



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 616**

51 Int. Cl.:  
**H01L 31/09** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05853521 .2**

96 Fecha de presentación : **07.12.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1820219**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.08.2007**

54 Título: **Dispositivo fotoconductor.**

30 Prioridad: **07.12.2004 US 633862 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**28.04.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**28.04.2011**

73 Titular/es: **PICOMETRIX, L.L.C.**  
**2925 Boardwalk**  
**Ann Arbor, Michigan 48104, US**

72 Inventor/es: **Sacks, Robert, N.;**  
**Jazwiecki, Mathew, M. y**  
**Williamson, Steven, L.**

74 Agente: **Isern Jara, Jorge**

ES 2 357 616 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).

## DESCRIPCION

Dispositivo fotoconductor.

## SOLICITUD RELACIONADA

5 La presente solicitud reivindica los privilegios de la solicitud provisional US nº 60/633.862, presentada el 7 de Diciembre de 2004, de la cual se incorpora todo el contenido en la presente descripción.

## ANTECEDENTES

La presente invención se refiere a semiconductores con crecimiento epitaxial.

10 Para generar un transitorio eléctrico de un picosegundo o un subpicosegundo a partir de un impulso láser, se requiere la utilización de un semiconductor procesado de forma especial, muy probablemente GaAs (LT-GaAs) con crecimiento a baja temperatura. Un interruptor fotoconductor basado en este material puede responder rápidamente a cortos impulsos láser y da lugar a transistores eléctricos rápidos cuando es configurado como generador de impulsos. También se puede configurar como puerto de muestreo para habilitar un breve segmento (picosegundo) de una forma de onda eléctrica desconocida para su muestreo y medición. Al muestrear secuencialmente todos los segmentos que constituyen la forma de onda eléctrica, la estructura de la forma de onda puede ser reconstruida y mostrada, lo que es la esencia de un osciloscopio de muestreo. Cuanto más rápido es el puerto de muestreo, más rápidamente se puede medir la forma de onda eléctrica. También se puede utilizar como semiconductor de base para un interruptor fotoconductor de silicio tratado ("damaged") por radiación sobre zafiro, si bien posee características fotoconductoras menos deseables que LT-GaAs. Una condición para una eficacia satisfactoria de conmutación es que la longitud de onda del láser sea absorbida intensamente en el semiconductor. Para GaAs, ello significa una longitud de onda de 880 nm o más corta, que corresponde a una energía fotónica igual al intersticio de banda de GaAs que es de 1,42 eV. Una longitud de onda con mayor longitud de 880 nm atraviesa el semiconductor sin ser absorbida de manera significativa.

25 La exigencia de una absorción intensa surge de la necesidad de hacer que todos los pares de electrón-orificio fotogenerados (portadores) residan en la zona de alto campo eléctrico del intersticio fotoconductor. Los portadores formados con mayor profundidad que esta región no desempeñan un papel apreciable en el proceso fotoconductor. El campo eléctrico tiene una profundidad aproximadamente correspondiente a la separación del electrodo (0,50-2,0 µm) que forma el interruptor fotoconductor, si bien las líneas de campo más intensas son las que se encuentran dentro de la primera micra de la superficie.

30 Existen realmente láseres con impulsos de femtosegundos ( $10^{-15}$  segundos) que se absorben bien en GaAs (y silicio) y que se han utilizado durante los últimos 25 años para generar impulsos eléctricos de picosegundos y subpicosegundos. Estos láseres, de los que uno de los más corrientes es Ti:zafiro (láser a 800 nm), son grandes, enfriados mediante agua y caros de adquisición y mantenimiento. No pueden ser amplificados utilizando amplificadores de fibra óptica, y los componentes de fibra para esta longitud de onda son difíciles de fabricar (incluso imposible), requiriendo en vez de ello la utilización de ópticas de espacio libre.

35 La fuente ideal es una fuente compatible con otros componentes de telecomunicaciones y que puede ser bombeado directamente con un láser de bomba semiconductor común. Tiene una banda de emisión suficientemente amplia para soportar impulsos de femtosegundos. También tiene la longitud de onda adecuada para amplificación de fibra. Además, es eficaz en cuanto a la potencia, refrigerado por aire, compacto y con calificación Telcordia para un funcionamiento prolongado sin mantenimiento. Las nuevas tecnologías láser de telecomunicación han hecho posibles dos de dichos láseres, clasificados por sus longitudes de onda operativa. Estos son: láseres Er:Glass que funcionan a 1550 nm y Nd:Glass o Yterbio, que funcionan ambos a 1060 nm. Estas longitudes de onda generan fotocorrientes próximas a cero en GaAs. Para aprovechar la ventaja de estas nuevas fuentes se requiere el desarrollo de nuevos semiconductores adaptados a estas longitudes de onda.

45 La utilización de estas longitudes de onda significa que el intersticio de banda del semiconductor se debe hacer igual o menor que la energía de fotón de la luz láser. Los intersticios de onda aproximados para 1060 nm y 1550 nm son 1,15 eV y 0,08 eV, respectivamente. Un semiconductor habitualmente utilizado en la industria de las telecomunicaciones,  $\text{In}_{0,53}\text{Ga}_{0,47}\text{As}$  con crecimiento sobre InP, tiene un intersticio de banda de 0,77 eV y absorbe la luz intensamente hasta 1650 nm. Desafortunadamente, este semiconductor igual que todos los semiconductores con intersticio de banda reducido sufre de una fuerte limitación cuando se configura como el interruptor fotoconductor.

50 Gupta y otros en "Ultrafast carrier dynamics in III-V semiconductors grown by MBE at Very Low Substrate Temperature", IEEE J. of Quant Elec. Vol. 28, No 10 (Oct 1992) (Dinámica de portadores ultrarrápidos en semiconductores III-V con crecimiento por MBE a temperatura muy baja del sustrato) describe un detector fotoconductor  $\text{In}_{0,25}\text{Ga}_{0,75}\text{As}$  con crecimiento LT.

## RESUMEN

En un aspecto general de la invención, una estructura del semiconductor, tal como se ha definido en la reivindicación 1, por ejemplo, un interruptor fotoconductor comprende un sustrato GaAs o InP, una capa epitaxial  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  con crecimiento sobre el sustrato, en la que X es superior aproximadamente a 0,01 y menor de 0,53 aproximadamente, y una capa epitaxial con intersticio de banda más ancho con crecimiento como capa de recubrimiento encima de la capa epitaxial de  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ .

El interruptor posibilita la generación de impulsos eléctricos con duraciones de subpicosegundos y/o muestreados utilizando un láser de subpicosegundos cuya longitud de onda es más larga de, por ejemplo, 880 nm.

La capa de  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  puede tener un grosor en un rango comprendido aproximadamente entre 0,1 y 2,0  $\mu\text{m}$ , y la capa de recubrimiento epitaxial con intersticio de banda más ancho puede tener un grosor en un rango comprendido aproximadamente entre 50 y 1000 Å. La capa de recubrimiento epitaxial de intersticio de banda más amplio puede ser de InP. De manera alternativa, la capa de recubrimiento puede ser GaAs estequiométrico o GaAs no estequiométrico, AlGaAs estequiométrico o AlGaAs no estequiométrico, o InAlAs estequiométrico o InAlAs no estequiométrico. Una capa epitaxial no estequiométrica es típicamente de crecimiento a una temperatura de cientos de grados por debajo de la temperatura necesaria para el recipiente de una capa epitaxial estequiométrica normal.

El interruptor (10) puede estar sometido a un proceso de post-recocido in-situ o ex-situ después del crecimiento de la estructura epitaxial. La temperatura de post-recocido puede encontrarse en un rango entre 400 y 700°C, y la duración del post-recocido puede encontrarse en un rango entre unos 5 y 30 minutos.

El interruptor puede ser modelado y conformado por ataque químico al sustrato excepto en una pequeña zona o plataforma que permanece sin ataque, que tiene forma sustancialmente redonda con un diámetro comprendido aproximadamente entre 10 y 100  $\mu\text{m}$ . Una lámina dieléctrica fotodefinida, eléctricamente aislante, puede ser depositada sobre la superficie de la estructura semiconductor excepto en una región que define una ventana centrada sobre la superficie superior de dicha plataforma. La ventana fotodefinida en la película dieléctrica puede ser sustancialmente redonda en su forma y de un diámetro más pequeño que el diámetro superior de dicha plataforma. Por ejemplo, la película dieléctrica puede tener un diámetro comprendido aproximadamente entre 5 y 90  $\mu\text{m}$ . Se pueden depositar contactos eléctricos con dos delgados electrodos laminares sobre la película dieléctrica con un intersticio entre ellos que está posicionado de manera tal que el intersticio y partes de cada electrodo se encuentren en la ventana de la película dieléctrica y establezcan contacto con la superficie de la estructura semiconductor superior de la plataforma. La superficie semiconductor entre los dos electrodos se puede recubrir con un recubrimiento antirreflectante.

En algunas implementaciones, el interruptor genera señales eléctricas variables pulsantes o senoidales cuando se aplica una polarización eléctrica entre los dos electrodos y un impulso óptico o una señal óptica variable senoidalmente incide en el intersticio y excita los portadores en el intersticio fotoconductor. Una antena radiante eléctricamente puede ser conectada a los dos electrodos, de manera que las señales eléctricas con amplitudes de banda de subterahercios a terahercios radian desde la antena. En otras implementaciones, un voltaje procedente de una forma de onda eléctrica variable pulsante o senoidal se puede aplicar entre los dos electrodos y una señal óptica variable pulsante o senoidal puede incidir en el intersticio y puede excitar los portadores en el intersticio fotoconductor para medir la forma de onda eléctrica. Una antena receptora puede ser conectada a los dos electrodos, de manera que la forma de onda eléctrica con amplitudes de banda de subterahercios a terahercios es acoplada al intersticio fotoconductor a través de la antena receptora. El lado del sustrato puede estar dotado del recubrimiento antirreflectante y la luz puede entrar desde el lado del sustrato para excitar los portadores en el intersticio fotoconductor.

Otras características y ventajas quedarán evidentes de la descripción siguiente, y de las reivindicaciones.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 muestra un gráfico de la disminución en resistencia laminar al aumentar la concentración de In en InGaAs;

La figura 2 muestra un gráfico de curvas de absorción; y

La figura 3 muestra un interruptor fotoconductor de acuerdo con una realización de la invención;

## DESCRIPCIÓN DETALLADA

Si bien aparentemente similar en su funcionalidad a un fotodiodo, un interruptor fotoconductor difiere en diferentes puntos clave:

1. El tiempo de respuesta de un interruptor fotoconductor se puede determinar predominantemente por la vida útil del portador del semiconductor y no por el campo eléctrico aplicado dependiente de la geometría, tal como en el caso de un fotodiodo. Esto significa que un interruptor fotoconductor puede tener un tiempo de vida de subpicosegundos con un intervalo de una magnitud de 1  $\mu\text{m}$  mientras que un fotodiodo estructurado de forma similar tendría un tiempo de

respuesta de varios picosegundos. También significa que su tiempo de respuesta es independiente del campo eléctrico aplicado. Un fotoconductor con una vida útil rápida del portador y con una polarización de 1 mV en su intersticio tendrá el mismo tiempo de respuesta que con una polarización de 1 V.

5 2. El campo eléctrico aplicado a través del interruptor fotoconductor influye en la cantidad de fotocorriente que genera. Como contraste, el voltaje a través de un fotodiodo tiene poco efecto en su nivel de fotocorriente. El interruptor fotoconductor puede ser utilizado, por lo tanto, para muestrear formas de onda eléctrica (es decir, medir corriente) cuando está configurado como puerto de muestreo.

3. A diferencia del fotodiodo, que es básicamente un dispositivo unipolar, el interruptor fotoconductor es bipolar e igualmente capaz de detectar y muestrear señales eléctricas de ambas polaridades.

10 Hay tres características que determinan el comportamiento del detector fotoconductor ultrarrápido:

1. Tiempo de respuesta, controlado principalmente por la constante de tiempo RC de los electrodos y el tiempo de vida del portador del semiconductor. El tiempo de respuesta determina la amplitud de banda del interruptor.

15 2. Capacidad de respuesta, determinada por la magnitud de luz absorbida en el régimen de campo elevado, la movilidad del semiconductor y la resistencia en serie a través del intersticio fotoconductor. La capacidad de respuesta determina la amplitud máxima de impulso cuando el interruptor fotoconductor es utilizado como generador de impulsos y la dimensión máxima de señal se utiliza como puerto de muestreo, tal como en el caso de un receptor de terahercios.

3. Corriente oscura, determinada principalmente por la resistividad del semiconductor y barreras de metal-semiconductor. La corriente oscura es principalmente de interés cuando el interruptor es utilizado como puerto de muestreo y determina el límite del suelo del ruido.

20 El GaAs es el semiconductor receptor ("host") ideal para aplicaciones de interruptor fotoconductor ultrarrápido. Cuando se provoca el crecimiento de una capa epitaxial de GaAs encima del sustrato de GaAs en las condiciones llamadas no estequiométricas, la capa resultante se llama GaAs o LTGaAs de crecimiento a baja temperatura. Puede tener un tiempo de vida de subpicosegundos, capacidad de respuesta que se aproxima al a de un fotodiodo (~0,1 A/W) y corriente oscura dentro de un rango de 1nA ( $10^{-9}$  A). Se debe observar que la mayor parte de semiconductores, incluyendo GaAs, tienen una vida útil intrínseca del portador que se encuentra en las proximidades de 1 a 10 ns. Es solamente después de haber introducido un dopante, impureza u otro mecanismo de retención que la vida útil del portador disminuye a la escala de tiempo deseada de picosegundos o subpicosegundos.

25 Frecuentemente un dopante reduce el tiempo de respuesta a expensas de la disminución de la resistividad del semiconductor, incrementando por lo tanto su nivel de corriente oscura, tal como es el caso con GaAs. El crecimiento de la capa epitaxial a una temperatura no convencionalmente baja, introduce un exceso de arsénico en la red de GaAs y reduce el tiempo de respuesta del semiconductor. Sin embargo, también tiene el efecto negativo de reducir la resistividad. Es solamente después de que el GaAs ha sido subsiguientemente recogido (cerca de su temperatura de crecimiento normal) que el exceso de arsénico empieza a formar precipitados con tamaño de nano escala, que establece la resistividad del semiconductor a su valor alto. El tiempo de respuesta permanece en subpicosegundos después de este procedimiento secundario.

30 Tal como se ha mencionado en lo anterior, existe un semiconductor que absorbe intensamente hasta 1550 nm y que tiene de manera más precisa su borde cerca de 1650 nm. Este material es  $\text{In}_{0,53}\text{Ga}_{0,47}\text{As}$  con crecimiento epitaxial y efectúa su crecimiento con correspondencia de red de retícula sobre un sustrato de InP. Se debe observar que la introducción de GaAs para formar  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  provoca que la constante de la red de la retícula se expanda. Con 53% In, la red de la capa epitaxial se expande ~3,8% para corresponder a la red del sustrato de InP, pero entonces ya no se corresponde con un sustrato GaAs, resultando en un fuerte rayado cruzado ("cross hatch") y otros problemas. En general, en condiciones normales de crecimiento un grosor de 1  $\mu\text{m}$  de  $\text{In}_{0,53}\text{Ga}_{0,47}\text{As}$ , en el que  $x > 10\%$ , con crecimiento sobre un sustrato de GaAs provoca que la superficie superior quede visiblemente rugosa, haciendo difícil construir estructuras del orden de micrómetros. La constante de la red de la retícula de InP se corresponde con  $\text{In}_{0,53}\text{Ga}_{0,47}\text{As}$ . Ello es la razón para utilizar una concentración de In del 53%. El  $\text{In}_{0,53}\text{Ga}_{0,47}\text{As}$  ha sido el semiconductor básico para fotodetectores de telecomunicaciones durante muchos años. Si bien es adecuado de manera ideal para aplicaciones de detector, el  $\text{In}_{0,53}\text{Ga}_{0,47}\text{As}$  no funciona bien como interruptor fotoconductor rápido dado que tiene de manera intrínseca una baja resistividad, lo cual conduce a elevadas fugas de corriente y elevados ruidos de muestreo. La figura 1 muestra un gráfico de la disminución de la resistencia laminar al aumentar la concentración de In en InGaAs. La resistencia laminar disminuye casi en ocho órdenes de magnitud al aumentar la concentración de In de 0% a 53%.

35 En vez de centrarse en  $\text{In}_{0,53}\text{Ga}_{0,47}\text{As}$  en el que la resistividad es baja hasta el punto de no ser utilizable se puede enfocar en vez de ello en una concentración que se corresponde bien con la luz de 1060 nm, que es aproximadamente 22%, es decir,  $\text{In}_{0,22}\text{Ga}_{0,78}\text{As}$  (mirar figura 2). Haciendo referencia a la figura 3, se ha mostrado un interruptor fotoconductor que incorpora los principios de la presente invención y se ha designado con el numeral (10) y se ha mostrado interactuando con un impulso láser incidente (11). Como componentes primarios, el interruptor comprende un sustrato (14), una capa epitaxial (12), por ejemplo, una capa epitaxial de  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  con crecimiento sobre el sustrato, en la que x es mayor de aproximadamente 0,01 y menor de aproximadamente 0,53, y una capa de

recubrimiento (16). La capa epitaxial (12) ha efectuado su crecimiento con falta de correspondencia de retícula sobre el sustrato (14) de GaAs, si bien puede crecer sin correspondencia de retícula sobre InP. En ciertas implementaciones después del crecimiento de la capa absorbente (12) de  $\text{In}_{0,22}\text{Ga}_{0,78}\text{As}$  se provoca el crecimiento de la delgada capa de recubrimiento (16) (500 Å) de GaAs. El GaAs tiene un intersticio de banda más amplio que  $\text{In}_{0,22}\text{Ga}_{0,78}\text{As}$  y cuando se coloca entre la capa (12) de  $\text{In}_{0,22}\text{Ga}_{0,78}\text{As}$  y los contactos metálicos (18) actúa como barrera reduciendo la corriente oscura. La capa de recubrimiento (16) es suficientemente delgada para que no dificulte el transporte de cargas fotogeneradas. Para aplicaciones en las que no se encuentra presente un campo eléctrico fuerte, tal como es el caso cuando el interruptor (10) funciona como puerto de muestreo, la capa de recubrimiento (16) con intersticio de banda amplio puede parecer que es una dificultad para el transporte de cargas. Los electrones y los orificios no superarán fácilmente esta elevada discrepancia en el intersticio de banda, especialmente en presencia de una señal óptica débil. No obstante, de acuerdo con la invención, la intensidad de impulso óptico es relativamente alta ( $\sim 10^9 \text{W/cm}^2$ ), lo que ayuda a disminuir la discontinuidad del intersticio de banda durante el tiempo en el que el puerto fotoconductor está activado. Igual que con la capa (12)  $\text{In}_{0,22}\text{Ga}_{0,78}\text{As}$ , la capa de recubrimiento (16) de GaAs crece con falta de correspondencia de la retícula pero es suficientemente delgada para minimizar o eliminar la rugosidad superficial.

Por lo tanto, parecería contrario a los conceptos convencionales el pretender el crecimiento  $\text{In}_{0,22}\text{Ga}_{0,78}\text{As}$  directamente sobre un sustrato de GaAs, especialmente a una capa gruesa de 1  $\mu\text{m}$ . La gran falta de correspondencia sería más que suficiente para provocar relajación de la retícula y rugosidad superficial significativa. Igual que con LT-GaAs, el proceso de crecimiento de LT- $\text{In}_{0,22}\text{Ga}_{0,78}\text{As}$ , incrementa significativamente la cantidad de arsénico en la retícula llegando a 1% por encima del que se ha incorporado en condiciones de crecimiento estequiométrico. (Se debe observar que LT- $\text{In}_{0,22}\text{Ga}_{0,78}\text{As}$  se escribe en algunos casos  $\text{In}_{0,22}\text{Ga}_{0,78}\text{As:As}$ , si bien esto expresa solamente la introducción de un dopante y no indica el proceso de postrecocido). Es razonable pensar que el exceso de arsénico combinado con la constante de retícula incrementada para la concentración de 22% de In, solamente forzaría de manera adicional la epicapa con respecto al sustrato de GaAs. De la forma en que ocurre, la introducción de un exceso de arsénico no exagera el problema de falta de correspondencia y puede servir realmente para reducir solicitaciones en la capa epitaxial. Presumiblemente, no tiene lugar una rugosidad general ni rayado cruzado ("cross hatch") debido a la movilidad limitada de Grupo III o deslizamiento de dislocación de desacoplamiento reducido o ambos a estas bajas temperaturas. Con independencia del mecanismo microscópico, el resultado es una etapa epitaxial que tiene un aspecto liso observada al microscopio.

El procedimiento de crecimiento para el interruptor (10) es el siguiente: se utilizan sustratos (14) de 3 pulgadas de epi-preparados de GaAs (o InP). Si se utiliza un sustrato GaAs, se provoca el crecimiento en primer lugar de una capa estequiométrica de GaAs no intencionadamente dopada, para estabilizar la superficie. Si se utiliza un sustrato de InP, se provocaría en primer lugar el crecimiento de una capa no intencionadamente dopada de InAlAs con correspondencia de retícula. La temperatura se reduce a continuación a 170°C y se provoca el crecimiento de la capa epitaxial (12) de  $\text{In}_{0,22}\text{Ga}_{0,78}\text{As}$ . En varias implementaciones, la cantidad de In se determina utilizando los datos que se encuentran en la figura 2. Es evidente de estas curvas que como mínimo 10% de In se utiliza para proporcionar una absorción útil. Alrededor del 22% se escoge como punto inicial para su utilización en 1064 nm, si bien un porcentaje más elevado de In incrementa adicionalmente la absorción y es más sensible. Para concentraciones de In superiores al 27% un sustrato de InP tiene menos deformación que GaAs. Se ha descubierto que las corrientes oscuras sustancialmente más elevadas provocan pocos problemas para una aplicación fotoconductoramente determinada, pudiendo incrementar la proporción de In a 30-40%. Una vez se ha efectuado el crecimiento del grosor deseado de la capa (12) de  $\text{In}_{0,22}\text{Ga}_{0,78}\text{As}$ , se efectúa el crecimiento de la capa de recubrimiento (16). La capa de recubrimiento (16) puede comprender GaAs estequiométrico, GaAs (LT-GaAs), AlGaAs, InAlAs o InP, no estequiométricos, entre otros. Su grosor puede ser de unas reducidas monocapas hasta > de 1000Å. Una vez se ha efectuado el crecimiento de la capa de recubrimiento (16), la epi-estructura es post-recocida a 600°C durante un tiempo aproximado de 1 a 30 minutos, dependiendo de la vida útil del portador y de la resistividad que desee el usuario. El post-recocido para periodos de tiempo más cortos tiene como resultado una vida útil más rápida del portador pero reduce la resistividad (es decir, aumenta la corriente oscura). Un post-recocido largo hace más lenta la vida útil del portador. Después del post-recocido, la oblea de 3 pulgadas es extraída del reactor y empieza la micro fabricación.

Para reducir adicionalmente la corriente oscura, el LT- $\text{In}_{0,22}\text{Ga}_{0,78}\text{As}$  es sometido a ataque químico formando una plataforma y se utiliza benzociclobuteno (BCB)(20) para reducir adicionalmente las fugas (figura 3). Además de reducir la corriente oscura, la eliminación de la  $\text{In}_{0,2}\text{Ga}_{0,78}\text{As}$  innecesaria de la superficie asegura que los portadores libres en esta capa epitaxial no se encuentran presentes para absorber la señal de terahercios al propagarse ésta a través del sustrato (14) y se acopla a una antena. Los contactos eléctricos (18) son dos electrodos separados por un intersticio (interruptor fotoconductor) depositado sobre el BCB (20) con el intersticio dispuesto en la parte superior de la plataforma de  $\text{In}_{0,22}\text{Ga}_{0,78}\text{As}$ . Después de la metalización de la zona de la plataforma, se puede aplicar un recubrimiento antirreflexión. Los extremos opuestos de los electrodos (18) son conectados eléctricamente a otros dispositivos del sistema. Se puede aplicar una polarización cuando el interruptor (10) es utilizado como generador de picosegundos/terahercios. Se puede aplicar un amplificador cuando el interruptor (10) es utilizado como puerto de muestreo o mezclador.

Dependiendo de la aplicación, la capa (12) de  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  puede tener un grosor dentro de un rango comprendido aproximadamente entre 0,1 y 2,0  $\mu\text{m}$ . En algunas implementaciones la temperatura del sustrato (14) se

encuentra en una temperatura en un rango aproximadamente entre 125 y 225°C durante el crecimiento de la capa de  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  para hacer el proceso de crecimiento no estequiométrico y rico en arsénico.

5 La capa superior epitaxial (16) de intersticio de banda más ancha puede tener un grosor en un rango comprendido entre 50 y 1000 Å. En varias implementaciones, la capa de recubrimiento epitaxial con intersticio de banda amplio puede ser GaAs estequiométrica o GaAs no estequiométrica, AlGaAs estequiométrica o AlGaAs no estequiométrica, o InAlAs estequiométrica o InAlAs no estequiométrica, con un crecimiento a una temperatura en un rango comprendido aproximadamente entre 125 y 225°C.

10 En ciertas implementaciones, el interruptor (10) es sometido a un proceso de post-recocido in-situ o ex-situ, después de haber efectuado el crecimiento de la estructura epitaxial. La temperatura de post-recocido puede encontrarse en un rango entre 400 y 700°C aproximadamente, y la duración del post-recocido puede encontrarse en un rango aproximadamente entre 5 y 30 minutos.

15 El interruptor puede ser modulado y sometido a ataque hasta el substrato excepto en una pequeña región o plataforma que permanece sin ataque. La plataforma puede ser sustancialmente redonda en su forma con un diámetro comprendido en un rango aproximado de 10 a 100  $\mu\text{m}$ . Una película eléctricamente aislante, fotodefinida dieléctrica puede ser depositada sobre la superficie de la estructura semiconductor excepto en una zona, definida como ventana, centrada sobre la superficie superior de la plataforma. En ciertas implementaciones, la ventana fotodefinida en la película dieléctrica es sustancialmente redonda en su forma y más pequeña de diámetro que el diámetro superior de la plataforma. Por ejemplo, la película dieléctrica tiene el diámetro en un rango comprendido entre 5 y 90  $\mu\text{m}$  en implementaciones específicas. Se pueden depositar contactos eléctricos que tienen dos electrodos laminares delgados sobre la película dieléctrica con un intersticio entre ellos que está dispuesto de manera tal que el intersticio y partes de cada electrodo se encuentran en una ventana de la película dieléctrica y forman contacto con la superficie de la estructura semiconductor superior de la plataforma. La superficie semiconductor entre los dos electrodos puede recibir un recubrimiento antirreflectante.

25 En algunas implementaciones, la estructura genera señales eléctricas variables pulsantes o senoidales cuando se aplica una polarización eléctrica entre los dos electrodos y una señal óptica variable pulsante o senoidal incide en el intersticio y excita a los portadores del intersticio fotoconductor. Una antena radiante puede ser conectada a los dos electrodos, de manera que las señales eléctricas con amplitudes de banda de subterahercios hasta terahercios radian desde la antena. Se puede aplicar un voltaje a partir de una forma de onda eléctrica variable pulsante o senoidal entre los dos electrodos y un impulso óptico o señal óptica con variación senoidal puede incidir en el intersticio y puede excitar los portadores en el intersticio fotoconductor para medir la forma de onda eléctrica. Una antena receptora puede estar conectada a los dos electrodos, de manera que la forma de onda eléctrica con amplitudes de banda de subterahercios hasta terahercios es acoplada al intersticio fotoconductor a través de la antena receptora. El lado del substrato puede estar dotado de recubrimiento con un recubrimiento antirreflectante y la luz puede entrar desde el lado del substrato para excitar portadores del intersticio fotoconductor.

35 La presente invención ha sido descrita haciendo referencia a realizaciones específicas, que se facilitan solamente a título de ejemplo y que no se tienen que considerar como limitativas del alcance de la invención tal como se define en las siguientes reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Estructura semiconductor fotodetectora que comprende:

contactos metálicos (18);

un sustrato de GaAs o InP (14);

5 una capa epitaxial (12) con crecimiento a baja temperatura no estequiométrica y rica en arsénico de  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  cuyo crecimiento se ha efectuado sobre el sustrato (14), siendo  $x$  superior aproximadamente a 0,1 y menor aproximadamente de 0,53; y

una capa semiconductor epitaxial con intersticio de banda más amplia con crecimiento en forma de capa de recubrimiento (16) por encima de la capa epitaxial (12) de  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ,

10 en la que la capa de recubrimiento epitaxial de intersticio de banda más amplia (16) es colocada entre los contactos metálicos (18) y la capa epitaxial (12) de  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ;

en la que la capa de recubrimiento epitaxial de intersticio de banda más amplio (16) tiene un grosor en un rango comprendido aproximadamente entre 5 y 100 nm,

15 en la que la estructura es modelada hasta el sustrato excepto en una pequeña plataforma restante en la que se deposita sobre la superficie de la estructura del semiconductor, una película dieléctrica (20) eléctricamente aislante excepto en una zona, que define una ventana centrada sobre la superficie superior de la plataforma, y

20 en la que los contactos metálicos (18) son depositados sobre la película dieléctrica (20) y teniendo un intersticio entre ellos que está posicionado de manera tal que el intersticio y partes de cada electrodo se encuentran en la ventana de la película dieléctrica (20) y hacen contacto con la superficie de la estructura semiconductor superior de la plataforma.

2. Estructura semiconductor, según la reivindicación 1, en la que la capa (12) de  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  tiene un grosor en un rango comprendido entre 0,1 y 2,0  $\mu\text{m}$ .

25 3. Estructura semiconductor, según la reivindicación 1, en la que la capa de recubrimiento epitaxial de intersticio de banda más ancha (16) es GaAs estequiométrica o GaAs no estequiométrica.

4. Estructura semiconductor, según la reivindicación 1, en la que la capa de recubrimiento epitaxial de intersticio de banda más ancha (16) es AlGaAs estequiométrica o AlGaAs no estequiométrica.

5. Estructura semiconductor, según la reivindicación 1, en la que la capa de recubrimiento epitaxial de intersticio de banda más ancha (16) es InAlAs estequiométrica o InAlAs no estequiométrica.

30 6. Estructura semiconductor, según la reivindicación 1, en la que la capa de recubrimiento epitaxial con intersticio de banda más ancha (16) es de InP.

7. Estructura semiconductor, según la reivindicación 1, en la que la plataforma tiene forma esencialmente redonda.

35 8. Estructura semiconductor, según la reivindicación 7, en la que el diámetro de la plataforma se encuentra en un rango comprendido aproximadamente entre 10 y 100  $\mu\text{m}$ .

9. Estructura semiconductor, según la reivindicación 1, en la que la ventana en la película dieléctrica (20) es sustancialmente redonda y más pequeña en su diámetro que el diámetro superior de la plataforma.

10. Estructura semiconductor, según la reivindicación 1, en la que la ventana en la película dieléctrica (20) tiene un diámetro en un rango comprendido entre 5 y 90  $\mu\text{m}$ .

40 11. Estructura semiconductor, según la reivindicación 1, en la que la superficie semiconductor entre los dos electrodos (18) está dotada de un recubrimiento antirreflectante.

12. Estructura semiconductor, según la reivindicación 11, en la que la cara del sustrato está dotada de un recubrimiento antirreflectante .

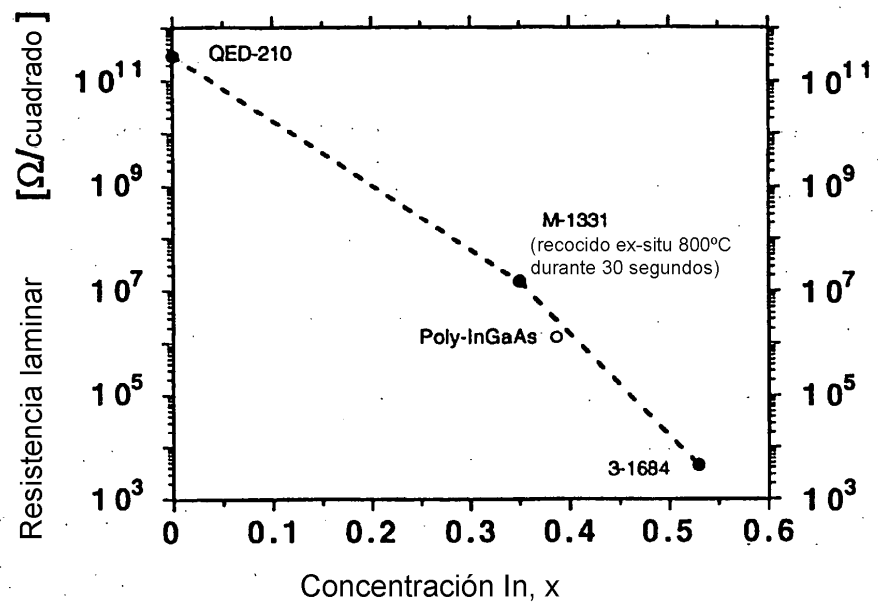


FIG. 1



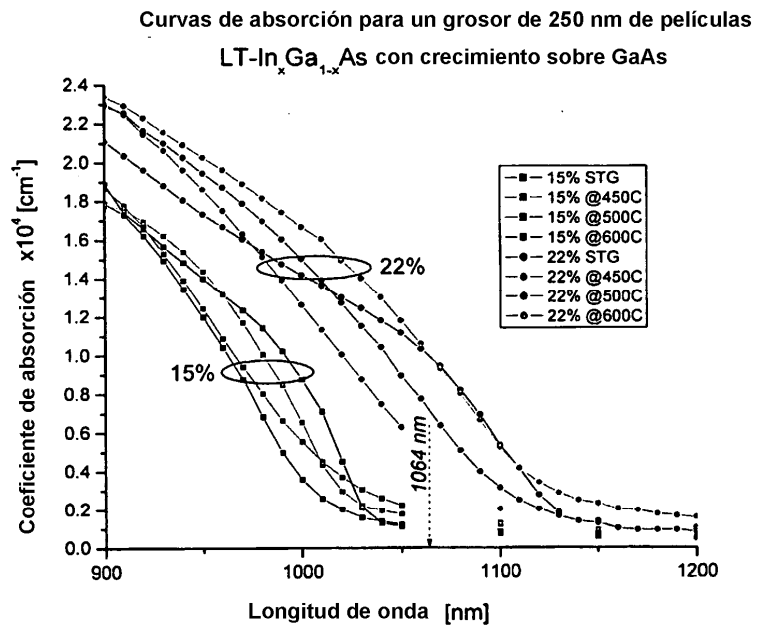


FIG. 2

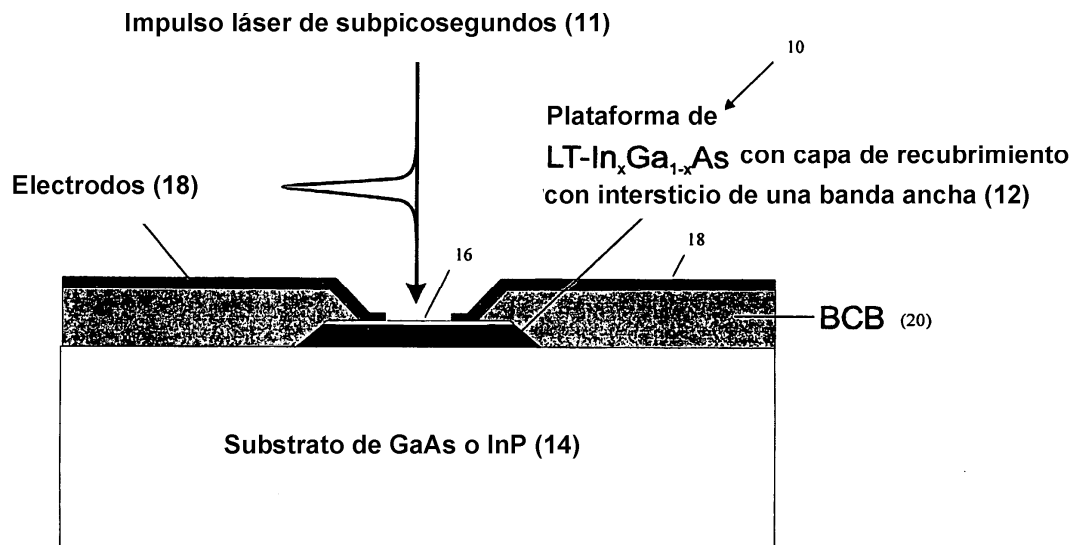


FIG. 3