuencias de medición utilizadas 8(RR*), curvas de lectura para la sustancia I-III;

65 Figura 10b: Secuencia de medición 16R utilizada, curvas de lectura para la sustancia I-III;

Figura 10c: Secuencia de medición utilizada 16R*; curvas de lectura para las sustancias I-III;

Figura 11 Comparación de la medida de la diferenciabilidad U para la sustancia I, la sustancia I y la sustancia III calculada bajo las secuencias ((R R*), 16R y 16R*;

Figura 12 Comparación de la distancia unilateral y uniforme para la sustancia I, la sustancia II y la sustancia III como prueba de intercambiabilidad: Solo para la sustancia I, ambas dimensiones tienen valores pequeños. Por lo tanto, para la sustancia I, los impulsos de lectura R y R* también pueden intercambiarse en estas dimensiones.

Ejemplo de realización 1:

Sustancia I: Sulfuro de estroncio dopado con cobre y bismuto

Fabricación

Se mezclaron cuidadosamente 19,93 g SrCO₃, 0,03 g Bi₂O₃ y 0,01 g de CuS y se colocaron en un crisol de corindón. La mezcla se recubrió con 24 g de una mezcla 1:1 de azufre elemental y Na₂CO₃ y se cubrió con una tapa. Posteriormente, el material fue recocido durante 6 h a 900 °C. El material sinterizado se trituro y se molio en un molino vibratorio. El producto terminado está disponible después de una etapa final de templado (12 h a 550 °C). Los espectros correspondientes se representan en la figura 4.

Sustancia II: Sulfuro de estroncio dopado con europio y samario

Preparación en analogía a la sustancia I. Los espectros correspondientes se representan en la figura 5.

Sustancia III: Aluminato de estroncio dopado con europio y tulio

La preparación sigue la publicación de Katsumata, T., et al. Trap Levels in Eu-doped SrAl₂O₄ Phosphor Crystals Co-Doped with Rare-Earth Elements. J. A., Ceram. Soc. 2006, Bd. 89, 3, pp. 932-936. Los espectros correspondientes se representan en la figura 6.

Ejemplo de realización 2: Secuencia de medición, lectura repetida 16 veces con impulso de lectura Q, 16(Q)

En el primer ejemplo, la sustancia excitada I (excitación realizada con un impulso de luz azul) se lee 16 veces repetidamente con el mismo impulso de lectura (denominado "Q") y la señal que se produce se mide en el rango de 490 nm a 550 nm con un fotodiodo de avalancha a una frecuencia de muestreo de 2 MHz y se registra como una curva de lectura. Los parámetros que describen el impulso de lectura se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 1 Parámetros del impulso de lectura "rojo"

Parámetro	Impulso de lectura Q
Longitud de onda del diodo láser	638 nm
Corriente	500 mA
Duración de impulso	4 μs
Intervalo entre impulsos	6 μs

En la figura 7 se representa la secuencia de impulsos de los impulsos de lectura (eje vertical a la derecha) y la curva de lectura (eje vertical a la izquierda) frente al tiempo. El impulso de carga (diodo láser 450 nm, corriente 800 mA, duración 200 μs) se realizó fuera de los datos representados (actualmente t=0). En los datos de medición se indica adicionalmente la adaptación exponencial al extremo de envolvente a partir del 2º impulso como línea discontinua. La sustancia I presenta además una cierta luminiscencia residual que se hace visible en el aumento de la señal del primer al segundo impulso de la secuencia de impulsos. Esta luminiscencia residual se superpone con la señal OSL. Esta es una propiedad muy específica del sistema de la sustancia I descrito aquí, del dispositivo de medición, así como de la secuencia de medición utilizada, que se basa en el fuerte entrelazamiento de estos componentes del sistema de autenticidad. Esto se utiliza ventajosamente para la evaluación de la autenticidad del objeto marcado.

Para la evaluación de la curva de lectura se puede utilizar la duración obtenida de la adaptación exponencial al extremo de envolvente, en este caso este valor es de 341,3 μs. Además, se puede utilizar la relación de vaciado η, que aquí se define como la diferencia entre la intensidad de señal máxima del impulso a-ésimo al principio S(a) y del impulso b-ésimo contra el extremo de la secuencia S(b) ponderada con la suma de estas intensidades,

$$\eta = \frac{S(a) - S(b)}{S(a) + S(b)}. \text{ Para } a=2, b=15, \text{ en el caso representado, el valor es } \eta=0,198.$$

Además, para la evaluación se puede comparar la forma exacta de la curva de lectura con una curva de referencia o se pueden comparar selectivamente otros aspectos característicos de la curva como, por ejemplo, los tiempos de excitación o relajación de las intensidades de los impulsos individuales o la respectiva proporción de luminiscencia residual con valores de referencia correspondientes.

Ejemplo de realización 3: Secuencia de medición, lectura alterna 12(rojo NIR)

En este ejemplo, la sustancia cargada I se expone a la secuencia 12(rojo NIR) y la señal que se produce se mide en el rango de 500 y 550 nm: inicialmente, la sustancia se carga con el proceso W (el impulso de carga termina en el momento $t=300\text{ }\mu\text{s}$), después de un tiempo de espera (delay, 2 ms), primero se lee con el proceso rojo, luego con el proceso NIR. El tiempo de espera garantiza que no haya efectos en la señal debidos a luminiscencia residual. Otro tiempo de espera (especialmente más corto) es posible, pero da lugar a una curva de lectura diferente debido a luminiscencia residual y otros efectos de relajación. En última instancia, una secuencia de medición con un tiempo de espera diferente es otra secuencia de medición. Esta secuencia de impulsos de lectura se repite 12 veces. Los procesos se definen en la Tabla 2 y se muestran en la figura 8. A modo de ejemplo, el análisis de autenticidad se basa en varias medidas.

Tabla 2 Parámetros del impulso de carga W1 y de los impulsos de lectura “rojo” y “NIR”

	Procesos y parámetros		
	W	rojo	NIR
Longitud de onda	455 nm	638 nm	853 nm
Corriente	1000 mA	800 mA	1000 mA
Rel. Intensidad por atenuador	100 %	aprox. 40 %	100 %
Duración de impulso	80 μs	2,5 μs	2,5 μs
Intervalo entre impulsos	2 ms	11,25 μs	11,25 μs

Las propiedades de almacenamiento utilizadas en esta invención como característica de autenticidad pueden determinarse mediante la curva de lectura. Para ello se determinan, por ejemplo, los máximos de señal (o la integral de la señal para cada impulso) de los procesos rojo y NIR y se representan como serie temporal:

Como se ve en la figura 9, para cada uno de los procesos se producen curvas descendentes. Las magnitudes rojo(n) o NIR(n) indican la señal máxima, las magnitudes sum_rojo(n) o sum_NIR(n) indican la señal integrada correspondiente a la aplicación n del proceso respectivo. La tabla 3 resume algunas medidas posibles según la invención y los resultados correspondientes en este ejemplo.

Tabla 3 Ejemplos de medidas características y su evaluación para la sustancia I

	Resultado	Observaciones
$\gamma_{\text{rojo}} = \frac{\text{rojo}(1) - \text{rojo}(12)}{\text{rojo}(12)}$	0,6	Relación de vaciado para el impulso de lectura “rojo”
$\gamma_{\text{NIR}} = \frac{\text{NIR}(1) - \text{NIR}(12)}{\text{NIR}(12)}$	1,0	Relación de vaciado para el impulso de lectura “NIR”
$b = \frac{1}{11} \sum_{n=2}^{12} \frac{\text{NIR}(s)}{\text{rojo}(s)}$	1,83	Valor medio de las relaciones de intensidad de la señal de los dos procesos de lectura “rojo” y “NIR”. El primer par de impulsos se ignora para interceptar toda posible respuesta en régimen transitorio. La relación NIR(n)/rojo(n) para $n>2$ está cerca de 1,83 con una desviación de $\pm 5\%$.
$B = \frac{1}{11} \sum_{n=2}^{12} \frac{\text{sum_NIR}(s)}{\text{sum_rojo}(s)}$	1,66	Valor medio de la relación entre las intensidades de señal de los dos procesos de lectura “rojo” y “NIR”, integradas a través del impulso respectivo. El primer par de impulsos se ignora para interceptar toda posible respuesta en régimen transitorio. La relación sum_NIR(n)/sum_rojo(n) para $n>2$ está cerca de 1,66 con una desviación de $\pm 5\%$.
$d = \frac{\text{NIR}(2) - \text{NIR}(12)}{\text{rojo}(2) - \text{rojo}(12)}$	2,0	Relación de las diferencias de intensidad de la señal de los dos procesos de lectura “rojo” y “NIR”. El primer par de impulsos se ignora para interceptar toda posible respuesta en régimen transitorio.
$D = \frac{\text{NIR}(2) - \text{rojo}(12)}{\text{rojo}(2) - \text{NIR}(12)}$	-15,2	Una posible medida de la diferenciabilidad en el efecto de los dos procesos de lectura “rojo” y “NIR”. El primer par de impulsos se ignora para interceptar toda

	posible respuesta en régimen transitorio.
--	---

Además de toda la curva de lectura, también se puede ver cada impulso. El comportamiento de excitación o relajación de un solo impulso proporciona información característica sobre el comportamiento en el tiempo del centro luminiscente, así como la luminiscencia residual que se pueda producir. La figura 3 muestra el desarrollo normalizado de la señal bajo un par de impulsos rojo/NIR, es decir, primero impulso "rojo" seguido de impulso "NIR" junto con la adaptación exponencial de la señal de medición a la parte de la curva de lectura en la que en cada caso el impulso de lectura ha ido disminuyendo y la señal se ha extinguido sustancialmente. A partir de estos datos se puede utilizar como una medida adicional del exponente de la adaptación. Alternativamente, pueden formarse relaciones de intensidad en diferentes momentos y usarse como medida del comportamiento temporal característico de la luminiscencia.

Tabla 4 Ejemplos de una medida característica basada en los tiempos de relajación de la luminiscencia y luminiscencia residual y su evaluación para la sustancia I

	Resultado	Observaciones
Ajuste exponencial a los impulsos de señal normalizados al máximo de NIR, a partir de una distancia de 2,5 μ s del máximo de impulso, entre los cuales el exponente	-122144 s^{-1} (NIR) -114967 s^{-1} (rojo)	Este parámetro describe la duración luminiscente en el máximo de -114967 s^{-1} (rojo) Impulsos de señal normalizados NIR, o también Anab a una distancia de 2,5 μ s partes de la luminiscencia residual

Ejemplo de realización 4: Intercambiabilidad y bibliotecas

En este ejemplo, la sustancia I se introduce en un papel para billetes como elemento de autenticidad, mientras que las sustancias II y III constituyen una sustancia alternativa y un imitador. Específicamente, las sustancias I y II difieren notablemente, mientras que las sustancias I y III tienen emisiones muy similares.

En primer lugar, para la característica sustancia I se definen dos impulsos de lectura que son intercambiables en su acción, a saber, los impulsos de lectura R y R*. Los parámetros de los dos impulsos de lectura se resumen a continuación en la tabla 5. La intercambiabilidad significa que la secuencia de los dos impulsos de lectura se puede intercambiar dentro de una secuencia sin cambiar notablemente la curva de lectura.

Tabla 5 Parámetros de los impulsos de lectura R y R*

	R	R*
Longitud de onda	638 nm	853 nm
Corriente	800 mA	1000 mA
Rel. Intensidad por atenuador	aprox. 40 %	100 %
Duración de impulso	2 μ s	2 μ s
Intervalo entre impulsos	8 μ s	8 μ s

Las secuencias de medición adecuadas que contienen R y R* pueden probar la intercambiabilidad para la verificación de la autenticidad. Un ejemplo de estas secuencias es la secuencia 8(R R*), en la que se alternan R y R*. La secuencia comienza con R e incluye un total de 16 impulsos de lectura. La secuencia de medición y la curva de lectura de las sustancias I, II y III cargadas previamente (por medio de un impulso de luz azul) bajo esta secuencia se muestran en las figuras 10a a c.

Mientras que la curva de lectura para la sustancia I muestra una disminución uniforme de la intensidad, la curva de lectura para la sustancia II y, en particular, para la sustancia III está claramente modulada. Además, si se consideran las secuencias de medición de la misma longitud, que contienen solo uno de los dos impulsos de lectura, a saber, 16R y 16R*, las curvas de lectura para las tres sustancias (I, II, III) se comportan de manera uniforme.

Para demostrar la autenticidad se definen medidas de diferenciabilidad. Tal medida describe hasta qué punto dos impulsos dentro de una secuencia son diferenciables en su efecto. Para la secuencia de medición 8(R R*), la medida de diferenciabilidad U se determinará de la manera siguiente: En primer lugar, para cada impulso de lectura se determina el valor del máximo correspondiente de la curva de lectura (marcado como rombos en las figuras 10a a c). Este valor se denomina intensidad de impulso P_n , donde el índice n indica el n-ésimo impulso de la secuencia de medición. Para el n-ésimo impulso considerado de la secuencia de medición, se calcula a qué distancia está de la media geométrica de las intensidades de impulso de los impulsos adyacentes de la secuencia de medición, es decir,

$$d_n = \sqrt{P_{n-1}P_{n+1}} - P_n$$

en donde n va de 2 a 15, ya que el primer y último impulso no tiene ningún impulso vecino. Como medida de diferenciabilidad U se designa aquí la desviación estándar de los valores d_n . En la figura 11 se representa para las sustancias I, II y III respectivamente la medida de diferenciabilidad U para la secuencia de medición 8(R R*). A modo de comparación se representa además en cada caso el valor de la medida de diferenciabilidad U para las secuencias 16 R y 16R*. La sustancia I presenta una pequeña diferenciabilidad entre las tres secuencias de medición, U (sustancia I) $< 0,1$. Las otras dos sustancias presentan, bajo la secuencia de medición 8(R R*), una diferenciabilidad $U > 0,3$. Para la sustancia II y la sustancia III, los impulsos de lectura R y R* no son intercambiables en sus efectos.

Además, para la medición bajo la secuencia 8(R R*) se utiliza también la secuencia 16 R* y / o 16R. La curva de lectura bajo 16 R* sirve como estimador de la curva de lectura y, por lo tanto, de las intensidades de impulso bajo la secuencia de medición 8(R R*). Para comprobar la autenticidad se determina la distancia unilateral o la distancia uniforme de las curvas de lectura. Para ello se normalizan en primer lugar las intensidades de impulso de las curvas de lectura de tal manera que en cada caso la intensidad de impulso del primer impulso de lectura de una secuencia de medición se establece en el valor 1. La intensidad de impulso así normalizada del n -ésimo impulso bajo una secuencia de medición se designa $\hat{P}_n$.

La distancia unilateral ε resulta aquí de

$$\varepsilon = \sqrt{\sum_{n=1}^{16} (\hat{P}_n[8(RR^*)] - \hat{P}_n[16R^*])^2}$$

La distancia uniforme δ se calcula aquí a través de

$$\delta = \frac{1}{16} \sum_{n=1}^{16} \sqrt{(\hat{P}_n[8(RR^*)] - \hat{P}_n[16R^*])^2 + (\hat{P}_n[8(RR^*)] - \hat{P}_n[16R])^2}$$

Ambas medidas describen en última instancia con qué grado de satisfacción se pueden intercambiar los efectos de los impulsos de lectura R y R*, con las secuencias de medición 16R y 16R* proporcionando estimaciones para la secuencia de medición 8 (R R*).

La figura 12 recoge los valores de la distancia unilateral y uniforme para la sustancia I, la sustancia II y la sustancia III, calculados como se ha indicado anteriormente con los datos de las figuras 10a a c. Solo para la sustancia I, ambas medidas presentan valores pequeños ($\varepsilon < 0,1$; $\delta < 0,1$). Los impulsos de lectura R y R* tienen un efecto intercambiable también en estas medidas solo para la sustancia I.

Este procedimiento puede generalizarse utilizando no solo secuencias de impulso alternas, sino también secuencias de medición más complejas. La intercambiabilidad también se puede definir para más de dos impulsos de lectura diferentes. Por lo tanto, para la comprobación de la autenticidad se agrupan secuencias de medición adecuadas en bibliotecas de referencia. Aquí, por ejemplo, las secuencias de medición 8(R R*), 16R y 16 R* mencionadas pertenecen a una biblioteca de referencia. Otra secuencia de esta biblioteca de referencia se resume a partir de grupos de impulsos de lectura R y R*, donde en la secuencia de medición se ejecuta primero ocho veces R y luego ocho veces R*, es decir, 8R8R*. También para esta secuencia de medición se puede definir una medida de diferenciabilidad y/ o se puede calcular la distancia unilateral y/ o la distancia uniforme y utilizarse para la comprobación de la autenticidad. Además, la biblioteca de referencia contiene otras secuencias de medición de la longitud 16, utilizando diferentes permutaciones de la secuencia de R y R*.

Según sea necesario, las secuencias de medición más cortas y más largas amplían la biblioteca de referencia, por ejemplo, la secuencia RRR* o R*RR, así como 100R, 100R*, 100(RR*), que se pueden utilizar, por ejemplo, para la comprobación de la autenticidad en diferentes escenarios de aplicación, por ejemplo, para la garantía de calidad de la característica, de un producto intermedio o de un billete de banco, sin revelar el proceso de valoración que se lleva a cabo en el procesamiento automático de billetes. Alternativamente, las diferentes ubicaciones de verificación de los billetes (por ejemplo, las cajas registradoras de puntos de venta frente a los bancos centrales) también pueden utilizar diferentes secuencias de medición de las bibliotecas de referencia.

En caso necesario, se añaden secuencias de medición a la biblioteca de referencia que utilizan otros impulsos de lectura. Estos impulsos de lectura incluyen, por ejemplo, los que tienen una duración de impulso más larga (10 μ s, 100 μ s) y/ o con otras longitudes de onda (por ejemplo, 488 nm, 532 nm, 658 nm, 758 nm, 808 nm, 915 nm, 980 nm) y/u otras intensidades de las fuentes de luz. Con estas secuencias de impulso (que se forman por analogía con las

secuencias de impulso mencionadas y/ u otras secuencias de impulso) se garantiza que una sustancia pueda detectarse de forma segura en diferentes sensores. En particular, la biblioteca de referencia también contiene secuencias de medición de al menos tres impulsos de lectura diferentes, por ejemplo, la secuencia 4(SRR*), en donde el impulso de lectura S está definido por los parámetros indicados a continuación en la tabla 6 Parámetros del impulso de lectura.

Tabla 6: Parámetros del impulso de lectura

	S
Longitud de onda	1064 nm
Corriente	1000 mA
Rel. Intensidad por atenuador	aprox. 40 %
Duración de impulso	4 μ s
Intervalo entre impulsos	8 μ s

Este impulso de lectura adicional sirve para diferenciar la sustancia I de la sustancia II en la biblioteca de referencia y genera una señal fuerte para la sustancia II, mientras que la sustancia I solo proporciona una señal débil.

Ejemplo de realización 5: Impulso de lectura superpuesto y tercer impulso de lectura

En otro ejemplo, la sustancia I se introduce en un sistema de laca transparente adecuado y se estira sobre una lámina de soporte (10 por ciento en masa de polvo de característica en la laca, espesor de película húmeda de 50 μ m).

En una biblioteca de referencia se almacenan tres secuencias de consulta.

Como primera secuencia de consulta se utiliza una secuencia de impulsos, en la que en primer lugar se emplean 6 impulsos del tipo Q como en el ejemplo 2. A continuación, la característica de autenticidad se ilumina con otros tres impulsos del tipo Q, que están superpuestos a un impulso L de larga duración (longitud de onda 780 nm, corriente 1000 mA, duración del impulso 30 μ s, intervalo entre impulsos -30 μ s). El intervalo entre impulsos negativo asegura la superposición. A través de un atenuador, la iluminancia se ajusta de tal manera que la intensidad de la señal provocada por el primer impulso de la superposición es dos veces mayor que la intensidad de la señal provocada por el primer impulso Q de la secuencia de consulta. Como prueba de autenticidad, se comprueba esto y se determinan las velocidades de lectura para las dos partes de la secuencia de consulta. Durante la superposición, la característica de autenticidad se puede leer mucho más rápido.

En comparación con la característica de autenticidad, la sustancia II y la sustancia III presentan una relación de la intensidad de la señal del primer impulso de la superposición con respecto a la intensidad de la señal del primer impulso de la secuencia de consulta que difiere del factor 2. La influencia de la superposición sobre la velocidad de lectura es significativamente menor para la sustancia II y la sustancia III.

Como segunda secuencia de consulta se almacena la secuencia alterna 8(RR*) del ejemplo 4. La prueba de autenticidad sigue el ejemplo 4.

Como tercera secuencia de consulta se utiliza una secuencia alterna 5(RTR*). El impulso T utiliza la misma fuente de iluminación que L (780 nm), pero se define como impulso corto (duración del impulso 1 μ s, intervalo entre impulsos 4 μ s). Una vez más, los impulsos R y R* son intercambiables para la característica de autenticidad. El impulso T no interfiere con la intercambiabilidad.

Ejemplo de realización 6: Diferentes efectos de los impulsos de carga

En la figura 2 se evalúan las diferentes velocidades de carga de las tres sustancias OSL: sustancia I, sustancia II y sustancia III. Para ello, la misma secuencia de impulso de lectura e impulso de carga se ensambla diez veces repetidamente en una secuencia y se compara su efecto sobre las tres sustancias OSL.

El impulso de lectura mide el efecto del impulso de carga precedente. De este modo, a partir de los máximos de los impulsos de lectura se crea una curva evaluable para la velocidad de carga de estas sustancias. Aquí se aprecian diferencias claras en el efecto de los impulsos de carga sobre las sustancias I, II o III: Mientras que los impulsos de carga no muestran un efecto significativo sobre la sustancia I, para la sustancia II se observa un aumento significativo de la intensidad de la emisión óptica en respuesta al proceso de lectura correspondiente en cada caso. Con una evaluación cuantitativa adecuada, las sustancias II y III también pueden distinguirse entre sí por su comportamiento de carga.

Ejemplo de realización 7: Procesos de carga con diferente eficiencia

A las sustancias OSL Sustancia I y Sustancia II se les aplica una secuencia repetida que consiste en

5x impulso de carga 280 nm

5x impulso de lectura 900 nm

4x impulso de carga 450 nm

4x impulso de lectura 900 nm

A este respecto, para la sustancia I y para la sustancia II se observa un efecto de carga cuantitativamente diferente para los dos procesos de carga a 280 nm o a 450 nm, respectivamente, con los que pueden distinguirse las dos sustancias.

Para un experto en la materia es evidente que los ejemplos indicados se enumeran solo a modo de ejemplo y, en la medida de lo posible, son concebibles otras combinaciones y rangos de valores, como se ha indicado. Por lo tanto, los ejemplos dados no deben leerse de forma limitativa, sino que también pueden leerse en combinación con las diferentes características indicadas en el presente documento.

Referencias bibliográficas

1. Chen, R. y McKeever, S.W.S. Theory of thermoluminescence and related phenomena. Singapore: World Scientific Publishing, 1997.
2. Garlick, G.F.J. Phosphors and Phosphorescence. Reports on Progress in Physics. 1949, Bd. 12, pp. 34-55.
3. McKeever, S.W.S. Thermoluminescence of solids. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.
4. Yukihiro, E.G. y McKeever, S.W.S. Optically Stimulated Luminescence. s.l.: Wiley, 2011.
5. Ronda, C. Luminescence: From Theory to Applications. Weinheim: Wiley- VCH, 2008.
6. Urbach, F., Pearlman, D. y Hemmendinger, H. On Infra-Red Sensitive Phosphors. Journal of the Optical Society of America. 1946, Bd. 36, 7, pp. 372- 381.
7. Katsumata, T., et al., Trap Levels in Eu-doped SrAl₂O₄ Phosphor Crystals Co-Doped with Rare-Earth Elements. J. A. Ceram. Soc. 2006, Bd. 89, 3, pp. 932-936.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la comprobación de una característica de autenticidad con una sustancia luminiscente de almacenamiento óptico que comprende las siguientes etapas:
 - a. aplicar al menos una secuencia de consulta a la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico, comprendiendo en cada caso al menos un primer proceso de lectura y un segundo proceso de lectura;
 - b. detectar en cada caso al menos un primer y un segundo valor de medición de lectura, que se basan en cada caso en la detección de una emisión óptica en respuesta al primer o al segundo proceso de lectura correspondiente en cada caso;
 - c. crear una serie temporal de valores de medición de lectura correspondiente a la al menos una secuencia de consulta, comprendiendo al menos el primer valor de medición de lectura correspondiente al primer proceso de lectura y el segundo valor de medición de lectura correspondiente al segundo proceso de lectura; y
 - d. evaluar la serie temporal de valores de medición de lectura correspondiente a la secuencia de consulta para la determinación de un comportamiento dinámico de la serie temporal de valores de medición de lectura bajo la secuencia de consulta correspondiente en cada caso, **caracterizado por que** en la etapa d. la evaluación de la serie temporal de valores de medición de lectura se realiza cuantitativamente para determinar al menos una propiedad de memoria característica de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico.
2. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico presenta centros luminiscentes y centros de captura, en donde los portadores de carga presentes en la sustancia luminiscente de almacenamiento son almacenados preferiblemente antes de la etapa a. al menos parcialmente en los centros de captura, y en donde los portadores de carga almacenados en los centros de captura se transfieren a los centros luminiscentes por medio de la secuencia de consulta en la etapa a. al menos parcialmente desde los centros de captura.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa a. comprende dos secuencias de consulta que comprenden en cada caso al menos un primer proceso de lectura y un segundo proceso de lectura.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde cada proceso de lectura comprende al menos un impulso de lectura o una lectura continua modulada con el tiempo por intensidad.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, en donde el impulso de lectura presenta una longitud de onda del centro de gravedad de un intervalo de longitudes de onda de 360 a 1200 nm y/ o la duración del impulso se encuentra en un intervalo de 1 μ s y 100 ms, en particular entre 5 μ s y 50 μ s o entre 20 μ s y 5 ms, en particular entre 40 μ s y 1 ms.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos una secuencia de carga, que comprende al menos un primer proceso de carga, para aplicar a la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico temporalmente antes de la al menos una secuencia de consulta, en donde el proceso de carga comprende preferiblemente al menos un impulso de carga, el impulso de carga presenta un intervalo de longitudes de onda de 240 nm y 550 nm, en particular el intervalo de longitudes de onda de luz visible de 400 nm a 550 nm, y/ o la duración de impulso se sitúa en un intervalo de 1 μ s y 100 ms, en particular entre 10 μ s y 100 ms, preferiblemente entre 500 μ s y 50 ms.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la al menos una propiedad de memoria característica se selecciona de: persistencia, profundidad de memoria, intensidad de memoria, sensibilidad, especificidad, intercambiabilidad, asociación, continuidad, latencia, saturación, aislamiento, velocidad de carga y/ o velocidad de lectura.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa de la evaluación de la serie temporal de valores de medición de lectura en cuanto al menos una propiedad de memoria característica de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico comprende una determinación de la forma del desarrollo de la curva temporal de la serie temporal de valores de medición de lectura, o una determinación de parámetros que describen el desarrollo de la curva temporal de la serie temporal de valores de medición de lectura.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde en la serie temporal de valores de medición de lectura de al menos dos valores de medición de lectura, la duración de relajación de la emisión a un primer proceso de lectura es tan larga que la emisión al primer proceso de lectura se superpone a la emisión del segundo proceso de lectura.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico presenta más de una propiedad de memoria característica diferente.
- 5 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos un primer proceso de lectura y un segundo proceso de lectura se diferencian en al menos una de las siguientes propiedades: longitud de onda, forma espectral, intensidad, forma de impulso e intervalo entre impulsos.
- 10 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos un primer proceso de lectura y un segundo proceso de lectura presentan al menos dos longitudes de onda de lectura separadas espectralmente.
- 15 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde se aplican varias secuencias de consulta a la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico, en donde a cada secuencia de consulta se le asigna al menos una serie temporal de valores de medición de lectura o serie temporal de series de valores de medición de lectura.
- 20 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en donde a la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico se aplican varias secuencias de consulta, en donde las varias secuencias de consulta se diferencian en al menos una de las siguientes propiedades: aplicación local del proceso de lectura, aplicación temporal del proceso de lectura, aplicación espectral del proceso de lectura, duración de impulso del proceso de lectura, forma de impulso del proceso de lectura, intervalo entre impulsos del proceso de lectura y/o secuencia de impulso del proceso de lectura.
- 25 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende la etapa e. comparación del comportamiento dinámico determinado de la serie temporal de valores de medición de lectura con al menos una referencia, así como f. reconocimiento de la autenticidad de la característica de autenticidad como función de la comparación e.
- 30 16. Dispositivo para llevar a cabo un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores que comprende:
 - una primera fuente de luz, adecuada para aplicar al menos una secuencia de consulta a la característica de autenticidad en la zona de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico;
 - 35 -un dispositivo de medición con uno o varios dispositivos de detección adaptados para detectar la emisión de luz de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico en al menos una primera zona espectral de su espectro de emisión.
- 40 17. Dispositivo según la reivindicación 16, en donde el dispositivo presenta una segunda fuente de luz adecuada para aplicar una secuencia de consulta y/ o secuencia de carga a la característica de autenticidad en la zona de la sustancia luminiscente de almacenamiento óptico, en donde la segunda fuente de luz emite a una longitud de onda que difiere de la longitud de onda de emisión de la primera fuente de luz.

Fig 1:

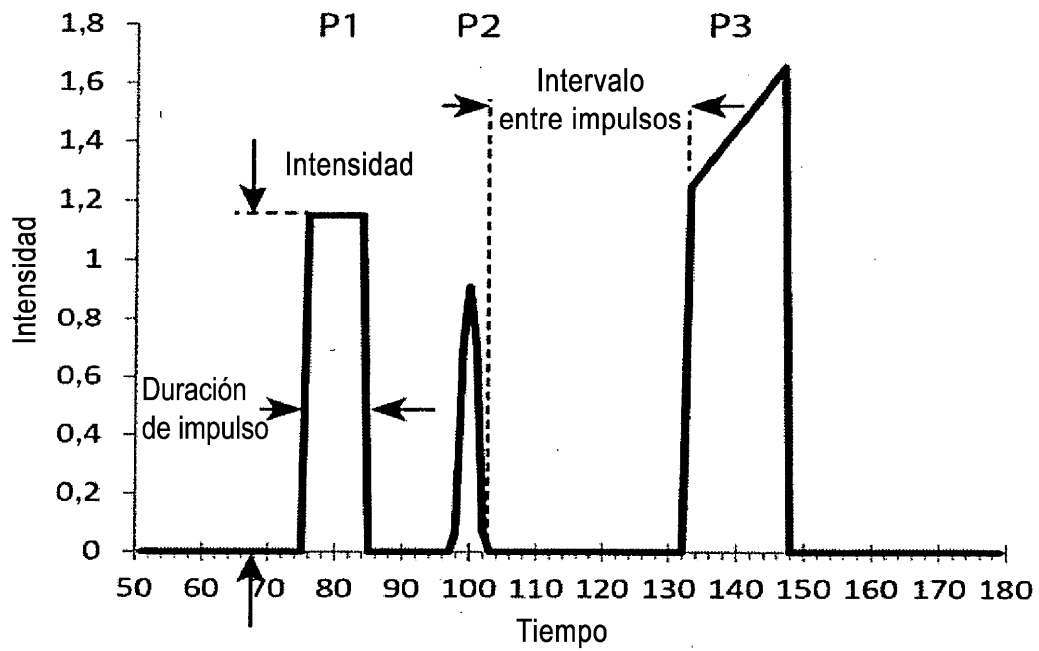


Fig 2:

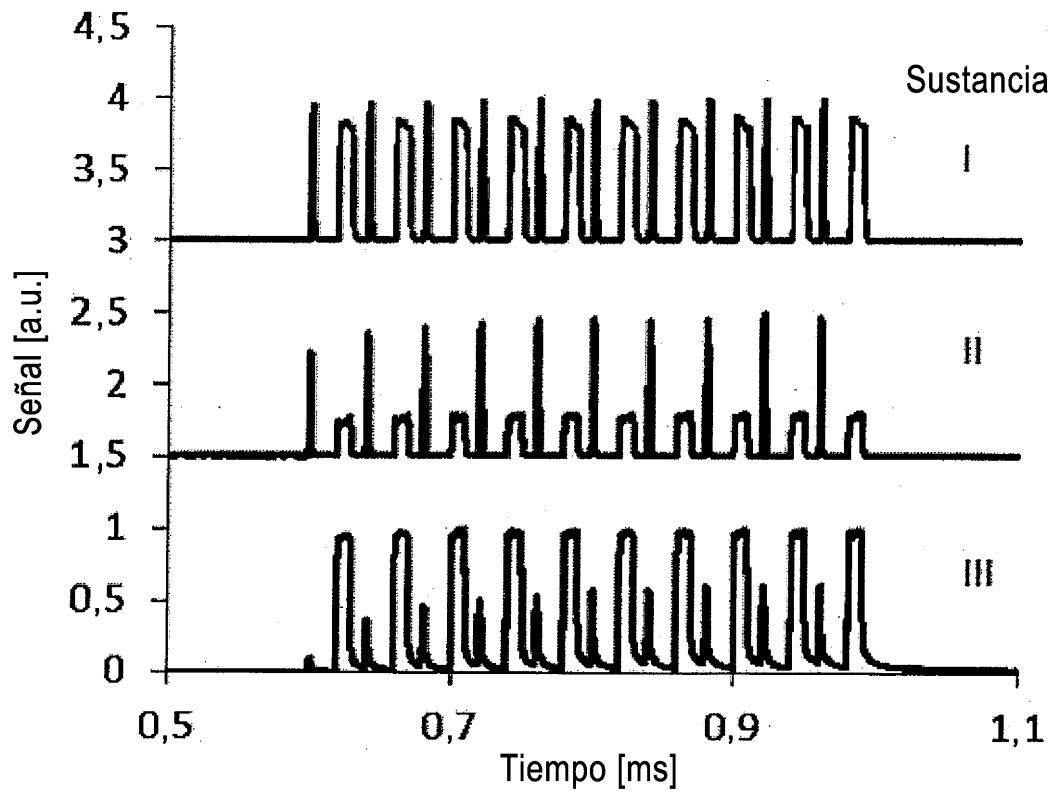


Fig 3:

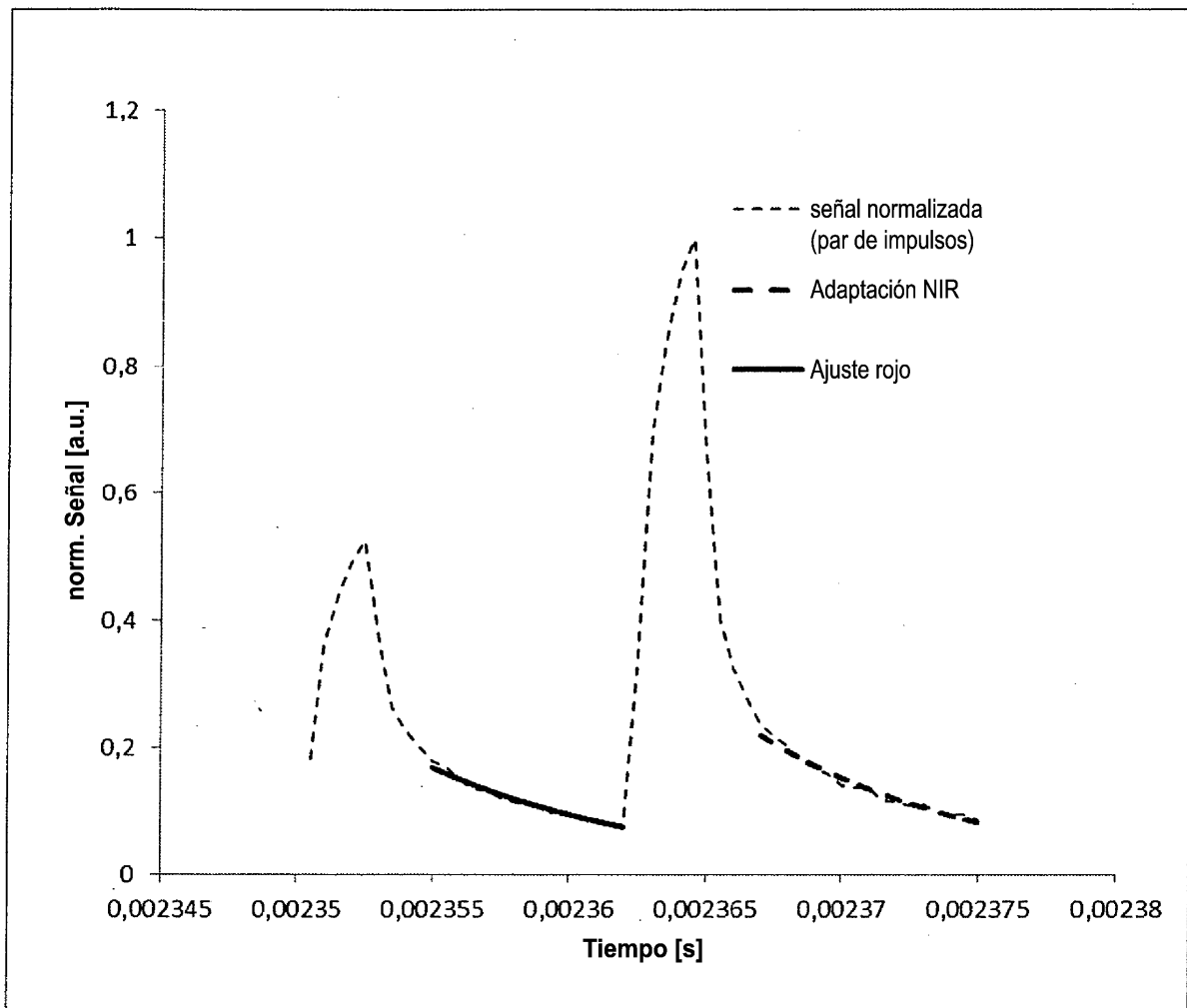


Fig 4:

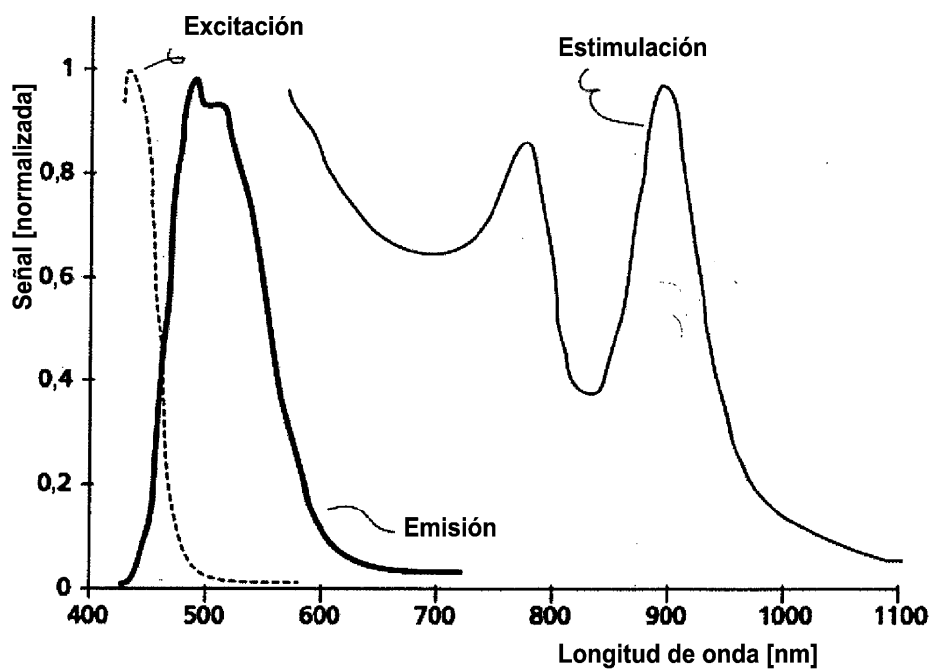


Fig 5:

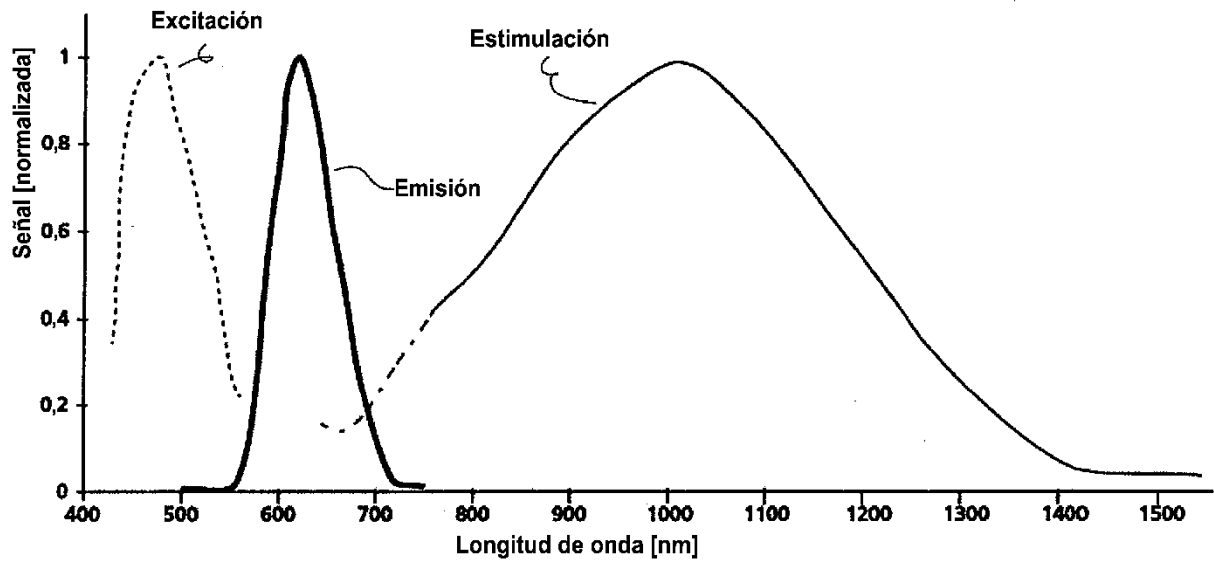


Fig 6:

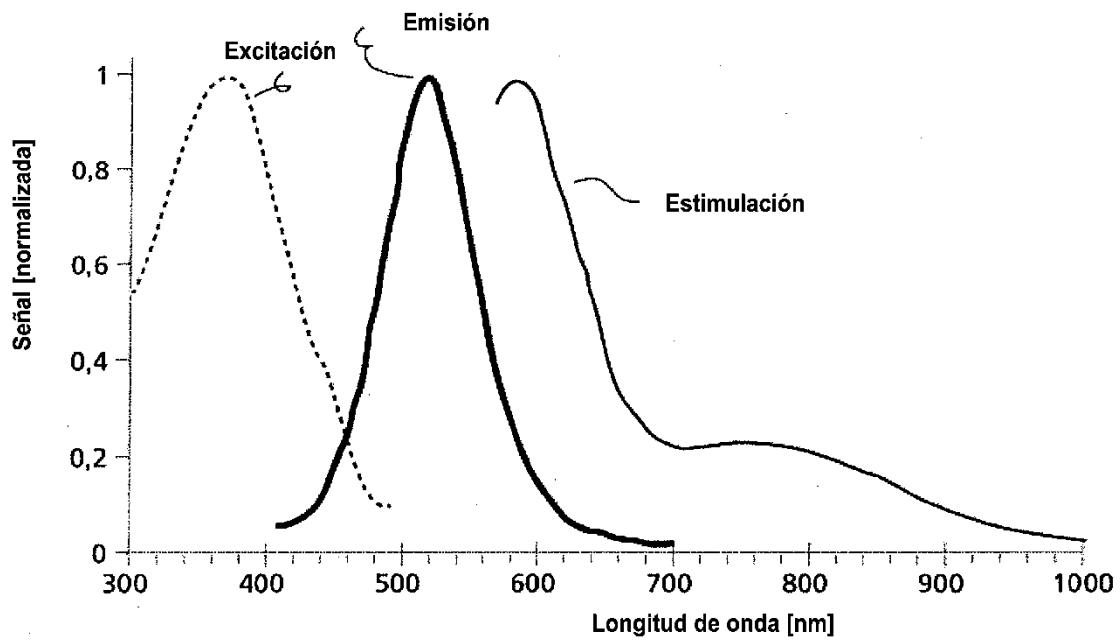


Fig 7:

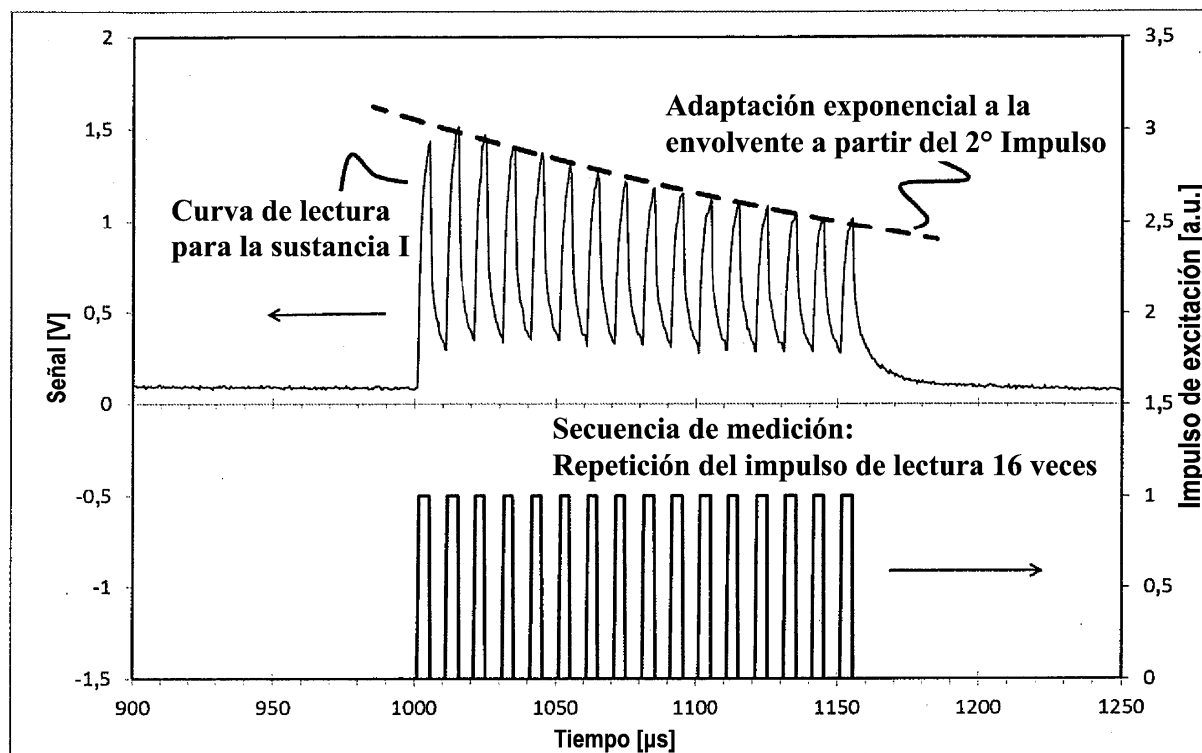


Fig 8:

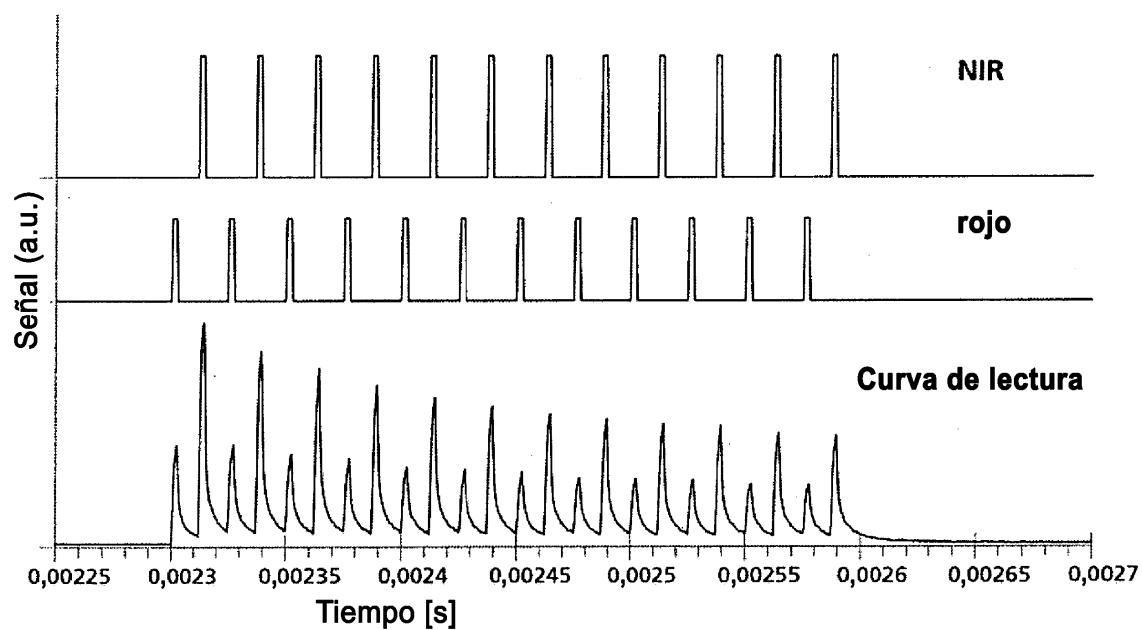


Fig 9:

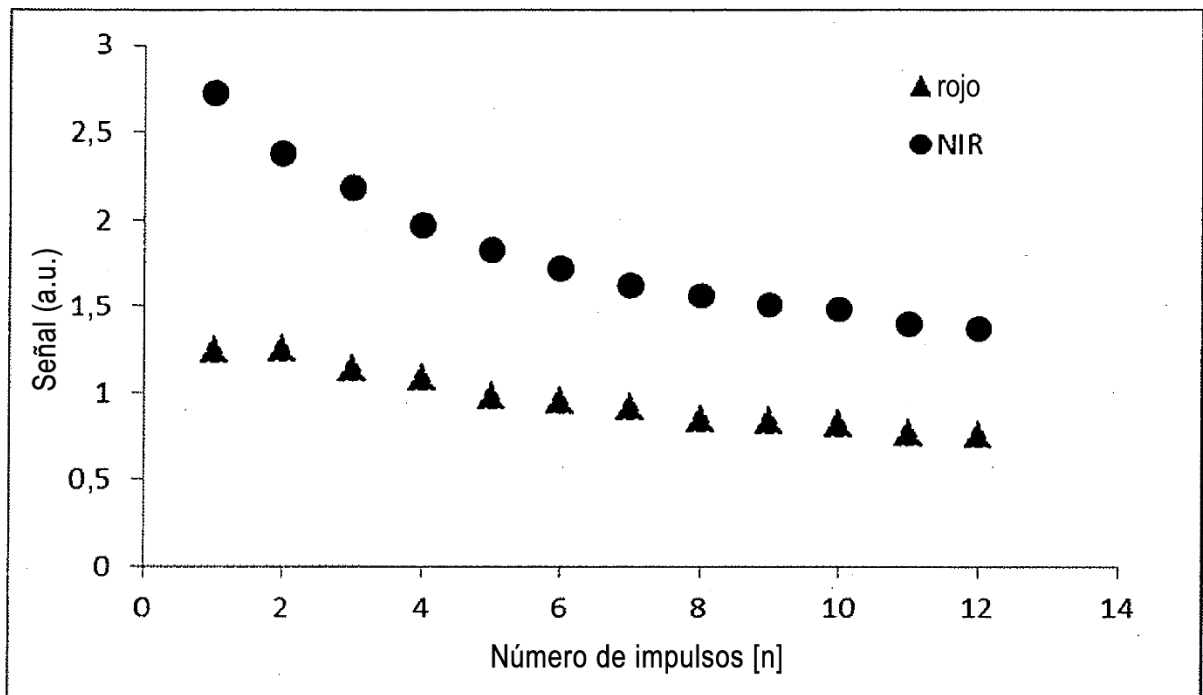


Fig 10a:

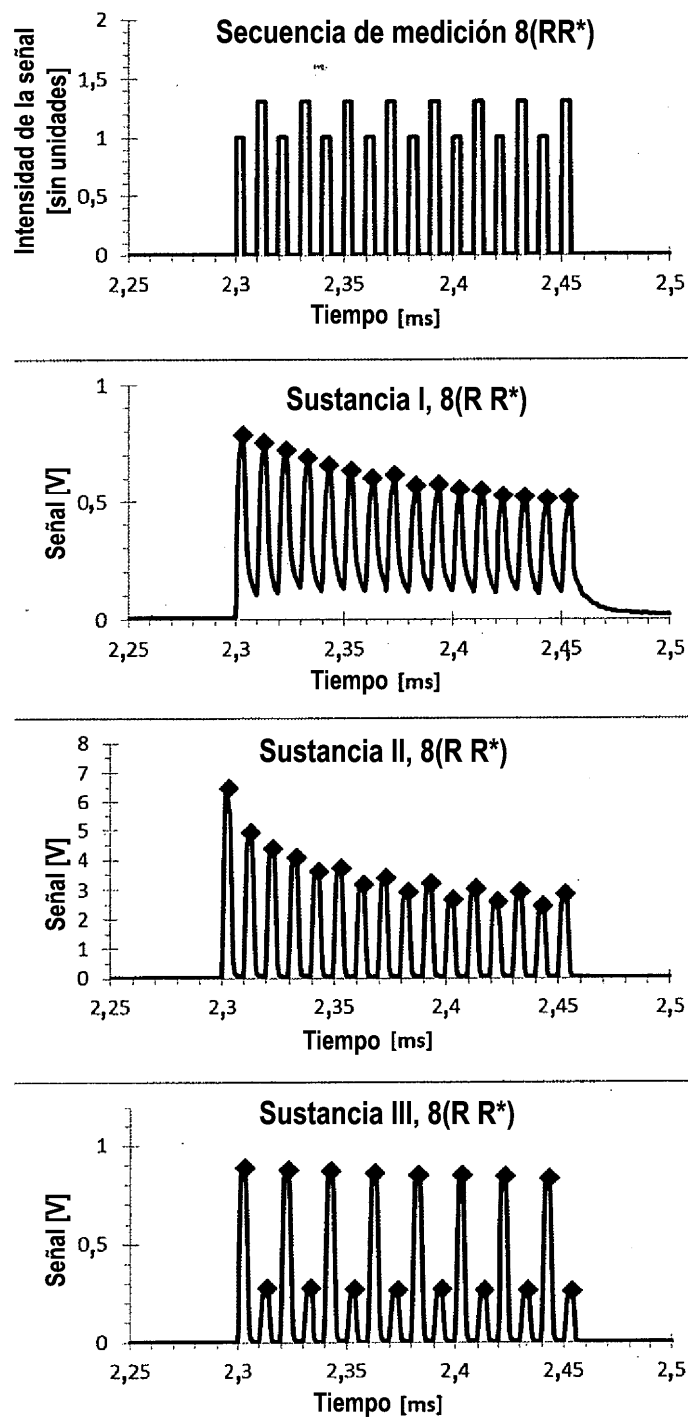


Fig 10b:

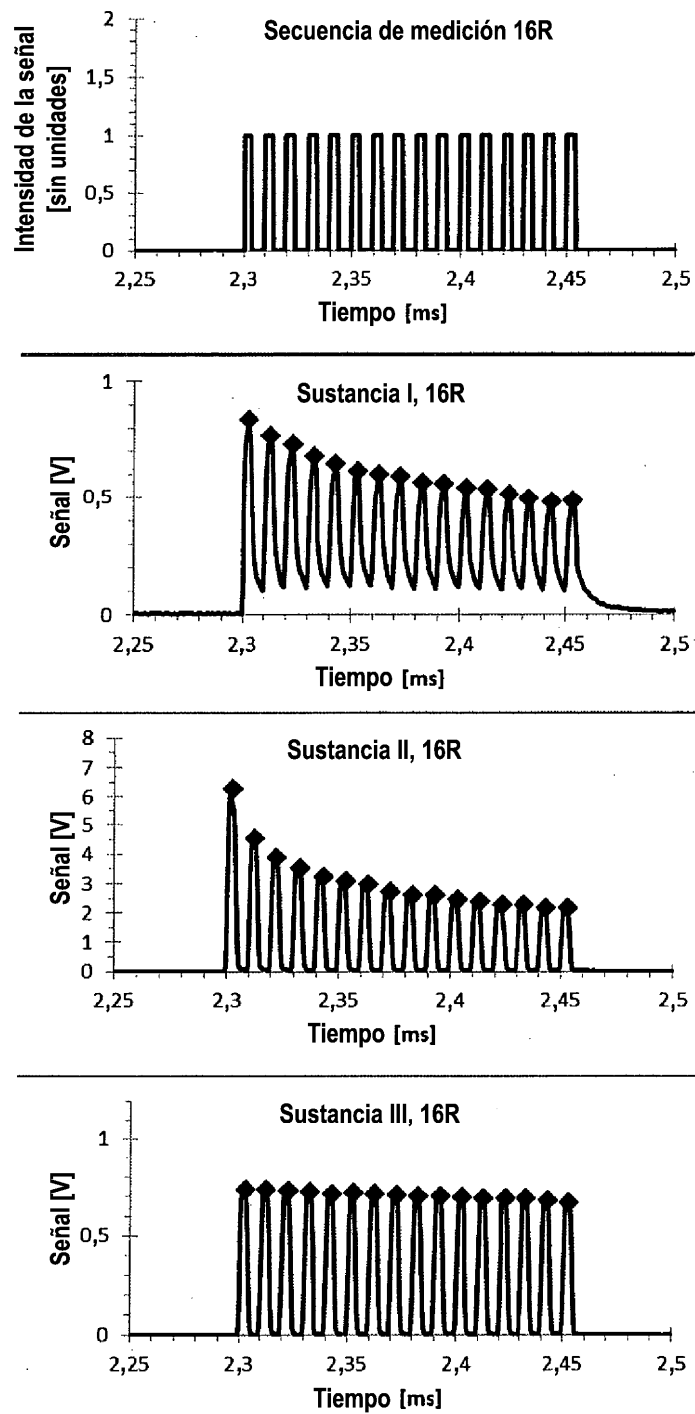


Fig 10c:

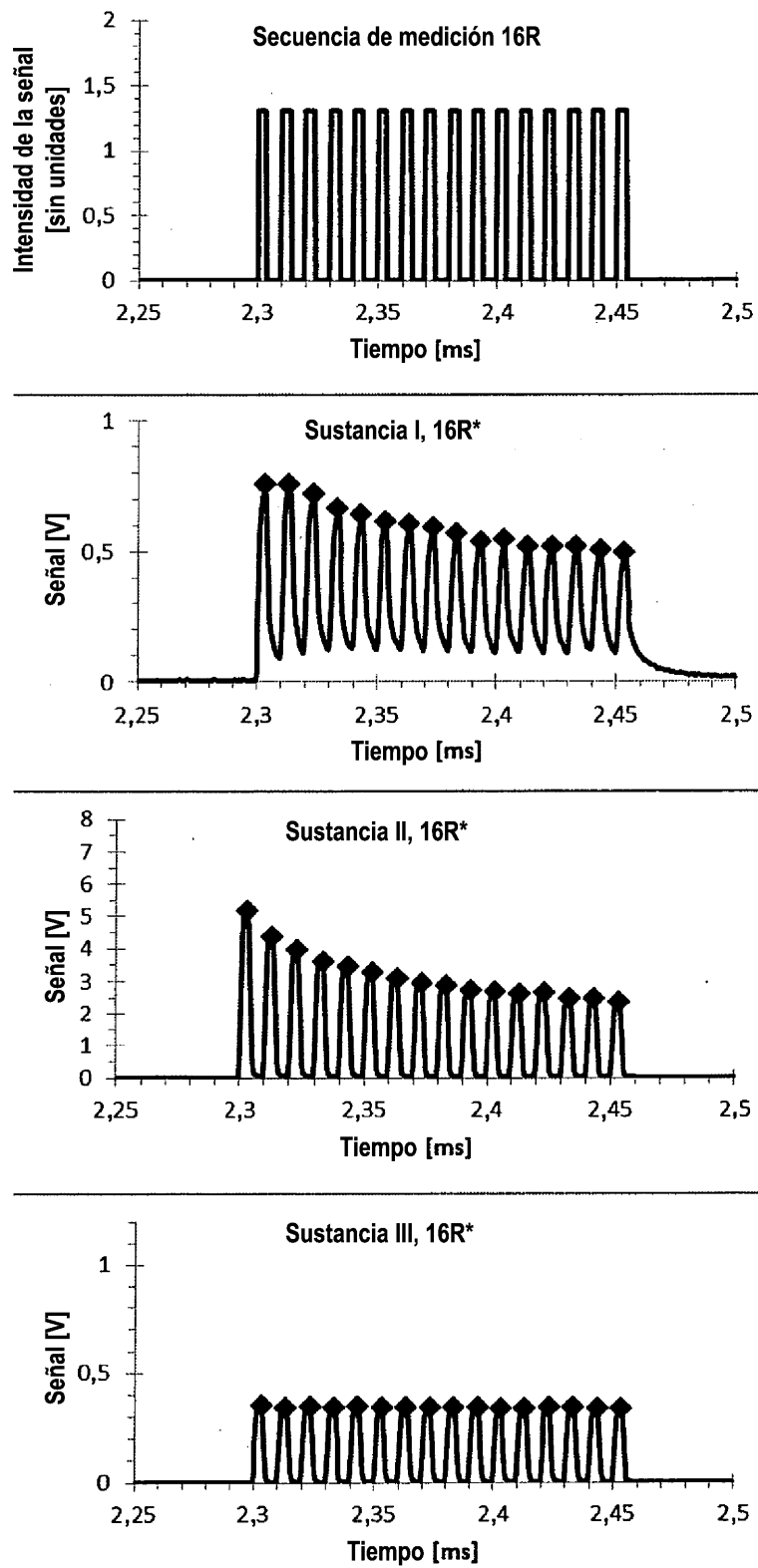


Fig 11:

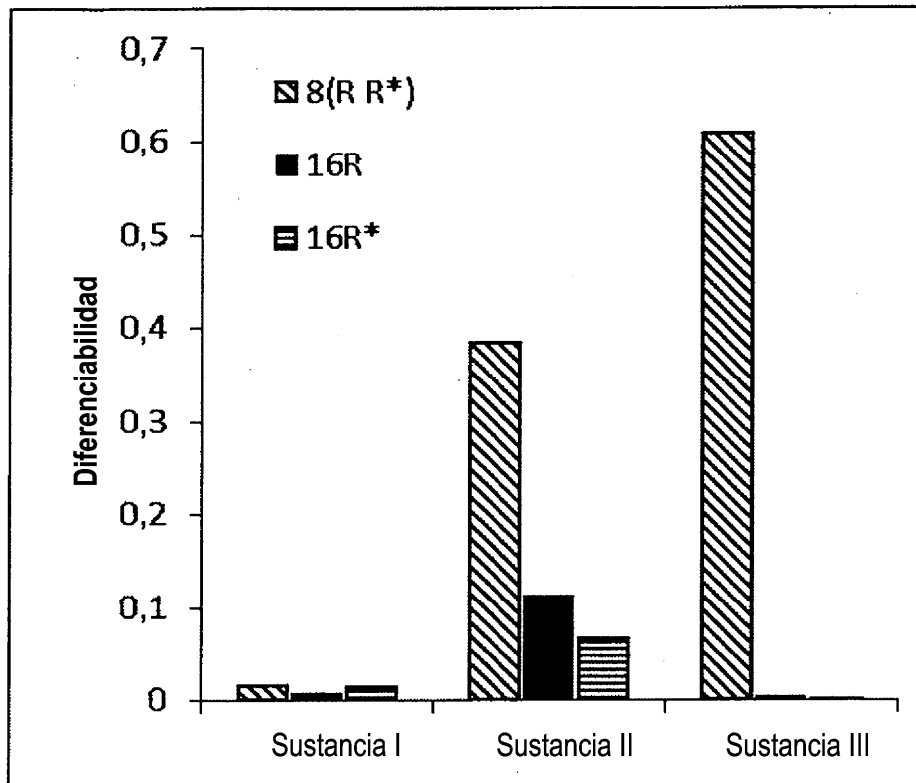


Fig 12:

