

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 638**

51 Int. Cl.:  
**H04B 10/30** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05752707 .9**  
96 Fecha de presentación: **23.05.2005**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1779561**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.05.2007**

54 Título: **Método y dispositivo de comunicación a distancia mediante utilización de fotoluminiscencia o termoluminiscencia**

30 Prioridad:  
26.05.2004 FR 0405717  
12.04.2005 FR 0503659

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
28.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
28.11.2012

73 Titular/es:  
**SAQUANT (100.0%)**  
**Allée des Cheriniers**  
**03190 Givarlais, FR**

72 Inventor/es:  
**DESBRANDES, ROBERT y**  
**VAN GENT, DANIEL LEE**

74 Agente/Representante:  
**ARPE FERNÁNDEZ, Manuel**

ES 2 391 638 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

Método y dispositivo de comunicación a distancia mediante utilización de fotoluminiscencia o termoluminiscencia

Campo técnico:

5 **[0001]** Algunos cristales se excitan al ser iluminados por una radiación de partículas, o por rayos gamma, rayos X, luz blanca o luz ultravioleta. Estos cristales pueden ser de tipo orgánico o mineral. Su des-excitación puede producirse inmediatamente en el caso de la fotoluminiscencia, o puede demorarse, en el caso de la termoluminiscencia. Pueden producirse dos tipos de excitación: las moléculas pueden excitarse en forma de vibraciones, en el caso de la fotoquímica, o en forma de electrones de valencia expulsados y atrapados en las impurezas o dislocaciones de la red del cristal, en el caso de la fotoluminiscencia y la termoluminiscencia.

10 **[0002]** La fotoquímica suele suscitarse mediante muestras en forma de líquido, mientras que la fotoluminiscencia y la termoluminiscencia suelen producirse con muestras en forma sólida. En la fotoquímica ultravioleta, la energía de los fotones de luz ultravioleta se transfiere a las moléculas. De acuerdo con la Ley de Einstein, un único fotón excita a una única molécula. Por consiguiente, en el transcurso de la colisión, el fotón resulta completamente absorbido por la molécula, y la energía adquirida es equivalente a la energía del fotón. Esta energía se almacena en forma de vibraciones. La duración del estado excitado resulta relativamente breve y oscila entre unos nanosegundos y unos segundos.

20 **[0003]** En la fotoluminiscencia, la energía de los fotones de luz blanca o ultravioleta se transfiere a los electrones de valencia de las moléculas, siendo dichos electrones capturados por las impurezas o dislocaciones de la red cristalina. La des-excitación causada por el regreso de los electrones a su órbita de valencia tiene lugar a temperatura ambiente, con una emisión de radiación visible. La duración del estado excitado varía en función del tipo de molécula, el tipo de impurezas o la dislocación, así como de la temperatura. Los cristales más utilizados actualmente contienen moléculas de sulfuro de zinc o de aluminato de estroncio. Por lo general, se dopan con trazas metálicas, como calcio, bismuto, cobre, manganeso, europio o disprosio para obtener luminiscencias de diversos colores. La concentración de los átomos del dopaje suele variar entre 10 y 1000 partes por millón. En la tabla 1 se indican los principales cristales utilizados en fotoluminiscencia. Estos cristales se utilizan y comercializan, especialmente, para su utilización en señales luminosas luminiscentes. La fotoluminiscencia obtenida de este modo es diferente de la fosforescencia, que suele obtenerse dopando los cristales de sulfuro de zinc con trazas de un producto radioactivo, como el uranio. En este caso, la luminiscencia se consigue sin excitación preliminar mediante una radiación ultravioleta o visible.

30 **[0004]** La termoluminiscencia es un fenómeno físico que tiene como resultado una propiedad que presentan ciertos cristales, que consiste en emitir luz cuando se calientan, como se muestra en las curvas (1) y (2) de la figura 1. Esta luminiscencia se produce únicamente si el calentamiento va precedido de una irradiación a través de radiaciones iónicas, por ejemplo, mediante exposición a la radioactividad natural durante miles de años o a la exposición a una fuente artificial de rayos gamma, rayos X, partículas alfa, beta, neutrones, rayos ultravioletas o radiación visible durante algunos minutos o algunas horas.

35 **[0005]** La termoluminiscencia se utiliza para realizar dataciones en el ámbito de la geología y la arqueología, de acuerdo con el siguiente principio: desde su horneado, una cerámica acumula una dosis arqueológica causada por la radiación natural. El recocido en laboratorio de una muestra de polvo permite medir la duración de la irradiación a partir de la cantidad de luz emitida. Si la muestra se calienta una segunda vez, ya no emitirá luz a menos que haya recibido una nueva dosis de radiación en el ínterin.

40 **[0006]** La ecuación fundamental de la datación por termoluminiscencia viene dada por

$$ATL = DARG/DA$$

Donde

ATL es la edad en años,

DARG es la dosis arqueológica o geológica,

45 DA es la dosis anual.

**[0007]** La dosis arqueológica o geológica, DARG, es la cantidad de energía de termoluminiscencia por unidad de masa almacenada por el cristal desde su último calentamiento. Esta cantidad de energía se expresa en Grays (1 Gy = 1 J/kg). Procede de la desintegración de los elementos radioactivos contenidos en el cristal y su entorno. La dosis arqueológica se obtiene comparando la termoluminiscencia natural de los cristales con la inducida en laboratorio mediante una dosis conocida procedente de una fuente radioactiva calibrada.

50 **[0008]** La dosis anual DA es la cantidad de energía de termoluminiscencia por unidad de masa acumulada a lo largo de un año por el cristal, y también se expresa en Grays. La dosis anual suele deducirse a partir de las concentraciones de radioelementos de la muestra y del medio de enterramiento.

**[0009]** La curva (1) de la figura 1 representa la respuesta típica de una muestra de calcita estalagmítica provocada por un aumento de temperatura.

**[0010]** En las aplicaciones geológicas o arqueológicas, la termoluminiscencia mide el período transcurrido desde el último calentamiento, que no corresponde necesariamente al evento que va a fecharse (fabricación en el caso de la terracota, última utilización en el caso de un horno, etc). Los incendios o la restauración utilizando una fuente de calor pueden distorsionar la interpretación de los resultados experimentales. El material ha de contener cristales termoluminiscentes, que sean lo suficientemente sensibles a la radiación (por ejemplo, cuarzo, feldspatos, circonio, etc). Los cristales no deberían estar saturados de energía, ya que su "capacidad de almacenamiento" limita el uso de la técnica. Las edades más antiguas obtenidas hasta ahora son unos 700.000 años. En el caso de la datación arqueológica, las muestras no deberían haber sido sometidas a ninguna radiación artificial (rayos X, gamma, neutrones y otras radiaciones iónicas) con anterioridad al análisis mediante termoluminiscencia.

**[0011]** La termoluminiscencia también se utiliza para determinar las dosis de radiaciones iónicas que se producen en un lugar determinado. Estas dosis pueden medirse en un laboratorio o en un individuo, a fin de garantizar la seguridad de la utilización de las radiaciones iónicas. La técnica se denomina "dosimetría por termoluminiscencia". Algunos cristales, como el fluoruro de litio (LiF), el fluoruro cálcico ( $\text{CaF}_2$ ), el borato de litio ( $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ), el sulfato cálcico ( $\text{CaSO}_4$ ), y el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), al activarse mediante trazas de metales de transición, tierras raras o carbono, presentan la propiedad de excitarse bajo la influencia de radiaciones iónicas. Se convierten en luminiscentes mediante calentamiento, pudiendo calcularse la dosis de radiación iónica. En el momento de producirse el aumento de temperatura de las muestras irradiadas de óxido de aluminio dopadas con carbono ( $\text{Al}_2\text{O}_3: \text{C}$ ), por ejemplo, la luminiscencia se inicia aproximadamente a los  $125^\circ \text{C}$  y alcanza un máximo situado en torno a los  $200^\circ \text{C}$ , como se aprecia en la figura 1, curva (2). El ascenso de la temperatura mediante calentamiento puede sustituirse por una exposición a la radiación de un láser, por ejemplo, infrarrojo.

**[0012]** La luminiscencia a temperatura ambiente no es estrictamente nula y la excitación desaparece lentamente (desvanecimiento, disminución a lo largo del tiempo de la señal obtenida). Del mismo modo, se aprecia un desvanecimiento inverso en las muestras almacenadas durante períodos prolongados, ya que son ligeramente irradiadas por los rayos cósmicos y por la radiación nuclear ambiente. De este modo, en este caso se produce un aumento de la excitación. La disminución de la intensidad provocada por el desvanecimiento es, por ejemplo, del 3% al cabo de 3 meses en el caso de cristal de óxido de aluminio dopado con carbono y a temperatura ambiente. La vida media de una muestra de este tipo irradiada inicialmente es, por tanto, de aproximadamente 5 años, es decir, la intensidad de su luminiscencia disminuye a la mitad al cabo de 5 años.

**[0013]** El vidrio de borosilicato también se puede utilizar como material termoluminiscente. De hecho, este cristal, que normalmente es transparente, presenta la propiedad de convertirse en opaco y de color castaño cuando es irradiado por radiaciones iónicas. Al calentarse a  $200^\circ \text{C}$ , pierde gradualmente su coloración. Su vida media a temperatura ambiente es de unos 10 años.

**[0014]** Los fenómenos de la fotoluminiscencia y la termoluminiscencia se explican por la estructura imperfecta de los cristales, que siempre contienen un elevado número de defectos, bien debidos a defectos de la red, como causados por separaciones o dislocaciones, o debidos a la presencia de átomos extraños en la composición química básica (impurezas), o causados por los átomos del dopaje. La energía recibida por los electrones del cristal durante la irradiación modifica sus niveles de energía.

**[0015]** En la teoría de bandas, que resulta válida tanto para la fotoluminiscencia como para la termoluminiscencia, el fenómeno se explica mediante la secuencia siguiente:

- La ionización mediante radiación libera los electrones de la banda de valencia, formándose orificios; los electrones se proyectan en el continuum de energía de la banda de conducción.
- Los electrones son capturados por trampas consistentes en impurezas o dislocaciones de la red del cristal en la banda prohibida, y los electrones quedan entonces en un estado metaestable.
- Este estado metaestable puede durar desde unos pocos microsegundos a miles de millones de años.
- La energía calorífica u óptica aplicada al cristal permite que los electrones abandonen las trampas. Los electrones regresan entonces a la banda de valencia emitiendo fotones, que generan termoluminiscencia.

**[0016]** El mismo fenómeno se produce con la fotoluminiscencia, sin que se produzca ningún aporte de energía, a excepción de la energía calorífica generada por la temperatura. No obstante, el retorno a la banda de valencia puede producirse en ausencia de radiación, mediante conversión interna. Los materiales fotoluminiscentes o termoluminiscentes pueden reutilizarse.

**[0017]** El desvanecimiento se explica por el efecto túnel de los electrones, que tienen una baja probabilidad, aunque, no obstante, una probabilidad definida de cruzar la barrera del potencial, lo que les permite abandonar las trampas. Por ejemplo, la fotoluminiscencia puede interpretarse como un desvanecimiento importante.

[0018] El desvanecimiento viene dado por la ecuación:

$$\tau = A \exp(E/kT)$$

Donde:

Tau es el promedio de tiempo durante el cual el electrón permanece en la trampa,

5 A es una constante que depende del material,

E es la diferencia de energía entre la de la trampa y la de la banda de conducción.

k es la constante de Boltzmann,

T es la temperatura absoluta del material.

10 [0019] En el caso de los materiales utilizados en dosimetría, por ejemplo, para una trampa superficial,  $E = 0,034$  eV, y para una trampa profunda,  $E = 0,042$  eV. Cuando T alcanza  $120^\circ$  C (393 K),  $kT = 0,034$  eV y las trampas superficiales se vacían. Cuando T alcanza  $220^\circ$  C (493 K),  $kT = 0,042$  eV y las trampas profundas se vacían.

[0020] En ambos casos, los electrones emiten fotones visibles al tiempo que recuperan su órbita de valencia, con unos valores de energía variables entre 1.8 eV y 3 eV (690 nm con 410 nm), en función del tipo de material fotoluminiscente o termoluminiscente que se utilice.

15 [0021] Cualquier experto versado en la materia sabe, especialmente en lo que se refiere a la seguridad nuclear, que el calentamiento de las muestras termoluminiscentes irradiadas puede llevarse a cabo de diversas formas, por ejemplo, mediante una resistencia eléctrica, o utilizando la radiación infrarroja o visible de un láser, que permite un rápido calentamiento y una mejor relación señal / ruido en muestras de reducido tamaño o en porciones de muestra del material. La diferencia en la temperatura del pico de luminiscencia entre los minerales y los materiales utilizados en la dosimetría viene dada por el tipo de trampas. En el caso de los minerales, las trampas son generalmente profundas, y en el de los materiales de dosimetría, las trampas suelen ser superficiales. Por lo tanto, es necesaria una mayor energía calorífica u óptica para dotar de energía a los electrones situados en trampas profundas. En fotoluminiscencia, las trampas son muy superficiales y se vacían a temperatura ambiente bajo la acción de las vibraciones de la red. De este modo se explican las fluctuaciones de la luminiscencia con la temperatura.

20 [0022] La tabla 2 contiene una relación de las principales sustancias utilizadas en termoluminiscencia, junto con sus principales características: fórmula química, temperatura a la cual se alcanza el máximo nivel de señal, longitud de onda de los fotones emitidos, saturación de la energía y desvanecimiento (disminución de la señal obtenida a lo largo del tiempo).

25 [0023] Por lo general, las sustancias naturales tienen una vida más prolongada y, por consiguiente, un desvanecimiento muy débil; este es el resultado de las trampas profundas. Los datos publicados varían debido a que estos materiales naturales contienen impurezas que varían en cuanto a cantidad y tipo. No obstante, estos materiales pueden utilizarse dentro del marco de esta invención, tanto en su estado natural como en una forma artificial que contenga los mismos elementos.

30 [0024] Por lo general, las sustancias artificiales tienen un período de vida más breve, y por tanto, un considerable desvanecimiento, que se corresponde con las trampas superficiales desde las cuales los electrones se pueden liberar con mayor facilidad. La duración de la vida de estas sustancias también permite su utilización en esta invención, tanto en fotoluminiscencia como en termoluminiscencia.

35 [0025] Las sustancias termoluminiscentes muy sensibles obtenidas artificialmente también pueden excitarse mediante rayos visibles o ultravioletas, al igual que las sustancias fotoluminiscentes. En este caso, las trampas no son muy profundas, siendo posible la estimulación mediante rayos infrarrojos.

Técnica anterior:

[0026] Las propiedades de la fotoluminiscencia se utilizan para las señales luminosas, que se excitan durante el día y se convierten en luminiscentes de noche.

40 [0027] Las propiedades de la termoluminiscencia se utilizan básicamente en las dataciones geológicas y arqueológicas. En dosimetría, las propiedades de la termoluminiscencia se utilizan para proteger contra las radiaciones iónicas y ultravioletas, el control nuclear medioambiental y la determinación de anteriores contaminaciones nucleares de tipo accidental o militar.

[0028] La publicación de la patente US 2003/0133714 A1 (GAT ERANN), de fecha 17 de julio de 2003, describe un método y un dispositivo para comunicaciones que utiliza el entrelazamiento cuántico.

50

Descripción de la invención:

**[0029]** La presente invención describe un método y un dispositivo para comunicaciones a distancia o sistemas de control remoto mediante la utilización de la fotoluminiscencia o la termoluminiscencia.

En la presente invención se utiliza la fotoluminiscencia o la termoluminiscencia, teniendo al menos un estado excitado obtenido mediante bombardeo, irradiación o iluminación mediante al menos una fuente luminosa que emita directa o indirectamente grupos de partículas elementales entrelazadas, como:

- Fotones entrelazados, rayos gamma, rayos X, ultravioleta o visibles,
- Electrones entrelazados, positrones entrelazados, protones entrelazados, átomos entrelazados, moléculas entrelazadas, micelas entrelazadas,
- O combinaciones de conjuntos formados por estas partículas,

**[0030]** Por ejemplo, en el caso de que se utilicen fotones entrelazados, la fotoluminiscencia o termoluminiscencia está causada por una irradiación o iluminación artificial de dos o de varias muestras de uno o más de los materiales fotoluminiscentes o termoluminiscentes mencionados anteriormente, utilizando una radiación iónica compuesta por grupos de partículas, como protones entrelazados, procedentes directa o indirectamente de una fuente.

**[0031]** Cada grupo de fotones entrelazados está compuesto por protones emitidos conjuntamente o a intervalos muy breves por la misma partícula de la fuente, por ejemplo un electrón, un núcleo, un átomo, una molécula. Las fuentes de átomos entrelazados ad hoc que pueden utilizarse con esta invención son, por ejemplo:

- Materiales radioactivos naturales o artificiales que produzcan una radiación en cascada. Por ejemplo, el átomo de Cobalto 60 emite simultáneamente dos partículas gamma que están entrelazadas y que pueden utilizarse para irradiar un material fotoluminiscente o termoluminiscente.
- Los objetivos bombardeados por partículas, como electrones, protones, etc. que emiten protones entrelazados a través del efecto Bremsstrahlung. Por ejemplo, en los aceleradores de electrones que bombardean objetivos, por ejemplo de Tungsteno o de vidrios fosforescentes, se producen grupos de fotones entrelazados gamma, rayos X, ultravioletas o visibles mediante el fenómeno de Bremsstrahlung.
- Los materiales que contienen átomos excitados por el calor, que causa emisiones de fotones en cascada. Por ejemplo, las lámparas de mercurio emiten grupos de fotones ultravioleta entrelazados y como tal, pueden utilizarse para irradiar o iluminar un material fotoluminiscente o termoluminiscente.
- Los cristales no lineales que, cuando son excitados por un rayo laser ad hoc ("bomba"), generan dos nuevos rayos divergentes ("signal" e "idler") de baja potencia. Estos nuevos rayos están completamente o casi completamente entrelazados, o lo que es lo mismo, cada fotón de uno de los rayos está entrelazado con un fotón de los otros rayos. Por ejemplo, los cristales BBO, formados por borato de Bario beta ( $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ ) pueden emitir dos rayos de grupos de fotones ultravioletas o visibles entrelazados, que pueden utilizarse para irradiar o iluminar un material fotoluminiscente o termoluminiscente.

**[0032]** Nota: es necesario distinguir entre el bombardeo de un objetivo utilizado en el efecto Bremsstrahlung para producir fotones entrelazados, y el bombardeo mediante partículas entrelazadas de material fotoluminiscente o termoluminiscente.

**[0033]** En la presente invención, las muestras de material fotoluminiscente o termoluminiscente son simultáneamente bombardeadas, irradiadas o iluminadas por partículas entrelazadas, y concretamente, por fotones entrelazados procedentes de una o más de las fuentes ad hoc mencionadas anteriormente, durante un período de tiempo que dependerá de la optimización del proceso, al producir las fuentes grupos de dos o de varios protones entrelazados. Durante el bombardeo, la irradiación o la iluminación, tan sólo las partículas entrelazadas distribuidas en dos o en varias muestras, cada una de las cuales ha excitado una trampa, resultan útiles para el acoplamiento cuántico, debido a que el entrelazamiento se transfiere desde las partículas a dichas trampas. En el caso concreto de un haz de partículas común a ambas muestras, los acoplamientos cuánticos obtenidos son de carácter parcial, en el sentido de que algunas de las trampas entrelazadas se encuentran localizadas en la misma muestra, y otras se encuentran distribuidas en varias muestras. En el caso de que se produzcan dos haces entrelazados independientes, por ejemplo con cristales no lineales del tipo BBO, una optimización del método consiste en dirigir un haz sobre una de las muestras, y el otro haz sobre la otra muestra. Por consiguiente, el entrelazamiento de las muestras resulta completo o casi totalmente completo. Las superficies de las muestras en las que se implementa el proceso pueden oscilar entre 100 nanómetros cuadrados y un metro cuadrado, en función de la optimización del método utilizada y las tecnologías empleadas.

**[0034]** La presente invención recurre a un fenómeno propio de la mecánica cuántica, según el cual dos o más partículas entrelazadas, en la presente invención los electrones atrapados, mantienen un acoplamiento cuántico cuando se alejan a cualquier distancia, acoplamiento cuántico que resulta prácticamente instantáneo. Por consiguiente, la des-excitación de una provoca la des-excitación de la otra o las otras. Este acoplamiento cuántico puede transferirse de una partícula a

otra por interacción. En el caso de materiales fotoluminiscentes o termoluminiscentes, el acoplamiento cuántico se transfiere desde las partículas entrelazadas, como por ejemplo fotones, a los electrones de la banda de valencia, los cuales son capturados posteriormente en las trampas. La des-excitación de los electrones en las trampas (denominada en adelante estimulación) provoca una emisión de fotones visibles (fenómeno de luminiscencia). En el caso de un acoplamiento cuántico entre dos electrones atrapados, la estimulación de un electrón también causa la correspondiente des-excitación del otro electrón, que provoca una emisión de fotones visibles (fenómeno de luminiscencia). Esta luminiscencia, correlacionada con la estimulación, se mide mediante un sensor, por ejemplo, uno o más fotomultiplicadores, o uno o más fotodiodos, etc.

**[0035]** Existen muchos artículos y libros dedicados al tema del entrelazamiento. Al final de la descripción se facilita una relación de los más importantes.

**[0036]** Las muestras de material fotoluminiscente o termoluminiscente, con posterioridad al bombardeo, la irradiación o la iluminación mediante grupos de partículas entrelazadas, como se ha descrito anteriormente, se separan a continuación en el espacio. En el caso de dos muestras entrelazadas, una muestra, la muestra "maestra", es estimulada, y se mide la luminiscencia de la otra, la muestra "esclava". Puede recurrirse a diversas técnicas ad hoc para explotar los acoplamientos cuánticos entre muestras. Por ejemplo, en termoluminiscencia se utilizan dos técnicas mediante calentamiento y dos técnicas ópticas para estimular la muestra maestra:

- La muestra maestra se puede calentar en su totalidad mediante un dispositivo externo o mediante acción interna, por ejemplo, mediante una resistencia, un rayo de luz infrarroja, visible o ultravioleta, o mediante el fenómeno de la inducción de los elementos incorporados a la muestra, lo que provoca una variación de su luminiscencia, así como una variación parcialmente correlacionada de la luminiscencia de la muestra esclava, la cual se mide en la muestra esclava completa anteriormente mencionada o en parte de dicha muestra esclava. En este caso, todas las trampas se pueden vaciar por completo. Concretamente, esta técnica puede implementarse para las trampas profundas.
- La muestra maestra puede calentarse en un punto de su superficie, por ejemplo mediante el haz convergente de una lente o mediante un rayo láser de luz infrarroja, visible o ultravioleta, que provoca el calentamiento de este punto y una variación de su luminiscencia, así como una variación parcialmente correlacionada de la luminiscencia, causada por la des-excitación de los correspondientes electrones entrelazados situados en la totalidad de la muestra esclava mencionada anteriormente. Las trampas del punto de la muestra maestra que se ha calentado se vacían generalmente por completo, y parte de las trampas de la muestra esclava se vacía. Pueden realizarse múltiples medidas en un grupo de muestras entrelazadas. Concretamente, esta técnica puede utilizarse con las trampas profundas.
- La muestra maestra puede ser brevemente iluminada en su totalidad, por ejemplo, mediante un destello de luz infrarroja, visible o ultravioleta, lo que provoca el vaciado de algunas trampas con una variación de la luminiscencia, así como una variación parcialmente correlacionada de la luminiscencia de la muestra esclava, que se mide en la totalidad o en parte de la muestra maestra mencionada anteriormente. De este modo se pueden realizar diversas medidas, ya que con cada destello se vacía un reducido número de trampas. Concretamente, esta técnica puede implementarse en el caso de las trampas superficiales. No obstante, algunas trampas más profundas pueden transferirse hacia trampas superficiales mediante estimulación fotónica.
- La muestra maestra puede ser brevemente iluminada en una parte reducida de su superficie, por ejemplo, mediante un destello de luz infrarroja, visible o ultravioleta procedente de un láser o de una lente convergente, lo que provoca el vaciado de algunas trampas de la superficie reducida anteriormente mencionada con una variación de la luminiscencia, así como una variación parcialmente correlacionada de la luminiscencia de la muestra esclava, que se mide en la totalidad o en parte de la muestra maestra mencionada anteriormente. De este modo se pueden realizar diversas medidas en cada una de las superficies reducidas, ya que con cada destello se vacían algunas trampas. Concretamente, esta técnica puede implementarse con trampas superficiales. No obstante, las trampas más profundas pueden transferirse hacia trampas superficiales mediante estimulación fotónica.

**[0037]** En un modo específico de optimización de las técnicas ópticas de estimulación que acabamos de mencionar, la muestra maestra y / o la muestra esclava pueden situarse a una temperatura controlada, por ejemplo constante, variable entre 0° C y 200° C a fin de facilitar el vaciado de las trampas de las muestras durante la medida de la luminiscencia de la muestra esclava.

**[0038]** Por ejemplo, en fotoluminiscencia, pueden utilizarse dos técnicas ópticas para estimular la muestra maestra:

- La muestra maestra puede ser brevemente iluminada en su totalidad, por ejemplo, mediante un destello de luz infrarroja, o posiblemente visible o ultravioleta, que provoca el vaciado adicional de algunas trampas con una variación de la luminiscencia, así como una variación parcialmente correlacionada de la luminiscencia de la muestra esclava, que se mide en la totalidad o en parte de la muestra esclava anteriormente mencionada. De este modo puede realizarse un gran número de medidas, ya que son muy pocas las trampas que se vacían a cada destello.
- La muestra maestra puede ser brevemente iluminada en una parte reducida de su superficie, por ejemplo, mediante un destello de luz infrarroja, o posiblemente visible o ultravioleta, procedente de un láser o de una lente convergente, que provoca el vaciado adicional de algunas trampas de la superficie reducida mencionada

anteriormente con una variación de la luminiscencia, así como una variación parcialmente correlacionada de la luminiscencia de la muestra esclava, que se mide en la totalidad o en parte de la muestra esclava anteriormente mencionada. De este modo puede realizarse un gran número de medidas, ya que son muy pocas las trampas que se vacían a cada destello.

5 **[0039]** En termoluminiscencia y en fotoluminiscencia, las técnicas que se han descrito anteriormente pueden utilizarse para transmitir uno o más elementos de información entre una o más muestras maestras entrelazadas y una o más muestras esclavas. En un modo específico de la invención, las muestras entrelazadas pueden ser sucesivamente de tipo maestro para al menos una muestra y esclavo para al menos otra y, posteriormente a la inversa, a fin de  
10 implementar una comunicación en modo semi-dúplex sin alejarse del marco de la invención. En un modo de realización específico de la invención, las muestras entrelazadas, que por ejemplo están compuestas por diversos materiales termoluminiscentes explotados mediante estímulos ópticos, pueden ser simultáneamente maestras o esclavas para  
15 implementar una comunicación en modo dúplex, sin alejarse del marco de la invención. Cuando la técnica permite realizar diversas medidas en el mismo grupo de muestras entrelazadas, se puede utilizar para comunicar información segura o para comunicar sucesivamente diversas informaciones sin tener que implementar un dispositivo de sincronización del cabezal de lectura del sensor de luminiscencia situado en la totalidad o en una parte de la muestra esclava. El sensor único de luminiscencia puede ser sustituido por dos o por varios sensores de luminiscencia situados en la totalidad o en una parte de la muestra esclava. Las combinaciones de las técnicas de estimulación y medición descritas anteriormente se pueden implementar sin alejarse del ámbito de la invención. Una muestra o “reducida superficie” de la muestra anteriormente mencionada, como la utilizada anteriormente, puede contener desde unas pocas trampas hasta un elevado número de éstas, en función de la optimización del método utilizado y de las tecnologías de estimulación y las medidas empleadas. El número de trampas necesarias para la transmisión y recepción de información tiene en cuenta el desvanecimiento y el desvanecimiento inverso, así como la sensibilidad y la precisión de los dispositivos de irradiación o iluminación y de los dispositivos de detección de la luminiscencia.

25 **[0040]** Las trampas de ciertos materiales complejos fotoluminiscentes o termoluminiscentes pueden vaciarse mediante una conversión interna y no emitir luminiscencia durante la estimulación. En este caso, la señal aparece mediante un cambio en la intensidad del desvanecimiento.

**[0041]** Las muestras bombardeadas, irradiadas o iluminadas pueden transportarse a largas distancias y, concretamente, en el caso de la termoluminiscencia, pueden esperar durante períodos prolongados, siendo siempre susceptibles de ser estimuladas. En un modo de realización específico de la invención, al menos una muestra entrelazada puede conservarse a una temperatura muy baja, variable entre los  $-273^{\circ}$  C y los  $20^{\circ}$  C para minimizar el desvanecimiento, lo que prolonga el período de utilización de la muestra. Las trampas tienen una vida media que puede extenderse entre un nanosegundo y 4.600 millones de años.

35 **[0042]** De acuerdo con la teoría de la mecánica cuántica, no existe un método conocido de interferencia entre una muestra maestra y una esclava. La o las esclavas son las únicas que son capaces de recibir las señales procedentes de una o varias maestras, lo que permite implementar la comunicación de elementos claves de criptografía o de códigos de activación.

40 **[0043]** El método que constituye el objeto de la presente invención se describe en las líneas precedentes en su principio en relación con dos muestras de material fotoluminiscente o termoluminiscente, la “maestra” y la “esclava”, preparadas de acuerdo con los métodos descritos para la fase de bombardeo, irradiación o iluminación, y explotadas de acuerdo con las técnicas descritas de estimulación y medición de la luminiscencia.

**[0044]** El método que constituye el objeto de la presente invención también puede implementarse en más de dos muestras preparadas de acuerdo con los métodos descritos para la fase de bombardeo, irradiación o iluminación, sin alejarse del ámbito de la invención: de acuerdo con el método utilizado, las muestras presentan acoplamientos cuánticos entre sí o entre subconjuntos de dichas muestras. Por ejemplo:

- 45 - Si las muestras se sitúan bajo un haz común, incluirán acoplamientos cuánticos distribuidos estadísticamente de forma que cada muestra pueda comunicarse con las demás, teniendo cada una de las muestras la capacidad de actuar como maestra o esclava.
- 50 - Si se sitúan K muestras  $E1_k$  (oscilando K entre 1 y K) bajo un haz entrelazado F1, y M muestras  $E2_m$  (oscilando m entre 1 y M) bajo el otro haz entrelazado F2, cada una de las muestras  $E1_k$  tendrá enlaces cuánticos estadísticamente distribuidos con las muestras  $E2_m$  de forma que cada muestra  $E1_k$  pueda comunicarse con cada muestra  $E2_m$  y cada muestra  $E2_m$  pueda comunicarse con cada muestra  $E1_k$ . Por otra parte, las muestras  $E1_k$  no pueden comunicarse entre sí, y las muestras  $E2_m$  tampoco pueden comunicarse entre sí. Estas propiedades pueden explotarse para conseguir unas comunicaciones “punto a multipunto” y “multipunto a multipunto” ad hoc y seguras.

55 **[0045]** La generalización con el uso de N haces entrelazados (siendo N variable entre 1 y 999), obtenidos, por ejemplo, mediante sucesivas divisiones de rayos mediante diversos cristales BBO, no se aleja del ámbito de la invención. Del mismo modo, la utilización de un estímulo modulado en amplitud y / o frecuencia de una o más muestras maestras para comunicar una variación de luminiscencia parcialmente correlacionada con una o más muestras esclavas, tampoco se

aleja del alcance de la invención. Por último, la extensión del método a dos o más grupos de muestras entrelazadas situadas en uno o más soportes, explotadas simultánea o sucesivamente, mediante una o varias implementaciones de los dispositivos que constituyen el objeto de la invención tampoco se aleja del ámbito de la invención.

5 **[0046]** Los grupos de muestras maestras o muestras esclavas consisten generalmente en sólidos formados por materiales fotoluminiscentes o termoluminiscentes, cristales naturales o artificiales, colocados sobre un soporte incorporado a otros materiales o situado entre los mismos. Estos cristales también pueden utilizarse en diversas formas químicas o físicas, por ejemplo en forma de polvo.

10 **[0047]** Un grupo de muestras entrelazadas puede contener muestras de diversos formatos físicos y químicos. Un grupo de muestras entrelazadas también puede contener muestras, al menos una de las cuales ha sido sometida a una transformación física y/o química tras el bombardeo, la irradiación o la iluminación. Los materiales fotoluminiscentes o termoluminiscentes se seleccionan, por ejemplo, entre los que figuran en las tablas 1 y 2. Pueden utilizarse otros cristales fotoluminiscentes o termoluminiscentes, naturales o artificiales, sin alejarse del ámbito de la invención.

15 **[0048]** Las muestras del mismo grupo pueden tener diferentes naturalezas. Por ejemplo, una puede presentarse en polvo y la otra en una película. También puede utilizarse una muestra de varios materiales fotoluminiscentes o termoluminiscentes de diferente tipo. La irradiación de las muestras puede efectuarse con cualquier tipo de generador de partículas entrelazadas ad hoc, y la detección de la luminiscencia correlacionada de las muestras "esclavas" puede medirse con cualquier detector adecuado. La estimulación de una muestra "maestra" puede implementarse mediante cualquier tipo de fuente adaptada de luz infrarroja, luz visible, luz ultravioleta o una fuente calorífica adaptada.

20 **[0049]** También es posible que el avance de la técnica permita la utilización de instrumentos más sofisticados que los conocidos en la actualidad, y también es posible que los avances representen una mejora de los resultados mencionados en esta invención, sin alejarse del ámbito de la misma. Puede utilizarse una modulación en amplitud de los estímulos para enviar un mensaje. También pueden utilizarse modulaciones más complejas, como la modulación de los estímulos en frecuencia y / o amplitud.

25 **[0050]** Se pueden estimular materiales específicos, en el caso de que se utilice una muestra de materiales, mediante una de las siguientes técnicas de estimulación:

- El calentamiento que implementa las vibraciones de la red de cristal en forma de fonones de energía ( $kT$ ), siendo  $k$  la constante de Boltzmann y  $T$  la temperatura absoluta. Esta técnica es macroscópica. Por ejemplo, la Figura 1 y las tablas 1 y 2 muestran que los materiales que se indican presentan diferentes respuestas en temperatura, con emisión de fotones de diferentes longitudes de onda para cada material fotoluminiscente o termoluminiscente. Por consiguiente, la muestra maestra que contiene una mezcla de materiales fotoluminiscentes o termoluminiscentes puede estimularse de acuerdo con una curva específica de variación de la temperatura en función del tiempo. Por consiguiente, una o varias muestras esclavas que contienen la misma mezcla de materiales fotoluminiscentes o termoluminiscentes, u otra mezcla de proporciones conocidas, presentan entonces un espectro de emisiones de fotones con unas longitudes de onda y amplitudes que varían en función del tiempo, lo que permite mejorar la relación señal/ruido de la transmisión.

- La radiación optimizada, por ejemplo, aportada por una luz láser o infrarroja, o posiblemente visible o ultravioleta, que emite fotones de energía ( $h\nu$ ), siendo  $h$  la constante de Planck y  $\nu$  la frecuencia del fotón. La radiación se optimiza en frecuencia, intensidad y duración para cada material fotoluminiscente o termoluminiscente. La respuesta espectral del material o de la mezcla de materiales utilizados es característica. Las muestras esclavas que contienen la misma mezcla de materiales fotoluminiscentes o termoluminiscentes que la muestra maestra, u otra mezcla de proporciones conocidas, presentarán entonces un espectro de emisiones de fotones en longitudes de onda y amplitudes variables en función del tiempo, lo que permite mejorar la relación señal/ruido de la transmisión. En un modo de realización específico de la técnica de la radiación optimizada, al menos una muestra se puede mantener a baja temperatura (que oscila entre  $-273^\circ\text{C}$  y  $20^\circ\text{C}$ ) para eliminar el efecto secundario de los fonones provocado por el calor, y de este modo obtener un espectro de emisiones de fotones cuyas líneas características se definan mejor. La técnica de la radiación optimizada puede explotarse hasta el nivel microscópico, especialmente en el ámbito de la nanotecnología, bien al nivel de las muestras entrelazadas o al nivel de las superficies reducidas iluminadas de las muestras entrelazadas indicadas anteriormente. La recurrencia de las fases de estimulación / medida puede ser muy superior con estas técnicas, lo que permite alcanzar un elevado flujo de información emitida y recibida.

55 **[0051]** La invención se refiere a un sistema de muestras para comunicar o controlar a distancia una variación de la luminiscencia de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 4, a un proceso de fabricación de un sistema de muestras para comunicar o controlar a distancia una variación de la luminiscencia de acuerdo con las reivindicaciones 5 a 9, y a un método de transmisión para comunicar o controlar a distancia una variación de la luminiscencia de acuerdo con las reivindicaciones 10 a 27.

Breve descripción de las figuras:

**[0052]** La figura 1 representa la respuesta de la luminiscencia durante el calentamiento de dos muestras termoluminiscentes.

**[0053]** La figura 2 representa de forma esquemática la irradiación de dos muestras de un material fotoluminiscente o termoluminiscente mediante radiaciones gamma o X entrelazadas o luz entrelazada ultravioleta o visible.

**[0054]** La figura 3 representa esquemáticamente el principio del acoplamiento cuántico entre la muestra estimulada, o “maestra”, a la izquierda, y la muestra receptora o “esclava”, a la derecha.

**[0055]** La figura 4 muestra un modo de realización de la invención, en el cual se sitúa una pluralidad de muestras en dos películas que pueden irradiarse secuencialmente y conjuntamente mediante rayos gamma, o rayos X entrelazados producidos por un generador, o mediante luz visible o ultravioleta entrelazada.

**[0056]** La figura 5 ilustra el uso de las películas para comunicarse. A la izquierda de la figura, las señales se emiten con modulación en fase o en amplitud del estímulo de la muestra maestra. En la derecha, la señal procedente de la muestra esclava es detectada por un fotomultiplicador o un fotodiodo.

**[0057]** La figura 6 representa películas desenrolladas, tal y como se presentan ante los sistemas de estimulación y detección.

**[0058]** La figura 7 representa esquemáticamente dos dispositivos: uno, a la izquierda, se utiliza como receptor. Sus funciones pueden invertirse, permitiendo la comunicación en modo semi-duplex.

**[0059]** La figura 8 representa esquemáticamente dos dispositivos: uno, situado a la izquierda, se utiliza como transmisor, con una de las muestras, y el otro, situado a la derecha, se utiliza como receptor con la totalidad del resto de las muestras. Esta función permite comunicaciones sencillas sin sincronización de los discos que llevan los grupos de muestras entrelazadas.

**[0060]** La tabla 1 enumera los principales materiales fotoluminiscentes disponibles en la actualidad, así como sus características. Existen numerosos materiales artificiales con diversos átomos de dopaje o combinaciones de átomos de dopaje, o dislocaciones.

**[0061]** La tabla 2 enumera los principales materiales termoluminiscentes disponibles en la actualidad, así como sus características. Existen numerosos materiales artificiales con diversos átomos de dopaje o combinaciones de átomos de dopaje, o dislocaciones. Los datos de esta tabla son aproximados, ya que en ocasiones son diferentes, en función de los autores y de la naturaleza de las muestras.

Métodos de implementación de la invención:

**[0062]** A continuación se describen los métodos de implementación de la invención. No obstante, ha de especificarse que la presente invención puede implementarse de diversas maneras. De este modo, los detalles específicos que se mencionan seguidamente no deberían interpretarse de forma que limiten la implementación, sino de forma descriptiva, para fundamentar las reivindicaciones y desvelar al experto la utilización de la presente invención en la práctica totalidad de los sistemas, estructuras o métodos detallados, y que pueden adaptarse.

**[0063]** De acuerdo con una modalidad específica de la invención, dos muestras de material termoluminiscentes o fotoluminiscentes, por ejemplo, muestras de óxido de aluminio dopado con carbono, son bombardeadas, irradiadas o iluminadas mediante partículas entrelazadas, por ejemplo mediante fotones gamma entrelazados procedentes de un acelerador lineal del tipo CLINAC (Compact Linear Accelerator), durante un período de tiempo suficiente para alcanzar una dosis cercana a la saturación, de aproximadamente 10 Gray ( $J.kg^{-1}$ ), lo cual suele llevar unos minutos. A continuación, estas muestras se mantienen en la oscuridad para no incrementar el “desvanecimiento”. La figura 2 representa esquemáticamente la irradiación de las dos muestras (6) y (7) con haces de radiaciones iónicas entrelazadas (4) y (5) en la cámara oscura (8). La fuente (3) puede ser del tipo CLINAC, por ejemplo, en el caso de la fotoluminiscencia, y las radiaciones entrelazadas (4) y (5) pueden ser rayos ultravioletas o luz visible.

**[0064]** La figura 3 representa esquemáticamente el experimento de una comunicación a distancia. Una separación simbólica (12) representa cualquier medio, así como la distancia existente entre el transmisor, situado a la izquierda, y el receptor, situado a la derecha. La muestra entrelazada (6), o “maestra”, se sitúa en la cámara oscura (9) del transmisor. Una lámpara o un rayo láser de luz infrarroja, o posiblemente de luz visible o ultravioleta (10), se ilumina mediante la radiación (11) y calienta la muestra (6). El calentamiento también puede tener lugar mediante una resistencia, especialmente en el caso de las muestras termoluminiscentes. El sistema receptor también consta de una cámara oscura (15). Incluye la muestra entrelazada (7), “esclava”, cuya luminiscencia (14) ilumina un detector (13), por ejemplo un fotomultiplicador o un fotodiodo. Un sistema, no representado, registra la luminiscencia en función de la temperatura o del tiempo. La implementación de la invención es más compleja, para permitir la transmisión y la recepción de una sucesión de señales, como se indica seguidamente.

**[0065]** De acuerdo con otra modalidad específica de realización de la invención, el bombardeo, la irradiación o la

iluminación se representan en la figura 4. Las muestras se presentan, por ejemplo, en forma de una película de Teflon, que contiene material termoluminiscente o fotoluminiscente. En esta figura, un acelerador de partículas (16) dirige hacia un objetivo (18) una serie de partículas aceleradas (17), por ejemplo, electrones. En la cámara oscura (19), los rayos gamma entrelazados, así como los rayos X, los rayos ultravioletas o los fotones visibles (20) y (21) se envían sobre películas termoluminiscentes o fotoluminiscentes (22) y (23) para la irradiación de superficies que pueden adoptar cualquier forma, cuadrada, o de círculos o rectángulos. En adelante, se denominarán “cuadros”. Estos cuadros se presentarán de forma síncrona, uno a uno, y se detendrán durante el tiempo de irradiación necesario para enviar y recibir los mensajes. Las películas se encuentran enrolladas en contenedores (24) y (25). El desenrollado de las películas para la irradiación de cada cuadro viene asegurado por los mecanismos (26) y (29). El rebobinado puede llevarse a cabo mediante los mecanismos (28) y (27). Estos mecanismos están controlados mediante un temporizador (30). Este temporizador también controla el acelerador de partículas (16). Puede realizarse de forma secuencial un elevado número de irradiaciones correlacionadas para cada contenedor. Uno de los contenedores contiene la película “maestra”, y el otro contiene la película “esclava”. Los contenedores anteriormente mencionados son estancos a la luz, al igual que los contenedores de película fotográfica.

**[0066]** De acuerdo con el mismo modo de implementación de la invención, la figura 5 representa la estimulación a distancia de la película esclava. Una separación simbólica (41) representa cualquier medio, así como la distancia entre el transmisor situado a la izquierda y el receptor situado a la derecha. La parte izquierda de la figura representa el dispositivo que provoca la estimulación de las muestras maestras (34), irradiadas anteriormente, al mismo tiempo que las muestras esclavas, para emitir mensajes. Estas muestras procedentes de la película contenida en los contenedores (35) y (36), se exponen en la cámara oscura (32) a la radiación de una luz infrarroja o posiblemente visible o ultravioleta (33), procedente de la fuente de luz (31), por ejemplo, un láser. Los mecanismos (37) y (38) garantizan el desenrollado de la película termoluminiscente o fotoluminiscente. Un temporizador (39) ajusta el funcionamiento de los mecanismos de desenrollado de la película cuadro a cuadro y la iluminación de la fuente (31). Las señales que van a transmitirse son aportadas por el generador (40), que controla la modulación de la intensidad en amplitud, así como la duración del estímulo para cada cuadro.

**[0067]** La parte derecha de la figura 5 representa el receptor de señales. Un detector de luminiscencia, por ejemplo un fotomultiplicador o un fotodiodo (43), se encuentra situado en la pared de una cámara oscura (44). Recibe la radiación de luminiscencia (45) emitida por el cuadro (46) de una película termoluminiscente o fotoluminiscente. Esta película está contenida en los propios contenedores (47) y (48), que son accionados por los mecanismos (49) y (50). El temporizador (51) controla los mecanismos y el grabador (42). No es necesaria la comunicación para la sincronización de la emisión y de la recepción, debido a que el dispositivo está en espera en el primer cuadro. Cuando aparece una señal, la secuencia de presentación de los cuadros receptores se inicia a una cadencia acordada, idéntica a la del sistema emisor.

**[0068]** En otro modo de implementación, las películas pueden desplazarse simultánea y continuamente para su exposición a la radiación entrelazada, como se muestra en la figura 4. Para efectuar una telecomunicación entre una película maestra y una película esclava, como se indica en la figura 5, la esclava se mantiene a la espera al comienzo de la película esclava. Cuando aparece una señal, el desenrollado de la película esclava se lleva a cabo a una velocidad idéntica a la velocidad de desenrollado de la película maestra. También es posible codificar la parada de la película esclava y su nueva puesta en marcha. Por supuesto, a lo largo de todas estas mediciones, se tiene en cuenta el descenso natural, muy paulatino, de la luminiscencia de las sustancias termoluminiscentes o fotoluminiscentes utilizadas.

**[0069]** Los aparatos descritos anteriormente constituyen ejemplos de implementación. Pueden utilizarse otros medios para presentar de presentación de las muestras o películas para su irradiación y detección, sin alejarse del ámbito de la invención. Concretamente, es posible utilizar dos haces independientes de partículas entrelazadas o de rayos gamma, rayos X o de luz ultravioleta o visible entrelazados, para el bombardeo, la irradiación o la iluminación, sin alejarse del alcance de la invención.

**[0070]** En la figura 6 se muestra un ejemplo de película. En la película (55), las pequeñas superficies de película “maestra”, (58), (60),... (74) y en la película (56), las pequeñas superficies de película “esclava”, (57), (59),... (75), son irradiadas dos a dos simultáneamente e independientemente mediante haces independientes de partículas entrelazadas dos a dos. Las muestras maestra y esclava pueden entonces separarse a largas distancias, a través de cualquier medio, y explotarse las películas de la forma siguiente: estando cada una de ellas en una cámara oscura: el generador de fotones de luz infrarroja, o posiblemente visible o iluminada (53) ilumina fuertemente una pequeña superficie (58), siendo entonces recibida una potente señal por el detector de luminiscencia, por ejemplo un fotomultiplicador o fotodiodo (54). A continuación se inicia un movimiento sincronizado de las dos películas. Las superficies (60), (62), (64),... etc se iluminan entonces sucesivamente con diversas intensidades y se graban las correspondientes señales sobre las superficies (59), (61), (63),... etc. Para detener el movimiento de las películas, por ejemplo, se aplican secuencialmente dos fuertes iluminaciones a las superficies (66) y (68) de la película maestra. Estas fuertes señales son detectadas por la película esclava en (65) y (67) y provocan la detención de la película esclava. El reinicio de las películas se efectúa mediante una fuerte iluminación de la superficie (70) que provoca una potente señal sobre la superficie (69) y la nueva puesta en marcha de la película esclava. Se transmiten nuevas señales con la superficie (72) y siguientes, que corresponden a la superficie (71) y siguientes. Una potente señal en la superficie (74) recibida por la superficie (73) indica el final del mensaje. Este modo de implementación tan elemental puede diseñarse de forma más

compleja, sin alejarse del alcance de la invención.

**[0071]** Las películas pueden ser sustituidas por discos, pequeñas superficies situadas en una o más circunferencias, sin alejarse del ámbito de la invención. Tanto en el caso de las películas como en el de los discos, las superficies pueden unirse para formar una traza prolongada, y la irradiación, al igual que la estimulación y la detención, pueden llevarse a cabo nuevamente mediante el desplazamiento continuo de las películas o la rotación continua de los discos sin alejarse del ámbito de la invención.

**[0072]** El generador de fotones de estimulación (53) y el detector de luminiscencia (54) de la figura 6 pueden reagruparse en el mismo instrumento, como se muestra en la figura 7. Los soportes de los materiales termoluminiscentes o fotoluminiscentes bombardeados, irradiados o iluminados previamente, realizados, por ejemplo, con películas o discos, pueden utilizarse como transmisores de señal o como receptores. De este modo puede establecerse entonces una transmisión en modo semi-dúplex. En la figura 7, el recinto (76) contiene el generador de fotones infrarrojos, o posiblemente de luz visible o ultravioleta para la estimulación (77) y el detector de luminiscencia (78). Se encuentran orientados de forma que iluminen la superficie (75) para estimularla en el modo de emisión, como se muestra en la parte izquierda, o para detectar la luminiscencia de la superficie (75) en el modo de recepción, como se muestra en la parte derecha. Este transmisor-receptor se encuentra normalmente en espera en un modo de recepción (parte derecha de la figura). Se utiliza exclusivamente en modo de emisión cuando debe enviarse un mensaje. En el modo de emisión (parte izquierda de la figura), un obturador (79) protege el detector frente a la luminiscencia.

**[0073]** Cuando se solicita una confirmación de la información transmitida, se utilizan dos sistemas, como el descrito en la figura 5. Por ejemplo, Alice y Bob tienen cada uno de ellos dos películas o discos entrelazados dos a dos, equipado cada uno de ellos con un generador de fotones infrarrojos o posiblemente de luz visible o ultravioleta, y con un detector de luminiscencia, por ejemplo un fotomultiplicador o fotodiodo. Posteriormente, la telecomunicación entre Alice y Bob puede ser efectuada en modo dúplex.

**[0074]** La figura 8 muestra esquemáticamente otro modo de explotación de dos soportes, por ejemplo de los discos, que contienen muestras entrelazadas dos a dos. El disco maestro (84) se encuentra situado en la cámara oscura (80). La muestra (82), por ejemplo, es estimulada, por ejemplo por el láser de luz infrarroja o posiblemente visible o ultravioleta (86). En la cámara oscura (81) la correspondiente muestra entrelazada (83) del soporte esclavo (85) produce una variación de la luminiscencia parcialmente correlacionada, que es medida mediante un dispositivo convergente, por ejemplo una lente (88), por el detector de luminiscencia (87). Dicho detector puede recibir la luminiscencia de cualquier muestra de soporte (85). Por consiguiente, no es necesaria ninguna sincronización entre los dos soportes (84) y (85) en esta implementación de la invención para transmitir y recibir un mensaje. Los elementos (87) y (88) pueden ser sustituidos por una cámara digital con varios millones de píxeles, los que hace posible explotar la información asociada al emplazamiento de la muestra esclava.

Posibilidades de aplicaciones industriales:

**[0075]** Existen diversas aplicaciones industriales posibles: señales de emergencia en las minas, lechos marinos, a distancias interplanetarias, etc.

**[0076]** Los dispositivos conformes con la invención, incluyendo kits comerciales de demostración del método, pueden consistir total o parcialmente en los siguientes dispositivos:

- Aparatos de bombardeo, irradiación o iluminación de partículas entrelazadas, como se ha descrito anteriormente,
- Aparatos de estimulación como se ha descrito anteriormente,
- Aparatos de detección de la luminiscencia, como se ha descrito anteriormente.

**[0077]** Algunos de estos aparatos, en el sentido de que están diseñados para implementar el método que constituye el objeto de la presente invención pueden ser concebidos, fabricados o montados por la misma empresa o por diferentes empresas, en el mismo lugar o en diferentes lugares, sin alejarse del ámbito de la protección solicitada por esta patente, en la medida en que los dispositivos anteriormente mencionados se encuentren concebidos, o hayan sido fabricados o montados en el lugar de protección de esta patente, incluyendo aeronaves, buques y naves submarinas y espaciales, así como sondas terrestres, marinas y espaciales.

**[0078]** Algunos de estos dispositivos, en el sentido de que están diseñados para implementar el método que constituye el objeto de la presente invención, pueden ser explotados por la misma empresa o por diferentes empresas, en el mismo lugar o en diferentes lugares, sin alejarse del ámbito de la protección solicitada por esta patente, en la medida en que los dispositivos anteriormente mencionados sean explotados en el lugar de protección de esta patente, incluyendo aeronaves, buques y naves submarinas y espaciales, así como sondas terrestres, marinas y espaciales.

**[0079]** Pueden establecerse comunicaciones unidireccionales, semi-dúplex o dúplex sencillas con materiales termoluminiscentes o fotoluminiscentes con una prolongada vida útil. Estas comunicaciones sólo pueden ser recibidas por las muestras receptoras. Por lo tanto, son estrictamente secretas. También son prácticamente instantáneas y pueden implementarse a través de todos los medios y de cualquier distancia.

## Referencias

**[0080]**

- 5 [1] Einstein A., Podolsky B., Rosen N., «Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?», Phys. Rev. 47, 777, (1935)
- [2] Bell J. S., «*Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics*», New York, Cambridge University Press, 1993.
- [3] Aspect A., «Trois tests expérimentaux des inégalités de Bell par mesure de corrélation de polarisation de photons», Doctoral Dissertation, Université Paris-Orsay, 1<sup>er</sup> Février 1983.
- 10 [4] Townsend P. D., Rarity J. G., Tapster P. R., «Single-Photon Interference in 10 km Long Optical-Fiber», Electronics Letters, V 29, p. 634, 1993.
- [5] Duncan A. J., and Kleinpopp H., «*Quantum Mechanics versus Local Realism*», (F. Selleri, ed.), Plenum, New York, 1988.
- 15 [6] Richardson B. Coburn, and T. G. Chasteen T. G., «*Experience the Extraordinary Chemistry of Ordinary Things*», John Wiley and Sons: New York, 2003, 343 pages.
- [7] Weber M. J. and Tompson B. J. "Selected Papers on Photoluminescence of Inorganic Solids», SPIE Milestone Series, V. Ms 150, Aug 1998.
- [8] Pelton M. et al., «Triggered single photons and entangled photons from a quantum dot microcavity», Eur. Phys. J., D 18, 179-190 (2002).
- 20 [9] Johnson B. D., «Infrared Diode Laser Excites Visible Fluorophores», Photonics, Dec. 2001.
- [10] Compton K. «Image Performance in CRT Displays» (Tutorial Texts in Optical Engineering, Vol. TT54), SPIE, Jan. 2003.
- [11] Sergienko A. V., and Jeager G. S., «Quantum information processing and precise optical measurement with entangled-photon pairs», Contemporary Physics, V. 44, No. 4, July-Aug. 2003, 341-356.
- 25 [12] Greenberger D.M., Horne M.A., and Zeilinger A., "Multiparticle Interferometry and the Superposition Principle", Physics Today 46 8 (1993).
- [13] Blinov B. B., et al, «Observation of entanglement between a single trapped atom and a single photon». Nature, 428, 153-157, (11 March 2004).
- 30 [14] Julsgaard B., Kozhekin A., and Polzik E; S., «Experimental long-lived entanglement of two macroscopic objects», Nature, 413, 400-403,(2001).
- [15] Justus B. L. et al., «Dosimetry measurements», CRC Press LLC,(2000).
- [16] Shani G., "Radiation Dosimetry: Instrumentation and Methods», CRC Press (January 2001).
- [17] Botter-Jensen L., McKeever S; W; S., and Wintle A; G., "*Optically Stimulated Luminescence Dosimetry*", Elsevier, Amsterdam, NL, (2003).
- 35 [18] McKeever S. W. S., "*Thermoluminescence of solids*", Cambridge University Press, 1985.
- [19] Furetta C., "*Handbook of Thermoluminescence*", World Scientific Publishing Company (March 1, 2003).
- [20] Greenberger D., et al., "Bell's Theorem Without Inequalities», Amer. J. of Phys., **58**, (12), Dec. 1990.
- [21] Smith A., V., "How to select non linear crystal and model their performance using SNLO software", SLNO software from Sandia National Laboratory. (<http://www.sandia.gov/imrl/XWEB1128/snloftp.htm>)
- 40

Tablas:

[0081]

Tabla 1

Sustancia	Composición química	Pico de excitación (nm)	Pico de emisión (nm)	Luminiscencia visible durante	Duración de la excitación (minutos)
SrS: Ca, Bi	SrS: Ca, Bi	360	480	45 días	30
ZnS: Cu	ZnS: Cu	360	520	200 min.	4
ZnS: Cu: Mn	ZnS: Cu: Mn	360	640	600 min.	4
SrAl + add.	Conf.	360	640	45 días	30
SrAl + add.	Conf.	360	650	45 días	30
SrAl + add.	Conf.	360	670	45 días	30
SrAl + add.	Conf.	360	680	45 días	30
SrAl + add.	Conf.	360	580	45 días	30
SrAl + add.	Conf.	360	500	45 días	30
Add. Aditivo no revelado; Conf. Confidencial.					

5

Tabla 2

Sustancia	Molécula	Temperatura máxima (°C)	Longitud de onda (nm)	Saturación Gray (J/kg)	Desvanecimiento (% /año)
Calcita	CO <sub>3</sub> Ca: Impurezas	275		120	0.001
Cuarzo natural	SiO <sub>2</sub> : Impurezas	370	370 460-560	1000	0;001
Cuarzo segundo ciclo	SiO <sub>2</sub> : Impurezas	110	560	400	5
Cuarzo molido dopado	SiO <sub>2</sub> : Cu	130-185	500	400	5
Zirconio	ZrSiO <sub>4</sub> : Impurezas	300	365	100	0.001
Feldespato potásico	Si <sub>3</sub> AlO <sub>9</sub> : K	150-270	380	2000	0.03
Cristal de borosilicato	SiO <sub>2</sub> -B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> O: impurezas	220	500	300	0.01
Óxido de aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : C	180	325-410	50	12

ES 2 391 638 T3

Sustancia	Molécula	Temperatura máxima (°C)	Longitud de onda (nm)	Saturación Gray (J/kg)	Desvanecimiento (% /año)
Fluoruro de litio	LiF: Mg, Cu, P	155	410	1000	5
Fluoruro de litio	LiF: Mg, Cu, Na, Si	230	410	1000	5
Fluoruro de calcio	CaF <sub>2</sub> : Mn	285-390	340	1000	5
Sulfato de calcio	CaSO <sub>4</sub> : Dy	220	340-360	100	4

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de muestras para comunicar o controlar a distancia una variación de la luminiscencia, en el cual cada una de las muestras anteriormente mencionadas contiene al menos un material fotoluminiscente o termoluminiscente que presenta al menos un estado excitado, comprendiendo el sistema de muestras anteriormente mencionado grupos de dos o más electrones alojados en trampas de dichos materiales fotoluminiscentes o termoluminiscentes excitados mencionados anteriormente, estando los electrones de los grupos anteriormente mencionados entrelazados entre sí, y distribuidos en los materiales anteriormente mencionados de las muestras de dicho sistema de muestras, de forma que una serie de las conexiones cuánticas obtenidas se encuentra distribuida en diversas muestras, denominándose dichas muestras, muestras entrelazadas, formando dichas muestras entrelazadas un sistema de muestras que pueden estar separadas en el espacio, al tiempo que mantienen unas conexiones cuánticas remotas entre algunos de dichos electrones atrapados en los materiales fotoluminiscentes o termoluminiscentes de las muestras entrelazadas independientes anteriormente mencionadas.
2. Sistema de muestras conforme a la reivindicación 1, en el que el material fotoluminiscente o termoluminiscente anteriormente mencionado se selecciona entre diversos materiales artificiales o materiales naturales que contienen impurezas o dislocaciones, o entre réplicas de materiales naturales que contengan impurezas o dislocaciones.
3. Sistema de muestras conforme a cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, donde los materiales anteriormente mencionados contenidos en dichas muestras son termoluminiscentes.
4. Sistema de muestras conforme a cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, donde los materiales anteriormente mencionados contenidos en dichas muestras son fotoluminiscentes.
5. Proceso de fabricación de un sistema de muestras para comunicar o controlar a distancia una variación de la luminiscencia, en el cual dos o más de las muestras, conteniendo cada una de ellas, al menos, un material fotoluminiscente o termoluminiscente se preparan de forma simultánea mediante bombardeo, irradiación o iluminación de dichos materiales mediante al menos una fuente que emite directa o indirectamente grupos de partículas entrelazadas, de forma que algunas de las conexiones cuánticas obtenidas se distribuyen en varias muestras, separándose dichas muestras, una vez bombardeadas, irradiadas o iluminadas a fin de formar un sistema de muestras entrelazadas.
6. Proceso de fabricación conforme a la reivindicación 5, en el cual dichas partículas entrelazadas están formadas por fotones gamma entrelazados, fotones de rayos X entrelazados, fotones entrelazados de luz ultravioleta o visible, emitidos, por ejemplo, por un material radioactivo natural o artificial compuesto por átomos que emiten diversos protones en cascada, o por un objetivo bombardeado por partículas aceleradas que emiten grupos de fotones por el efecto Bremsstrahlung, o por un material formado por átomos que emiten en cascada, por ionización, grupos de fotones entrelazados, o por un generador de grupos de fotones entrelazados que emiten dichos grupos de fotones distribuidos al menos en dos haces independientes y parcialmente o casi completamente entrelazados, o por una combinación de dichos procesos.
7. Proceso de fabricación conforme a la reivindicación 5, en el cual las partículas entrelazadas anteriormente mencionadas están compuestas por electrones entrelazados, o por positrones entrelazados o por protones entrelazados o por átomos entrelazados, o por moléculas entrelazadas o micelas entrelazadas, o por combinaciones o conjuntos de estas partículas.
8. Proceso de fabricación conforme con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que los materiales anteriormente mencionados contenidos en dichas muestras son termoluminiscentes.
9. Proceso de fabricación conforme con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que los materiales anteriormente mencionados contenidos en dichas muestras son fotoluminiscentes.
10. Método de transmisión para comunicar o controlar a distancia una variación de la luminiscencia, en el que un sistema de muestras que contiene cada una de ellas al menos un material fotoluminiscente o termoluminiscente presenta al menos un estado excitado y comprende grupos formados por dos o más electrones alojados en trampas de los materiales fotoluminiscentes o termoluminiscentes anteriormente mencionados y que son excitados, entrelazándose dichos electrones entre sí y distribuyéndose en los materiales anteriormente mencionados de las muestras del sistema de muestras anteriormente mencionado, de forma que se distribuyen una serie de conexiones cuánticas entre dichos electrones en las diversas muestras, denominadas en adelante las muestras entrelazadas, y que forman un sistema de muestras entrelazadas, que se utiliza para las siguientes etapas:
- emisión de al menos un elemento de información o de al menos una señal de control provocando al menos una estimulación modulada en amplitud y/o en frecuencia al menos en una de las muestras entrelazadas anteriormente mencionadas, denominada la muestra entrelazada maestra,
  - determinación de la recepción de al menos un elemento de información o al menos una señal de control remoto, midiendo al menos una variación de la luminiscencia parcialmente correlacionada en al menos otra de

las muestras entrelazadas anteriormente mencionadas, denominada la muestra entrelazada esclava, durante la estimulación modulada en amplitud y/o en frecuencia de la muestra entrelazada maestra anteriormente mencionada, prácticamente de forma instantánea, independientemente de las distancias que separan las muestras entrelazadas y los medios que separan estas muestras entrelazadas o en los cuales se encuentran situadas.

5

11. Método de transmisión conforme a la reivindicación 10, en el cual al menos uno de dichos estímulos modulados en amplitud y/o en frecuencia al menos en una de dichas muestras maestras anteriormente mencionadas, está causado mediante el calentamiento de la totalidad o el calentamiento de al menos un punto de su superficie, o mediante la estimulación óptica de la totalidad de su superficie utilizando al menos un destello de luz infrarroja, visible o ultravioleta, o mediante la estimulación óptica utilizando al menos un destello de luz infrarroja, visible o ultravioleta en al menos un punto de su superficie, o mediante una combinación de dichos procesos.

10

12. Método de transmisión conforme a cualquiera de las reivindicaciones 10 u 11 en el que al menos la muestra maestra entrelazada anteriormente mencionada y al menos la muestra esclava entrelazada anteriormente mencionada contienen al menos dos tipos de materiales fotoluminiscentes o termoluminiscentes, que son excitados, en los que la variación de luminiscencia parcialmente correlacionada de dos o más de los mismos se mide de forma simultánea en la totalidad o en una parte de al menos una de las muestras esclavas entrelazadas anteriormente mencionadas.

15

13. Método de transmisión conforme con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que al menos una de las muestras entrelazadas mencionadas anteriormente contiene un tipo de materiales fotoluminiscentes o termoluminiscentes excitados, y cuya luminiscencia comprende una pluralidad de líneas ópticas, de las cuales al menos una se mide al menos en dicha muestra esclava anteriormente mencionada.

20

14. Método de transmisión conforme con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en el que la estimulación mencionada anteriormente, que está modulada en amplitud y/o frecuencia, es una estimulación por calentamiento de al menos dicha muestra maestra entrelazada, que está modulada en función del tiempo y optimizada para al menos un material fotoluminiscente o termoluminiscente, y en la que la variación de luminiscencia parcialmente correlacionada de al menos dicha muestra esclava entrelazada se mide en función del tiempo para mejorar la relación señal/ruido de la transmisión.

25

15. Método de transmisión conforme con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, en el que dicho estímulo, que está modulado en amplitud y/o frecuencia, es un estímulo producido mediante la radiación infrarroja, visible, o ultravioleta de al menos una de dichas muestras entrelazadas, optimizada en energía, de los fotones correspondientes al menos a un material fotoluminiscente o termoluminiscente, y en el que se mide la respuesta espectral de dicha variación parcialmente correlacionada de la luminiscencia de al menos una de dichas muestras esclavas entrelazadas, a fin de mejorar la relación señal/ruido de la transmisión y de la recepción.

30

16. Método de transmisión conforme con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15 en el que al menos una de dichas muestras esclavas se explota a baja temperatura, comprendida entre  $-273^{\circ}\text{C}$  y  $20^{\circ}\text{C}$  a fin de eliminar los efectos secundarios de los fonones debidos al calentamiento, y obtener de este modo un espectro de emisiones de fotones cuyas líneas características se encuentren mejor definidas.

35

17. Método de transmisión conforme con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16, en el que al menos una de dichas muestras entrelazadas se mantiene a baja temperatura, comprendida entre  $-273^{\circ}\text{C}$  y  $20^{\circ}\text{C}$  a fin de minimizar el desvanecimiento, lo que prolonga el período de utilización de dicha muestra entrelazada.

40

18. Método de transmisión conforme con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17 en el que al menos dos soportes ad hoc comprenden una pluralidad de dichos sistemas de muestras entrelazadas y en el que al menos dicha variación parcialmente correlacionada de la luminiscencia se mide al menos en una de dichas muestras esclavas entrelazadas, utilizando un dispositivo que comprende una cámara óptica digital, haciendo posible localizar dicha muestra esclava en su soporte anteriormente mencionado, e identificar de este modo al menos la correspondiente muestra maestra entrelazada, que ha sido estimulada, y que por tanto pertenece al mismo sistema de muestras entrelazadas, en al menos uno de los otros soportes, permitiendo de este modo la transmisión y recepción de información o controles remotos.

45

19. Método de transmisión conforme con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 18 en el que dicho sistema de muestras entrelazadas se ha preparado simultáneamente a partir de dos o más muestras que contienen cada una un material fotoluminiscente o termoluminiscente que presenta al menos un estado excitado obtenido mediante bombardeo, irradiación o iluminación mediante al menos una fuente que emite directa o indirectamente grupos de partículas entrelazadas, de forma que algunas de las conexiones cuánticas obtenidas se distribuyen en diversas muestras, separándose dichas muestras, una vez bombardeadas, irradiadas o iluminadas, a fin de formar dicho sistema de muestras entrelazadas.

50

55

20. Método de transmisión conforme con la reivindicación 19, en el que dichas partículas entrelazadas, formadas por rayos gamma entrelazados, rayos X entrelazados, fotones entrelazados ultravioletas o visibles, emitidos, por ejemplo por un material radioactivo natural o artificial formado por átomos que emiten varios fotones en cascada, o por un objetivo bombardeado por partículas aceleradas que emite grupos de fotones por el efecto

60

Bremsstrahlung, o por un material constituido por átomos que emiten en cascada por ionización grupos de fotones entrelazados, o por un generador de grupos de fotones entrelazados que emiten estos grupos de fotones distribuidos al menos en dos haces independientes y parcialmente o casi completamente entrelazados, o mediante una combinación de ambos procesos.

- 5 21. Método de transmisión conforme con la reivindicación 19 en el que dichas partículas entrelazadas están compuestas por electrones entrelazados, positrones entrelazados o protones entrelazados, o por átomos entrelazados, moléculas entrelazadas, micelas entrelazadas o combinaciones o conjuntos de dichas partículas.
22. Método de transmisión conforme con cualquiera de las reivindicaciones 19 a 21 en el cual:
- 10 - la preparación realizada mediante dicho bombardeo o dicha irradiación o iluminación se ha llevado a cabo mediante N haces independientes que se encuentran completamente o casi completamente entrelazados N a N,
- se ha preparado previamente una de dichas muestras entrelazadas mediante uno de los N haces entrelazados, o al menos dos de dichas muestras maestras entrelazadas se han preparado anteriormente de forma conjunta mediante uno de los N haces entrelazados,
- 15 - una de dichas muestras esclavas entrelazadas se ha preparado previamente mediante otro de los N haces entrelazados, o al menos dos de dichas muestras entrelazadas se han preparado previamente de forma conjunta mediante otro de los N haces entrelazados, teniendo N un valor que oscila entre 2 y 999.
23. Método de transmisión conforme con la reivindicación 22 en el que N tiene un valor de 2, siendo producidos dichos haces, por ejemplo, mediante un cristal no lineal.
- 20 24. Método de transmisión conforme con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 23 en el que dichos materiales contenidos en dichas muestras son termoluminiscentes.
- 25 25. Método de transmisión conforme con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 23 en el que dichos materiales contenidos en dichas muestras son fotoluminiscentes.
26. Dispositivo caracterizado porque está especialmente adaptado para una pluralidad de implementaciones de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8 relativas al método para la producción de soportes que comprenden una pluralidad de dichos sistemas de muestras entrelazadas.
27. Sistema de transmisión cuántica caracterizado porque está especialmente adaptado para la implementación de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 25 relativas al método.

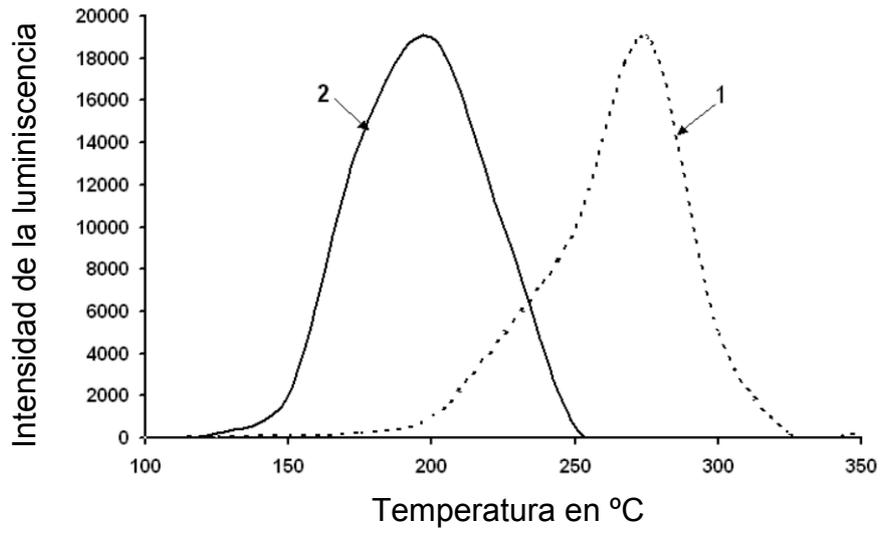


Figura 1

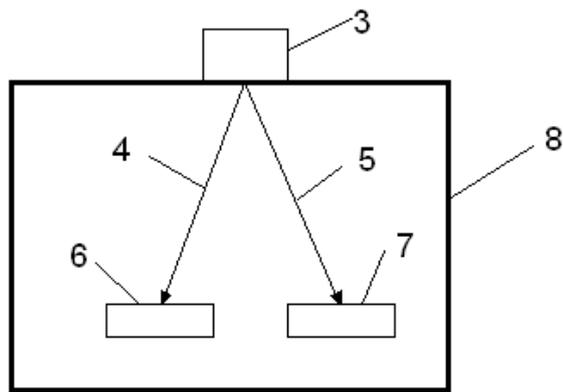


Figura 2

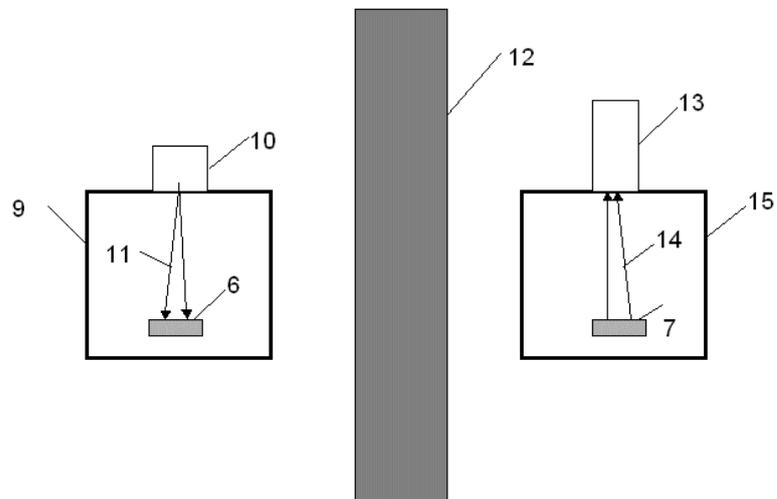


Figura 3

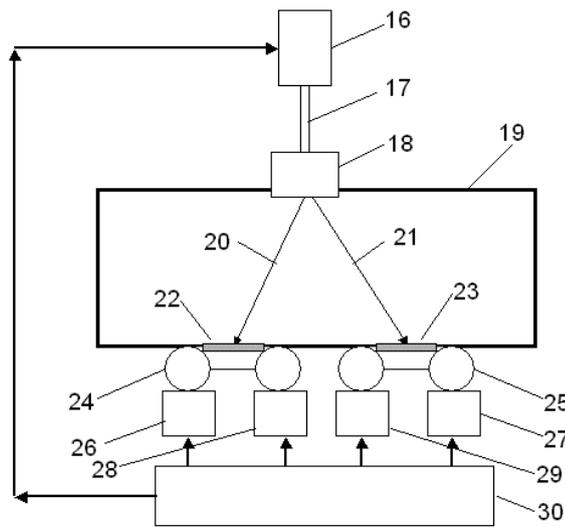


Figura 4

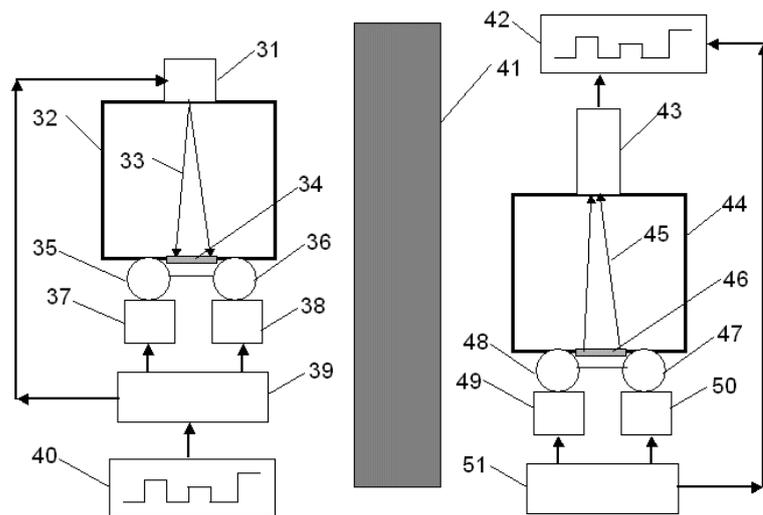


Figura 5

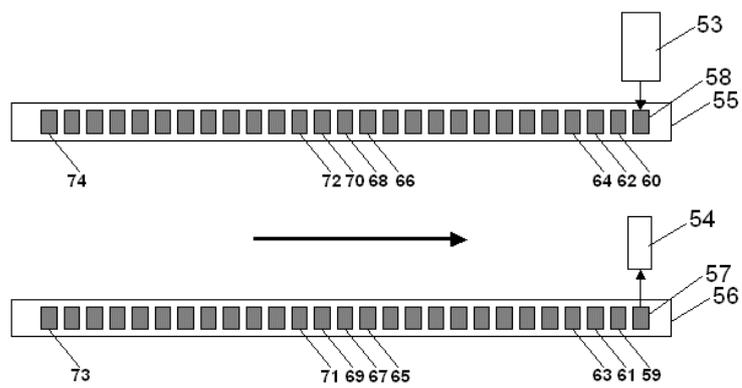


Figura 6

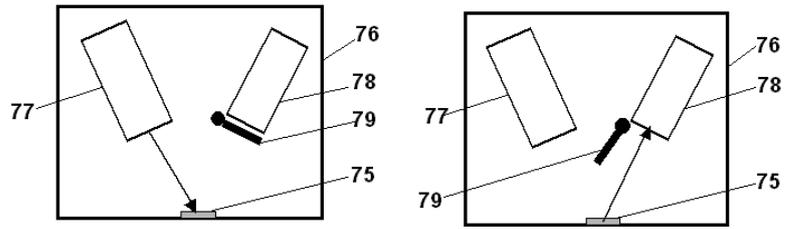


Figura 7

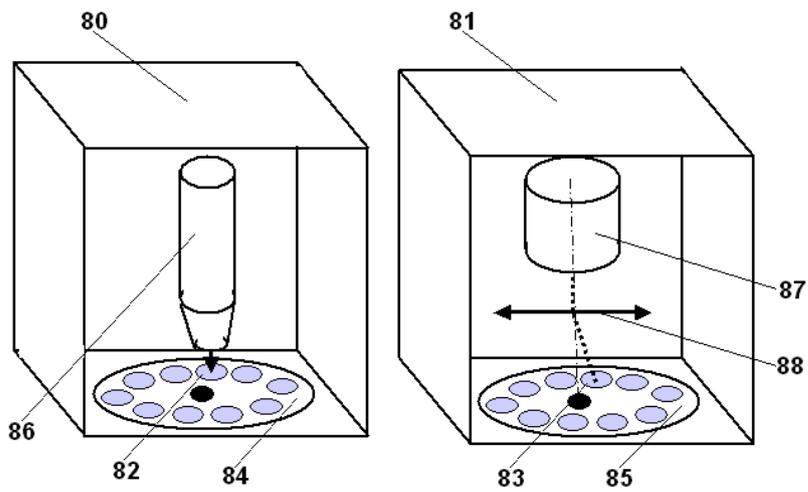


Figura 8

Sustancia	Composición química	Pico de excitación (nm)	Pico de emisión (nm)	Luminiscencia visible durante	Duración de la excitación (minutos)
SrS: Ca, Bi	SrS: Ca, Bi	360	480	45 días	30
ZnS: Cu	ZnS: Cu	360	520	200 min.	4
ZnS: Cu: Mn	ZnS: Cu: Mn	360	640	600 min.	4
SrAl + add.	Conf.	360	640	45 días	30
SrAl + add.	Conf.	360	650	45 días	30
SrAl + add.	Conf.	360	670	45 días	30
SrAl + add.	Conf.	360	680	45 días	30
SrAl + add.	Conf.	360	580	45 días	30
SrAl + add.	Conf.	360	500	45 días	30

Add. Aditivo no revelado; Conf. Confidencial.

Tabla 1

ES 2 391 638 T3

Sustancia	Molécula	Temperatura máxima (°C)	Longitud de onda (nm)	Saturación Gray (J/kg)	Desvanecimiento (% /año)
Calcita	CO <sub>3</sub> Ca: Impurezas	275		120	0.001
Cuarzo natural	SiO <sub>2</sub> : Impurezas	370	370 460-560	1000	0,001
Cuarzo segundo ciclo	SiO <sub>2</sub> : Impurezas	110	560	400	5
Cuarzo molido dopado	SiO <sub>2</sub> : Cu	130-185	500	400	5
Zirconio	ZrSiO <sub>4</sub> : Impurezas	300	365	100	0.001
Feldespato potásico	Si <sub>3</sub> AlO <sub>9</sub> : K	150-270	380	2000	0.03
Cristal de borosilicato	SiO <sub>2</sub> -B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> O: impurezas	220	500	300	0.01
Óxido de aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : C	180	325-410	50	12
Fluoruro de litio	LiF: Mg, Cu, P	155	410	1000	5
Fluoruro de litio	LiF: Mg, Cu, Na, Si	230	410	1000	5
Fluoruro de calcio	CaF <sub>2</sub> : Mn	285-390	340	1000	5
Sulfato de calcio	CaSO <sub>4</sub> : Dy	220	340-360	100	4

Tabla 2

## REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

## Documentos de patente citado en la descripción

- US 20030133714 A1 [0028]

## Bibliografía de patentes citada en la descripción

- **EINSTEIN A. ; PODOLSKY B. ; ROSEN N.** Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?. Phys. Rev., 1935, vol. 47, 777 [0080]
- **BELL J. S.** «Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics», New York. Cambridge University Press, 1993 [0080]
- **ASPECT A.** Trois tests expérimentaux des inégalités de Bell par mesure de corrélation de polarisation de photons. Doctoral Dissertation, 01 Février 1983 [0080]
- **TOWNSEND P. D. ; RARITY J. G. ; TAPSTER P. R.** Single-Photon Interference in 10 km Long Optical- Fiber. Electronics Letters, vol. 29, 634 [0080]
- **DUNCAN A. J. ; KLEINPOPPEN H.** Quantum Mechanics versus Local Realism. Plenum, 1988 [0080]
- **RICHARDSON B. COBURN ; T. G. CHASTEEN T. G.** Experience the Extraordinary Chemistry of Ordinary Things. John Wiley and Sons, 2003, 343 [0080]
- **WEBER M. J. ; TOMPSON B. J.** Selected Papers on Photoluminescence of Inorganic Solids. SPIE Milestone Series, Août 1998, vol. Ms 150 [0080]
- **PELTON M. et al.** Triggered single photons and entangled photons from a quantum dot microcavity. Eur. Phys. J., 2002, vol. D 18, 179-190 [0080]
- **JOHNSON B. D.** Infrared Diode Laser Excites Visible Fluorophores. Photonics, Décembre 2001 [0080]
- **COMPTON K.** Image Performance in CRT Displays. Tutorial Texts in Optical Engineering, Vol. TT54), SPIE, Janvier 2003 [0080]
- **SERGIENKO A. V. ; JEAGER G. S.** Quantum information processing and precise optical measurement with entangled-photon pairs. Contemporary Physics, Juillet 2003, vol. 44 (4), 341-356 [0080]
- **GREENBERGER D.M. ; HOME M.A. ; ZEILINGER A.** Multiparticle Interferometry and the Superposition Principle. Physics Today, 1993, vol. 46, 8 [0080]
- **BLINOV B. B. et al.** Observation of entanglement between a single trapped atom and a single photon. Nature, 11 Mars 2004, vol. 428, 153-157 [0080]
- **JULSGAARD B. ; KOZHEKIN A. ; POLZIK E; S.** Experimental long-lived entanglement of two macroscopic objects. Nature, 2001, vol. 413, 400-403 [0080]
- **JUSTUS B. L. et al.** Dosimetry measurements. CRC Press LLC, 2000 [0080]
- **SHANI G.** Radiation Dosimetry: Instrumentation and Methods. CRC Press, Janvier 2001 [0080]
- **BOTTER-JENSEN L. ; MCKEEVER S; W; S. ; WINTLE A; G.** Optically Stimulated Luminescence Dosimetry. Elsevier, 2003 [0080]
- **MCKEEVER S. W. S.** Thermoluminescence of solids. Cambridge University Press, 1985 [0080]
- **FURETTA C.** Handbook of Thermoluminescence. World Scientific Publishing, 01 Mars 2003 [0080]
- **GREENBERGER D. et al.** Bell's Theorem Without Inequalities. Amer. J. of Phys., Décembre 1990, vol. 58 (12) [0080]
- **SMITH A., V.** How to select non linear crystal and model their performance using SNLO software. Sandia National Laboratory [0080]