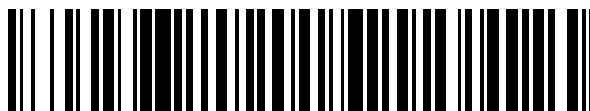


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 618 286**

51 Int. Cl.:

H01S 3/16	(2006.01)
H01S 3/0933	(2006.01)
H04B 10/70	(2013.01)
H04B 10/50	(2013.01)
H01S 5/026	(2006.01)
H01L 33/00	(2010.01)
H01L 33/04	(2010.01)
H01L 33/06	(2010.01)
H01L 33/32	(2010.01)
H04L 9/08	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.11.2013 PCT/DE2013/000725**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2014 WO2014094705**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.11.2013 E 13826554 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2017 EP 2936628**

54 Título: **Fuente de fotones individuales apropiada para la producción a gran escala y procedimiento de producción**

30 Prioridad:
20.12.2012 DE 102012025088

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.06.2017

73 Titular/es:
**FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH (100.0%)
52425 Jülich, DE**

72 Inventor/es:
**HARDTDEGEN, HILDE y
MIKULICS, MARTIN**

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 618 286 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

Fuente de fotones individuales apropiada para la producción a gran escala y procedimiento de producción

- 5 La invención se refiere a una fuente de fotones individuales y a un procedimiento de producción para fuentes de fotones individuales.

Estado de la técnica

- 10 Para aplicaciones espectroscópicas y en particular para la transmisión segura de claves criptográficas cuánticas se requieren fuentes de fotones, que en un momento definido en respuesta a una señal eléctrica proporcionan fotones individuales. Los diodos emisores de luz (LED) pueden miniaturizarse bien, de modo que pueden conmutarse muy rápidamente y excitarse eléctricamente para la emisión de pulsos de luz muy cortos. Sin embargo emiten tantos fotones por unidad de tiempo que, en el plazo de la duración de pulso mínima posible desde el punto de vista
- 15 técnico, aunque sólo se emiten pocos fotones, siempre claramente más de uno. La exactitud de la espectroscopia o la seguridad absoluta de la transmisión de claves están más limitadas, cuantos más fotones se emitan por pulso de luz.

- 20 En algunos cuerpos sólidos activos se producen efectos cuánticos, que provocan que en el caso de una excitación eléctrica u óptica en un momento dado cada vez sólo tenga lugar una transición radiante, en la que se libera un fotón. Esto significa que puede definirse un intervalo de tiempo, en el que sólo se emite en cada caso un único fotón y por consiguiente se cumple perfectamente el requisito planteado. Una transición de este tipo puede ser por ejemplo una recombinación de un electrón y de un hueco en un semiconductor, que sólo puede excitarse de nuevo en cada caso después de la emisión de un fotón. Sin embargo, estos efectos cuánticos presuponen que el cuerpo
- 25 sólido activo presenta dimensiones de escala nanométrica. Desventajosamente, esto hace muy difícil establecer un contacto eléctrico con un cuerpo sólido activo de este tipo para su excitación. El desvío a través de una excitación óptica hace necesaria una unidad de excitación separada, que transforma una señal eléctrica en luz para la excitación. En ambas maneras no puede pensarse en una producción a gran escala rentable de fuentes de fotones individuales, que en cada caso en respuesta a una excitación eléctrica emitan exactamente un fotón.

- 30 Se conocen fuentes de fotones individuales por los documentos WO2007/062625, US2003/152228 y US2012/112165.

Objetivo y solución

- 35 Por tanto, el objetivo de la invención es hacer que fuentes de fotones individuales, que en respuesta a una excitación eléctrica emiten exactamente un fotón, sean apropiadas para la producción a gran escala. Este objetivo se alcanza según la invención mediante una fuente de fotones individuales según la reivindicación principal así como mediante un procedimiento de producción según la reivindicación independiente adicional. Configuraciones ventajosas
- 40 adicionales resultan en cada caso de las reivindicaciones dependientes de las mismas.

Objeto de la invención

- 45 En el marco de la invención se desarrolló una fuente de fotones individuales. Esta comprende al menos un cuerpo sólido activo, que en el caso de excitación con luz, cuyos fotones presentan en cada caso una energía de excitación, emite en el plazo de un intervalo de tiempo predeterminado un fotón individual con una energía de emisión menor. La duración de este intervalo de tiempo depende de la aplicación concreta, en particular de la tasa de datos deseada (velocidad de transmisión) en el caso de una transmisión de datos. Puede seleccionarse por ejemplo de un intervalo de entre 1 ps y 100 ms. Si se pretenden transferir datos de manera ultrarrápida, entonces pueden usarse para la
- 50 emisión los pulsos de luz que pueden generarse actualmente a escala de laboratorio con ayuda de láseres de femtosegundos, del orden de magnitud de 1 ps, como pulsos de excitación; es razonable entonces que el cuerpo sólido activo emita en este picosegundo exactamente un fotón. En la transmisión óptica de datos actual, a escala comercial, los pulsos de luz usados tienen una duración en el orden de magnitud de 1 ns. A su vez, en la criptografía cuántica es importante transmitir de manera fiable una clave con una longitud de sólo pocos cientos a pocos miles de bits. En este caso puede ser razonable que el cuerpo sólido activo también emita sólo un fotón individual en el
- 55 caso de una excitación relativamente larga de 1-100 ms de duración.

- 60 Según la invención, el cuerpo sólido activo está dispuesto sobre una superficie o superficie límite de una fuente de luz primaria que se hace funcionar eléctricamente para fotones con la energía de excitación, de modo que puede excitarse a través de esta superficie o superficie límite. Esta fuente de luz primaria puede ser en particular una fuente de luz permanente y/o emitir en un momento dado varios fotones por unidad de tiempo. Una fuente de luz permanente como fuente de luz primaria es adecuada por ejemplo para experimentos de bomba-sonda o para la definición de un patrón de tiempo; se emiten entonces periódicamente fotones individuales con una frecuencia de reloj, que se orienta en función de la duración que tenga el estado radiante del cuerpo sólido activo. Sin embargo, la
- 65 fuente de luz primaria también puede estar, por ejemplo para la transmisión de datos, modulada en su intensidad y en particular ser pulsada.

Se reconoció que de esta manera la capacidad de miniaturización y la capacidad de manipulación sencilla de fuentes eléctricas de luz primaria pueden combinarse ventajosamente con la capacidad del cuerpo sólido activo para emitir exactamente un fotón en el plazo de un breve intervalo de tiempo.

5 A este respecto, se aprovecha en particular que la disposición según la invención sólo plantea requisitos reducidos en cuanto a la manipulación mecánica del cuerpo sólido activo y por consiguiente pueden usarse cuerpos sólidos activos claramente más pequeños que según el estado de la técnica hasta la fecha. En el sitio en el que el cuerpo sólido activo tiene lugar una transición con emisión de un fotón (por ejemplo una recombinación), el cuerpo sólido activo no puede absorber más energía de excitación, dado que el estado correspondiente no está libre. El número de estos estados está limitado ahora hacia arriba por el tamaño del cuerpo sólido activo: cuanto menor sea el cuerpo sólido activo, mayor serán las distancias entre los niveles de energía, que están predeterminados por las condiciones de contorno periódicas. En el caso extremo, dentro de todo el cuerpo sólido activo hay sólo un único nivel de energía que puede excitarse mediante la fuente de luz primaria, de modo que en ningún momento pueden emitirse varios fotones al mismo tiempo. Cuando la propia fuente de luz primaria emite muchos fotones por unidad de tiempo, esto ya no es una desventaja, siempre y cuando el cuerpo sólido activo sea suficientemente pequeño.

20 Dado que los fotones procedentes de la fuente de luz primaria presentan una longitud de onda (energía) distinta a los fotones individuales emitidos por el cuerpo sólido activo, pueden suprimirse mediante un filtrado en función de la longitud de onda, de modo que no lleguen a las etapas de procesamiento adicionales para los fotones individuales. Para ello pueden utilizarse por ejemplo filtros de longitud de onda, recubrimientos o cavidades. En el caso más sencillo es suficiente disponer cerca del cuerpo sólido activo una fibra de vidrio, a cuyo núcleo fotoconductor sólo se envían los fotones emitidos por el cuerpo sólido activo, pero no los fotones procedentes de la fuente de luz primaria con la longitud de onda que no se ajuste a las dimensiones del núcleo.

25 En una configuración especialmente ventajosa de la invención, la fuente de luz presenta al menos una transición entre dos semiconductores dopados de diferente manera, que emite la luz. En particular, la fuente de luz puede ser ventajosamente un diodo emisor de luz (LED). Las estructuras de este tipo pueden producirse a gran escala en forma miniaturizada de manera probada. Igualmente, los propios cuerpos sólidos activos pueden producirse a gran escala.

30 En una configuración especialmente ventajosa adicional de la invención, sobre la superficie o superficie límite de la fuente de luz está dispuesto al menos un cuerpo sólido activo, que está separado al menos 10 μm , preferiblemente al menos 50 μm , del cuerpo sólido activo más próximo. Entonces, el fotón individual de exactamente un cuerpo sólido activo puede enviarse al núcleo fotoconductor de una fibra de vidrio, sin que un cuerpo sólido activo adicional envíe al mismo tiempo su fotón individual a la misma fibra de vidrio. De esta manera puede transmitirse por ejemplo una clave criptográfica cuántica de manera segura mediante la fibra de vidrio.

40 En una configuración especialmente ventajosa adicional de la invención, la superficie o superficie límite de la fuente de luz está modificada localmente para alojar el cuerpo sólido activo. Por ejemplo, en la superficie o superficie límite pueden estar incorporadas características topográficas, como por ejemplo elevaciones o depresiones. Sin embargo, sobre la superficie o superficie límite también puede estar aplicada por ejemplo una capa adicional como máscara, que contiene a su vez características topográficas. La modificación local marca sitios individuales sobre la superficie o superficie límite. Si uno o varios cuerpos sólidos activos se ponen de manera adecuada en contacto con la superficie o superficie límite, pueden acumularse precisamente en los sitios marcados de esta manera. Por el contrario, si la superficie no está modificada de ninguna manera y se suministran un gran número de cuerpos sólidos activos, por ejemplo como nanopartículas en una disolución coloidal, entonces se forman sobre la superficie o superficie límite de la fuente de luz aglomeraciones de varios cuerpos sólidos activos. En el caso de una excitación óptica a través de la superficie o superficie límite, en el sitio de una aglomeración de este tipo se emiten tantos fotones como cuerpos sólidos activos estén presentes.

50 Por tanto, la modificación local está configurada ventajosamente de tal manera que favorece la acumulación de cuerpos sólidos activos, que se ponen en contacto con la superficie o superficie límite. Éste es el caso, por ejemplo, cuando al entrar en contacto un cuerpo sólido activo con una modificación local se libera una mayor energía de enlace que al entrar en contacto este cuerpo sólido activo con una zona no modificada localmente sobre la superficie o superficie límite. De manera ideal sólo se libera una energía de enlace, cuando el cuerpo sólido activo entra en contacto con una modificación local, pero no cuando entra en contacto con otras zonas sobre la superficie o superficie límite.

60 Alternativamente o también en combinación con esto, la modificación local está configurada ventajosamente de tal manera que forma, para el cuerpo sólido activo, un mínimo en un campo potencial. Si la modificación local es por ejemplo una depresión en la superficie o superficie límite y se llevan cuerpos sólidos activos desde arriba hasta la superficie o superficie límite, entonces un cuerpo sólido activo puede caer en una depresión de este tipo y se encuentra entonces en el campo gravitatorio de la Tierra en un mínimo de potencial local. De este modo está fijado al menos provisionalmente y por ejemplo puede adherirse de manera definitiva, después de que se hayan retirado los cuerpos sólidos activos restantes, que no han caído en las depresiones.

5 En una configuración especialmente ventajosa adicional de la invención, la modificación local está configurada de tal manera que define la zona espacial, desde la que emite luz la fuente de luz primaria. Entonces, un gran número de cuerpos sólidos activos pueden estar dispuestos unos al lado de otros en un espacio estrecho, sin que la excitación de uno de estos cuerpos sólidos activos mediante luz parásita también conduzca a la excitación no deseada de cuerpos sólidos activos adicionales.

10 Ventajosamente, el cuerpo sólido activo presenta al menos una dirección preferente diseñada de tal manera que un fotón incidente desde esta dirección preferente, procedente de la fuente de luz primaria, excita con una mayor probabilidad la emisión de un fotón individual que un fotón incidente desde otra dirección. En el caso ideal se transforma casi exclusivamente luz, que irradia la fuente de luz primaria desde la dirección preferente al cuerpo sólido activo, en fotones individuales. Entonces un gran número de fuentes de fotones individuales según la invención pueden hacerse funcionar unos al lado de otros, sin que estos se influyan mutuamente.

15 Ventajosamente, el cuerpo sólido activo es un sistema semiconductor de baja dimensión con confinamiento cuántico o un nanodiamante con un centro de color. Un centro de color es un agujero, que permite una transición radiante, en particular una recombinación radiante. Un agujero de este tipo puede ser por ejemplo un hueco de rejilla, en particular un hueco en una rejilla de silicio o de níquel.

20 En el marco de la invención se desarrolló también un procedimiento para la producción de una fuente de fotones individuales a partir de una fuente de luz, que emite fotones con una energía de excitación. Este procedimiento es adecuado en particular para la producción de fuentes de fotones individuales según la invención. Por tanto, la divulgación facilitada para las fuentes de fotones individuales es válida expresamente también para el procedimiento y viceversa.

25 En el procedimiento se modifica localmente una superficie o superficie límite de la fuente de luz, a través de la que se emite luz, en primer lugar en uno o varios sitios. A continuación se ponen uno o varios cuerpos sólidos activos, que en el caso de excitación mediante fotones de la energía de excitación en el plazo de un intervalo de tiempo predeterminado emiten un fotón individual con una energía de emisión menor, en contacto con la superficie o superficie límite, de modo que se acumulan en los sitios modificados localmente.

30 Esta acumulación puede consistir en particular en que se libera una energía de enlace o que el cuerpo sólido activo alcanza un mínimo local de un campo potencial.

35 La modificación local puede consistir en características topográficas, por ejemplo elevaciones o depresiones. Éstas no tienen que encontrarse necesariamente en la superficie o superficie límite de la propia fuente de luz, sino que también pueden incorporarse a una capa adicional, que se aplica expresamente con este fin como máscara sobre la superficie o superficie límite.

40 Sin embargo, la modificación local no tiene que ser obligatoriamente duradera. También puede ser pasajera, por ejemplo cuando la superficie o superficie límite se carga eléctricamente de manera local para una modificación local.

45 En una configuración especialmente ventajosa de la invención, el o los cuerpos sólidos activos acumulados se adhieren con la fuente de luz. El favorecimiento energético, que el cuerpo sólido activo experimenta mediante la acumulación, no es de cualquier magnitud y puede superarse eventualmente en la posterior manipulación de la fuente de fotones individuales acabada, de modo que el cuerpo sólido activo se pierde. Por ejemplo, el cuerpo sólido activo puede caerse de una depresión, cuando la fuente de luz se coloca a continuación boca abajo. La adhesión cementa la acumulación en primer lugar provisional del o de los cuerpos sólidos activos.

50 Ventajosamente, los cuerpos sólidos activos se retiran de regiones sobre la superficie o superficie límite, que no se modificaron localmente. Entonces, la fuente de fotones individuales producida emitirá sólo desde sitios modificados localmente fotones con la energía de emisión. Por consiguiente, por ejemplo puede garantizarse que sólo un único cuerpo sólido activo envíe luz a una fibra de vidrio, que se lleva a un sitio determinado.

55 En una configuración especialmente ventajosa de la invención, los cuerpos sólidos activos en una disolución coloidal se ponen en contacto con la superficie o superficie límite. Se encuentran entonces en un disolvente en un estado en suspensión. Para ello es adecuado cada disolvente que impida la aglomeración de los cuerpos sólidos activos entre sí, fomente la distribución uniforme de los cuerpos sólidos activos y se extraiga fácilmente. A este respecto, los cuerpos sólidos activos o bien no deben interactuar electroquímicamente o bien sólo de manera repelente con el disolvente.

60 Para cada cuerpo sólido activo, la longitud de onda que deben tener los fotones individuales emitidos predetermina a través de las condiciones de contorno periódicas desde el punto de vista de la mecánica cuántica, el tamaño máximo hasta el que puede emitir no más de un fotón al mismo tiempo en un momento dado. Por tanto, la mayor dimensión lateral de cada cuerpo sólido activo es normalmente de menos de 100 nm. En la disolución se encuentran ventajosamente como máximo 10^{21} , preferiblemente como máximo 10^{20} y de manera muy especialmente preferible

como máximo 10^{19} cuerpos sólidos activos por centímetro cúbico. 10^{21} cuerpos sólidos activos por centímetro cúbico son óptimos para cuerpos sólidos activos de tan solo 1 nm; para cuerpos sólidos activos mayores este óptimo se vuelve proporcionalmente menor.

- 5 Si un sitio modificado localmente ofrece sobre la superficie o superficie límite también sólo un estímulo energético reducido para la acumulación de un cuerpo sólido activo, el cuerpo sólido activo puede seguir a esta estimulación sin tener que superar resistencias externas perturbadoras. Todos los cuerpos sólidos activos no acumulados permanecen en el estado en suspensión y pueden retirarse con el disolvente, sin que se ejerzan a este respecto fuerzas sobre los cuerpos sólidos activos ya acumulados, que puedan desprender los mismos de nuevo.

10

Parte descriptiva especial

A continuación se explicará el objeto de la invención mediante figuras, sin que el objeto de la invención se vea limitado por ello. Se muestra:

15

Figura 1: ejemplo de realización de la fuente de fotones individuales según la invención.

- La figura 1 muestra un ejemplo de realización de la fuente de fotones individuales según la invención en una representación en corte esquemática en diferentes estadios de la producción. Sobre un sustrato de Si, entre dos capas de n-GaN y p-GaN, está formada una estructura LED con múltiples pozos cuánticos (MQW, *Multiquantumwell*), que en el caso de aplicar una tensión eléctrica entre n-GaN y p-GaN emite luz. La capa de p-GaN está aislada eléctricamente mediante una capa de cobertura de SiO₂ con la excepción de una entalladura 1 (figura 1a) incorporada posteriormente a esta capa de cobertura. Un electrodo superior transparente 2 aplicado a continuación, que cubre tanto el SiO₂ como las paredes y el suelo de la entalladura 1, sólo entra en contacto en el fondo de la entalladura con el p-GaN. Si se aplica una tensión entre este electrodo superior 2 y el n-GaN, por consiguiente se excita también la estructura de MQW sólo en la zona de la entalladura para la emisión de luz (figura 1b). La luz primaria del LED atraviesa el electrodo superior transparente 2 y alcanza el cuerpo sólido activo 3 incorporado a la entalladura 1 tras la aplicación del electrodo superior 2 (figura 1c). Éste puede ser una nanopartícula coloidal, que puede separarse previamente de una disolución. Puede ser también un nanodiamante con un centro de color, que es por ejemplo un hueco en una rejilla de silicio o de níquel. De este modo el cuerpo sólido activo 3 se excita en el plazo de un intervalo de tiempo predeterminado para la emisión exactamente de un fotón.

30

REIVINDICACIONES

- 1.- Fuente de fotones individuales, que comprende al menos un cuerpo sólido activo (3), que en el caso de excitación con luz, cuyos fotones presentan en cada caso una energía de excitación, emite en un intervalo de tiempo predeterminado un fotón individual con una energía de emisión menor, estando dispuesto el cuerpo sólido activo sobre una superficie o superficie límite de una fuente de luz primaria que se hace funcionar eléctricamente para fotones con la energía de excitación, de modo que puede excitarse a través de esta superficie o superficie límite, caracterizada porque en el cuerpo sólido activo sólo hay un único nivel de energía que puede excitarse mediante la fuente de luz primaria.
- 2.- Fuente de fotones individuales según la reivindicación 1, caracterizada porque la mayor dimensión lateral del cuerpo sólido activo es de menos de 100 nm.
- 3.- Fuente de fotones individuales según una de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizada porque la fuente de luz presenta al menos una transición entre dos semiconductores dopados de diferente manera, que emite la luz.
- 4.- Fuente de fotones individuales según la reivindicación 3, caracterizada porque la fuente de luz es un diodo emisor de luz (LED).
- 5.- Fuente de fotones individuales según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque sobre la superficie o superficie límite de la fuente de luz está dispuesto al menos un cuerpo sólido activo, que está separado al menos 10 μm , preferiblemente al menos 50 μm , del cuerpo sólido activo más próximo.
- 6.- Fuente de fotones individuales según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada porque la superficie límite o superficie de la fuente de luz está modificada localmente para alojar el cuerpo sólido activo.
- 7.- Fuente de fotones individuales según la reivindicación 6, caracterizada porque la modificación local está configurada de tal manera que favorece la acumulación de cuerpos sólidos activos, que se ponen en contacto con la superficie o superficie límite.
- 8.- Fuente de fotones individuales según una de las reivindicaciones 6 a 7, caracterizada porque la modificación local está configurada de tal manera que en el caso del contacto de un cuerpo sólido activo con la misma se libera una mayor energía de enlace que en el caso del contacto de este cuerpo sólido activo con una zona no modificada localmente sobre la superficie o superficie límite de la fuente de luz.
- 9.- Fuente de fotones individuales según una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizada porque la modificación local está configurada de tal manera que forma, para el cuerpo sólido activo, un mínimo en un campo potencial.
- 10.- Fuente de fotones individuales según una de las reivindicaciones 6 a 9, caracterizada porque la modificación local está configurada de tal manera que define la zona espacial, desde la que emite luz la fuente de luz primaria.
- 11.- Fuente de fotones individuales según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizada porque el cuerpo sólido activo presenta al menos una dirección preferente de tal manera que un fotón incidente desde esta dirección preferente, procedente de la fuente de luz primaria, excita con una mayor probabilidad la emisión de un fotón individual que un fotón incidente desde otra dirección.
- 12.- Fuente de fotones individuales según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizada porque el cuerpo sólido activo es un sistema semiconductor de baja dimensión con confinamiento cuántico o un nanodiamante con un centro de color.
- 13.- Procedimiento para la producción de una fuente de fotones individuales a partir de una fuente de luz, que emite fotones con una energía de excitación, con las etapas:
- una superficie o superficie límite de la fuente de luz, a través de la que se emite luz, se modifica localmente en uno o varios sitios;
 - uno o varios cuerpos sólidos activos, que en el caso de excitación mediante fotones de la energía de excitación en un intervalo de tiempo predeterminado emiten un fotón individual con una energía de emisión menor, se ponen en contacto con la superficie o superficie límite, de modo que se acumulan en los sitios modificados localmente.
- 14.- Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado porque se incorporan a la superficie o superficie límite características topográficas como modificaciones locales.
- 15.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 14, caracterizado porque la superficie o superficie límite se carga eléctricamente de manera local para una modificación local.

16.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 15, caracterizado porque el o los cuerpos sólidos activos acumulados se adhieren con la fuente de luz.

5 17.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 16, caracterizado porque los cuerpos sólidos activos se eliminan de regiones sobre la superficie o superficie límite, que no se modificaron localmente.

18.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 17, caracterizado porque los cuerpos sólidos activos en una disolución coloidal se ponen en contacto con la superficie o superficie límite.

10

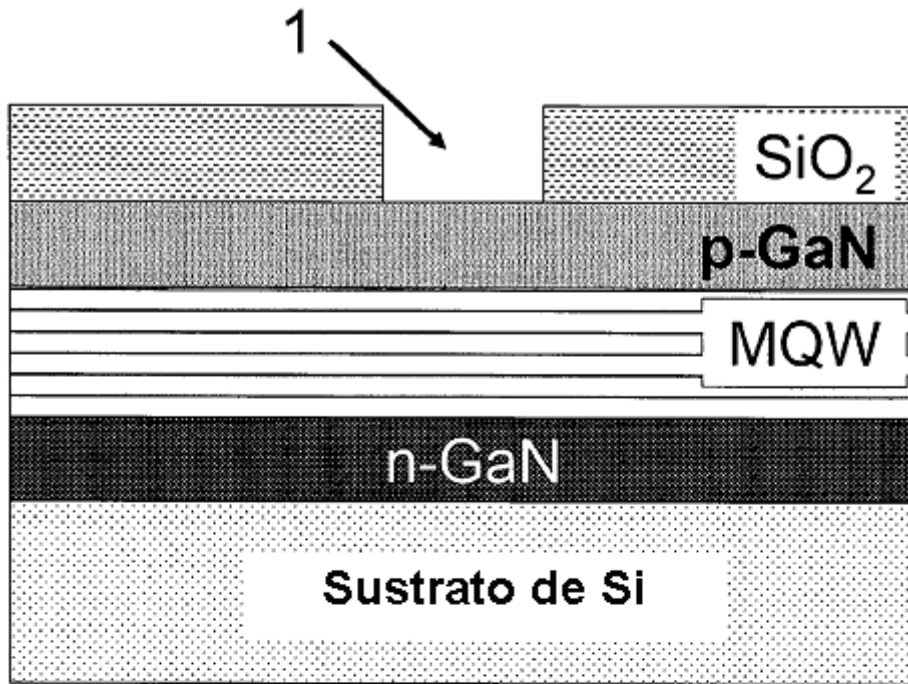


Figura 1a

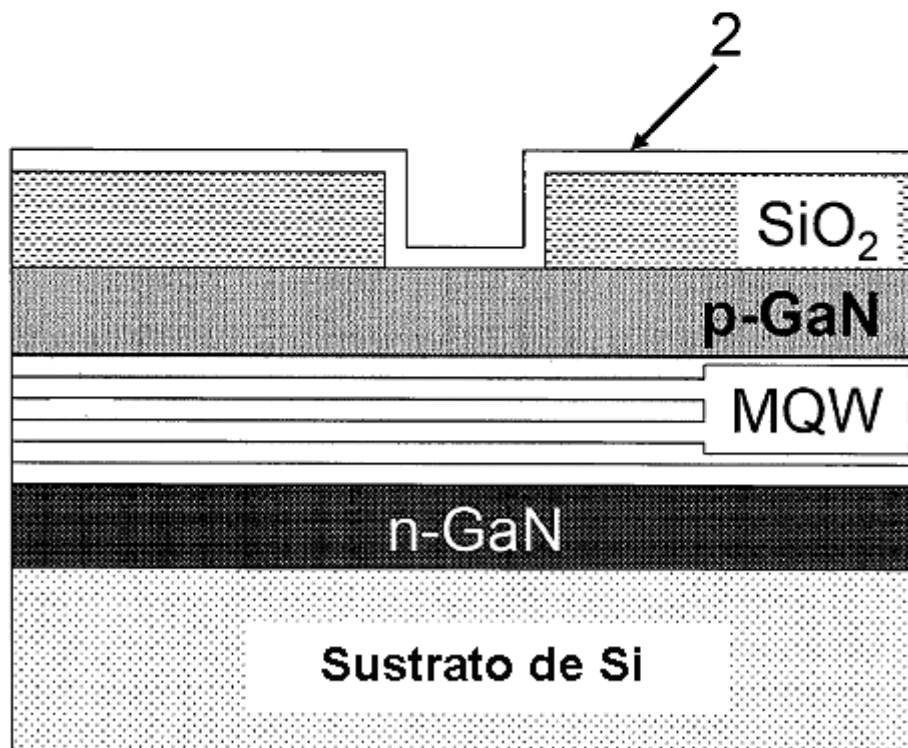


Figura 1b

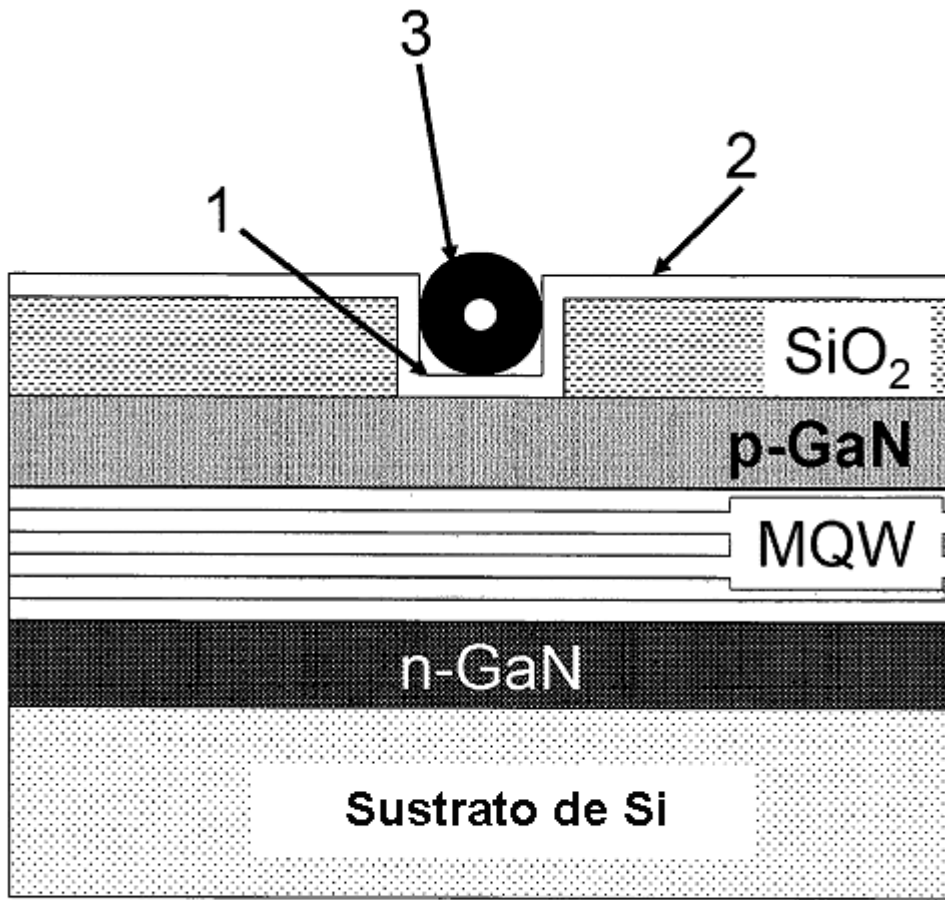


Figura 1c