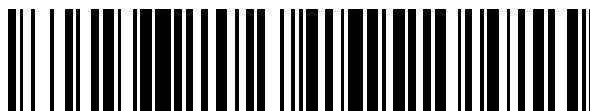


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 675 150**

51 Int. Cl.:

H01S 5/00 (2006.01)

H01S 3/04 (2006.01)

H01S 5/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.10.2005 PCT/US2005/036360**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.04.2006 WO06044314**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.10.2005 E 05803126 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.05.2018 EP 1800374**

54 Título: **Diodo láser semiconductor**

30 Prioridad:

12.10.2004 US 617430 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.07.2018

73 Titular/es:

**COMPOUND PHOTONICS U.S. CORPORATION
(100.0%)
300 North 56th Street
Chandler, AZ 85226, US**

72 Inventor/es:

**KANSKAR, MANOJ;
EARLES, THOMAS y
STIERS, ERIC**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 675 150 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

Diodo láser semiconductor

5 La presente invención se refiere en general a dispositivos semiconductores, y más específicamente, a diodos láser semiconductores.

10 Los diodos láser semiconductores se construyen a partir de una unión eléctrica p-n y un pozo cuántico. La unión eléctrica p-n tiene un lado n y un lado p. El pozo cuántico se proporciona entre el lado n y el lado p. Los electrones del lado n y los orificios del lado p de la unión p-n se recombinan en el pozo cuántico, lo que da como resultado una emisión de luz láser. El lado n y el lado p de la unión p-n forman una guía de onda óptica para la luz láser emitida.

15 Los diodos láser semiconductores generan calor durante su funcionamiento. El calor generado es eliminado por un sistema de enfriamiento externo. Para un nivel fijo de salida de luz láser, la energía consumida por el sistema de refrigeración externo es inversamente proporcional a la eficiencia de conversión de potencia de un diodo láser semiconductor. La eficiencia de conversión de potencia del diodo láser semiconductor es proporcional a la tasa de recombinaciones de los electrones desde el lado n y los orificios desde el lado p en el pozo cuántico e inversamente proporcional al voltaje operativo del diodo láser semiconductor.

20 El voltaje de operación de un diodo láser semiconductor depende principalmente de tres factores: (1) la longitud de onda láser del diodo láser semiconductor, (2) la resistencia del diodo láser semiconductor, y (3) los desplazamientos de banda de los diferentes sistemas de material que se usan para formar el lado n y el lado p del diodo láser semiconductor.

25 Para producir una longitud de onda láser deseada, los electrones en el pozo cuántico requieren una energía, que es hc/λ por encima de la energía de los orificios, donde h es la constante de Planck, c es la velocidad de la luz en el medio del diodo láser y λ es la longitud de onda a la que se opera el láser. Dado que la diferencia de energía hc/λ para una longitud de onda dada está determinada por los parámetros físicos básicos, el voltaje de funcionamiento del diodo láser semiconductor no puede reducirse disminuyendo la diferencia de energía hc/λ .

30 La resistencia del diodo láser semiconductor depende de factores tales como la movilidad de los electrones y los orificios dentro del diodo láser semiconductor y los niveles de dopaje de los sistemas de materiales que se usan para formar el lado n y el lado p del diodo láser semiconductor. Los niveles de dopaje de los sistemas de materiales usados para formar el lado n y el lado p del diodo láser semiconductor se pueden seleccionar para reducir la resistencia global del diodo láser semiconductor. Además, los niveles de dopaje de los sistemas de material se seleccionan de manera que se evite la absorción excesiva de luz dentro del diodo láser semiconductor.

35 Los electrones en el lado n y los orificios en el lado p requieren energía para moverse dentro del pozo cuántico. Esta energía es igual al desplazamiento de la banda del sistema material utilizado para formar el diodo láser semiconductor. El desplazamiento de banda del sistema de material se mide con relación a la energía de banda del sustrato. Una fuente de voltaje externa proporciona la energía requerida por los electrones y los orificios. El voltaje externo proporcionado es proporcional al desplazamiento de la banda.

40 Además, existen uno o más métodos y sistemas para formar/diseñar los diodos láser semiconductores. Uno de dichos métodos se describe en el documento US 5.448.585 que describe un láser de pozo cuántico y se centra en el diseño de un láser semiconductor que tiene una dependencia de temperatura relativamente baja en la corriente umbral y la eficiencia cuántica externa. Además, esta referencia describe la detención de electrones y orificios por la capa de tapón de electrones y la capa de tapón de orificio, respectivamente. Además, esta referencia describe una capa de revestimiento p y una capa de revestimiento n, ambas capas están formadas por el mismo sistema de material, por ejemplo, AlInAs.

45 Otro método de este tipo se describe en el documento US 5.757.833, que describe un diodo láser formado mediante el uso de una sección de activación por láser y una sección de emisión de luz. La sección de activación del láser y la sección emisora de luz tienen un grosor diferente entre sí. De manera similar a la descrita anteriormente, esta referencia se centra en la formación de la capa de tipo n y la capa de tipo p formadas a partir del material idéntico, tal como InGaP.

50 Además, el documento EP 0 660 472 describe capas de bloqueo de portadores para la reducción de la función de guía de ondas por capas activas. Además, esta referencia describe materiales de banda prohibida superiores como las capas de bloqueo de portadores. Las capas de banda prohibida más altas introducen barreras adicionales al transporte del transportador y, por lo tanto, introducen un mayor voltaje de encendido. Además, esta referencia describe el revestimiento de tipo n y las capas de revestimiento de tipo p se forman a partir del mismo material/único, tal como AlGaAs.

Además, el documento EP 0 625 812 describe un láser semiconductor de pozos cuánticos que incluye capas de confinamiento de estructura MQB (quantum múltiple). La estructura MQB comprende una pluralidad de capas semiconductoras. Esta referencia se centra en el confinamiento del portador a expensas de la introducción de una pluralidad de capas semiconductoras de materiales que conducen a un mayor voltaje de encendido. Además, esta referencia alcanza un revestimiento de tipo n más tarde y la capa de revestimiento de tipo p se forman a partir del mismo material, como InP.

Además, el documento JP 2001 313 442 describe un elemento óptico semiconductor que comprende una estructura laminada de una capa activa, una capa de guía de ondas ópticas de tipo n (capa revestida de tipo n) y una capa de guía de ondas ópticas de tipo p (capa revestida de tipo p), de modo que el desplazamiento de la banda de valencia de una interfaz entre la capa activa y la guía de ondas ópticas de tipo n y un desplazamiento de banda de conducción de una interfaz entre la capa activa y la guía de ondas ópticas de tipo p (capa revestida de tipo p) grande, y las capas de guía de ondas ópticas de tipo n y p y las capas activas no forman una heterointerfaz, que se convierte en una barrera de energía por electrones y orificios que se van a implantar desde un electrodo. En el láser semiconductor, que tiene una capa activa InGaAlAs usando un sustrato InP, una capa revestida de tipo n que hace contacto directo con la capa activa está hecha de InP o InGaAsP, y una capa de guía de onda óptica de tipo p que hace contacto directo con la capa activa está hecho de InGaAlAs o InAlAs. Algunos diodos láser semiconductores existentes tienen el lado n y el lado p formados a partir de un único sistema de material. Entre los ejemplos del sistema material se incluyen el arseniuro de aluminio y galio (AlGaAs) y el fosfuro de arsénico de indio y galio (InGaAsP). El sustrato del diodo láser semiconductor se forma a partir de un primer sistema de material que es diferente del sistema de material utilizado para formar el lado n y el lado p. Los ejemplos del primer sistema material incluyen arseniuro de galio (GaAs) y fosfuro de indio (InP). Cualquier sistema material dado tendrá un conjunto característico de bandas de valencia y desplazamientos de banda de conducción calculados en relación con el primer sistema material, que afectan tanto el voltaje de encendido para el diodo láser semiconductor como la eficiencia de confinar los electrones y los orificios dentro del pozo cuántico. Un sistema de material ideal debería tener un pequeño desplazamiento de la banda de valencia para los orificios y un gran desplazamiento de la banda de conducción para los electrones en el lado p del diodo láser semiconductor. Al mismo tiempo, el sistema de material ideal debería tener un gran desplazamiento de la banda de valencia para los orificios y un pequeño desplazamiento de la banda de conducción para los electrones en el lado n del diodo láser semiconductor. Estas condiciones competitivas de desplazamiento de banda pueden no alcanzarse usando un sistema de material único. Por lo tanto, un diodo láser semiconductor formado a partir de un único sistema de material tiene un voltaje de conexión más alto y un confinamiento de portador de carga más bajo en el pozo cuántico. La eficiencia de conversión de alta potencia requiere bajos voltajes de encendido y un buen confinamiento del soporte de carga.

En vista de la discusión anterior, existe la necesidad de mejorar la eficiencia de conversión de potencia de los diodos láser semiconductores existentes. Además, existe la necesidad de reducir el voltaje de encendido para los diodos láser semiconductores existentes mientras se mantiene un buen confinamiento del soporte de carga en el pozo cuántico.

Un objeto de la presente invención es proporcionar un diodo láser semiconductor y un método para formar el diodo láser semiconductor que tiene un voltaje de conexión más bajo. Este objetivo se resuelve por la materia objeto de las reivindicaciones independientes.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un diodo láser semiconductor como se define en la reivindicación 1.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método para formar un diodo láser semiconductor como se define en la reivindicación 8. Las realizaciones preferidas de la invención son las materias de las reivindicaciones dependientes.

Las diversas realizaciones describen el uso de diferentes sistemas de material para formar las capas semiconductoras tipo n y las capas semiconductoras tipo p de una unión p-n de un diodo láser semiconductor. El uso de diferentes sistemas de materiales para formar las capas semiconductoras de tipo n y las capas semiconductoras de tipo p da como resultado un aumento de la tasa de recombinaciones electrón-orificio en el pozo cuántico de un diodo láser semiconductor. El aumento en la tasa de recombinaciones electrón-orificio reduce el voltaje de encendido y aumenta la eficiencia de conversión de potencia del diodo láser semiconductor.

Las diversas realizaciones de la invención se describirán a continuación conjuntamente con los dibujos adjuntos proporcionados para ilustrar y no limitar la invención en la que las capas no se muestran necesariamente a escala, en donde las designaciones similares denotan elementos similares, y en las que:

la figura 1 ilustra las capas de una unión p-n, de acuerdo con una realización de la invención;

la figura 2 ilustra las capas de un diodo láser semiconductor, de acuerdo con una realización de la invención;

la figura 3 es un diagrama de flujo de un método para formar una unión p-n, de acuerdo con una realización de la invención;

la figura 4 es un diagrama de flujo de un método para formar un diodo láser semiconductor, de acuerdo con una realización de la invención;

la figura 5 es un gráfico de índice óptico frente a desplazamiento de banda para sistemas de materiales GaAs (arseniuro de galio), InGaAsP (fosfuro de arseniuro de galio y indio) y AlGaAs (arseniuro de galio de aluminio);

la figura 6 ilustra un diodo láser semiconductor, de acuerdo con una realización de la invención; y

la figura 7 es una tabla que proporciona especificaciones del diodo láser semiconductor de la figura 6.

La figura 1 ilustra las capas de una unión p-n 100, de acuerdo con una realización de la invención, la unión p-n 100 es un componente básico de un dispositivo electrónico. Los ejemplos del dispositivo electrónico incluyen un transistor, un diodo, un diodo emisor de luz y un diodo láser semiconductor. La unión p-n 100 incluye un sustrato 102, una capa semiconductor de tipo n 104 y una capa semiconductor de tipo p 106. Como se ilustra en la figura 1, la capa semiconductor de tipo n 104 se proporciona en el sustrato 102 y la capa semiconductor de tipo p 106 se proporciona en la capa semiconductor de tipo n 104. El sustrato 102 está hecho de un primer sistema de material. El primer sistema material incluye materiales tales como indio (In), galio (Ga), aluminio (Al), arsénico (As) y fósforo (P). De acuerdo con la invención, el sustrato 102 está formado a partir de arseniuro de galio (GaAs), sin embargo, de acuerdo con ejemplos adicionales que no forman parte de la invención reivindicada, el sustrato está hecho de fosfuro de indio (InP). Sin embargo, será evidente para una persona experta en la técnica que cualquier otro sistema material relevante puede usarse para formar el sustrato 102 de acuerdo con ejemplos que no forman parte de la invención reivindicada. En varias realizaciones de la invención, la capa semiconductor de tipo n 104 se forma a partir de un segundo sistema de material. El segundo sistema material incluye materiales tales como indio (In), galio (Ga), aluminio (Al), arsénico (As) y fósforo (P). Los ejemplos del segundo sistema material incluyen InGaAsP y AlInGaP. Además, el segundo sistema de material está dopado con un agente dopante para hacer que el segundo sistema material sea de tipo n. Los ejemplos del agente dopante incluyen silicio y selenio. Sin embargo, la invención no debe interpretarse como que está limitada al uso de solo los ejemplos mencionados anteriormente del agente dopante; se pueden usar otros agentes dopantes sin desviarse del alcance de la invención.

En diversas realizaciones de la invención, la capa semiconductor de tipo p 106 se forma a partir de un tercer sistema de material. El tercer sistema material es diferente del segundo sistema material. El tercer sistema material incluye materiales tales como indio (In), galio (Ga), aluminio (Al), arsénico (As) y fósforo (P). Por ejemplo, AlGaAs se puede usar como un tercer sistema de material. Además, el tercer sistema de material está dopado con un agente dopante para hacer que el tercer sistema material sea de tipo p. Los ejemplos del agente dopante incluyen zinc, carbono y berilio. Sin embargo, la invención no debe interpretarse como que está limitada al uso de solo los ejemplos mencionados anteriormente del agente dopante; se pueden usar otros agentes dopantes sin desviarse del alcance de la invención.

El segundo sistema de material se selecciona de manera que el segundo sistema de material tenga un desplazamiento de banda de conducción inferior al desplazamiento de la banda de conducción del tercer sistema de material. El desplazamiento de la banda de conducción se calcula con relación a la energía de la banda de conducción del primer sistema de material. El desplazamiento de la banda de conducción inferior del segundo sistema de material que el del tercer sistema de material da como resultado un voltaje de conexión más bajo para la unión p-n 100. El tercer sistema de material se selecciona de manera que el tercer sistema de material tenga un desplazamiento de banda de valencia inferior al desplazamiento de la banda de valencia del segundo sistema de material. Los desplazamientos de la banda de valencia se calculan en relación con la energía de la banda de valencia del primer sistema material. El desplazamiento de la banda de valencia inferior del tercer sistema de material que el del segundo sistema de material da como resultado un voltaje de conexión más bajo para la unión p-n 100.

Por ejemplo, la unión p-n 100 incluye el sustrato 102 formado a partir de GaAs, la capa semiconductor de tipo n 104 formada a partir de InGaAsP, y la capa semiconductor de tipo p 106 formada a partir de AlGaAs. La capa semiconductor de tipo n 104 tiene la siguiente composición de In: 11,7 %, Ga: 38,3 %, P: 23,8 % y As: 26,2 %. La capa semiconductor de tipo n 104 está dopada con silicio. La concentración de silicio puede variar de 0 átomos a 10^{17} átomos por cm^3 de la capa semiconductor de tipo n 104. La capa semiconductor de tipo p 106 tiene la siguiente composición de Al: 10 %, Ga: 40 % y As: 50 %. La capa semiconductor de tipo p 106 está dopada con Zinc. La concentración de Zinc puede variar de 0 átomos a 10^{17} átomos por cm^3 de la capa semiconductor de tipo p 106.

En la unión p-n 100 con la capa semiconductor de tipo n 104 formada a partir del segundo sistema de material, y la capa semiconductor de tipo p 106 formada a partir del tercer sistema de material, la combinación de desplazamiento de banda de conducción inferior del segundo sistema de material en comparación con el tercer

sistema de material y el menor desplazamiento de la banda de valencia del tercer sistema de material en comparación con el del segundo sistema de material da como resultado un voltaje de conexión más bajo para la unión p-n 100.

En una realización de la invención, la unión p-n 100 incluye además un metal de contacto n 108 tal como una pila de titanio-platino-oro (Ti-Pt-Au) colocada sobre una aleación de oro-germanio (Au-Ge) y un metal de contacto p 110 tal como una pila de titanio-platino-oro (Ti-Pt-Au) colocada sobre una aleación de oro-germanio (Au-Ge). El metal de contacto n 108 se proporciona en el sustrato 102. El metal de contacto p 110 se proporciona en la capa semiconductor tipo p 106. El metal de contacto n 108 proporciona una conexión eléctrica a la capa semiconductor de tipo n 104. El metal de contacto p 110 proporciona una conexión eléctrica a la capa semiconductor de tipo p 106.

La figura 2a ilustra las capas de un diodo láser semiconductor 200, de acuerdo con una realización de la invención. Un diodo láser semiconductor es un diodo que emite luz coherente por emisión estimulada. El diodo láser semiconductor 200 incluye un sustrato 202, una capa semiconductor de tipo n 204, una capa semiconductor de tipo p 206 y un pozo cuántico 208. Como se ilustra en la figura 2a, la capa semiconductor de tipo n 204 se proporciona en el sustrato 202, la capa semiconductor tipo p 206 se proporciona en la capa semiconductor de tipo n 204, y el pozo cuántico 208 está dispuesto entre la capa semiconductor de tipo n 204 y la capa semiconductor de tipo p 206.

Cuando se hace pasar una corriente eléctrica a través del diodo láser semiconductor 200, los electrones de la capa semiconductor de tipo n 204 y los orificios de la capa semiconductor de tipo p 206 se inyectan en el pozo cuántico 208. Los electrones y los orificios se recombinan radiativamente en el pozo cuántico 208. Esta recombinación de los electrones y los orificios resulta en la emisión de luz láser. La superficie de la capa semiconductor de tipo n 204 y la superficie de la capa semiconductor de tipo p 206, que están adyacentes al pozo cuántico 208, forman bordes paralelos. Estos bordes paralelos actúan como una guía de onda óptica para la luz láser emitida en el pozo cuántico 208.

En diversas realizaciones de la invención, el sustrato 202 se forma a partir de una primera pluralidad seleccionada de materiales que es arseniuro de galio. En varias realizaciones de la invención, la capa semiconductor de tipo n 204 se forma a partir de un segundo sistema de material. El segundo sistema material incluye materiales tales como indio (In), galio (Ga), aluminio (Al), arsénico (As) y fósforo (P). Los ejemplos del segundo sistema material incluyen InGaAsP y AlInGaP. Además, el segundo sistema de material está dopado con un agente dopante para hacer que el segundo sistema material sea de tipo n. Los ejemplos del agente dopante incluyen silicio y selenio. Sin embargo, la invención no debe interpretarse como que está limitada al uso de solo los ejemplos mencionados anteriormente del agente dopante; se pueden usar otros agentes dopantes sin desviarse del alcance de la invención.

En diversas realizaciones de la invención, la capa semiconductor de tipo p 206 se forma a partir de un tercer sistema de material. El tercer sistema material incluye materiales tales como indio (In), galio (Ga), aluminio (Al), arsénico (As) y fósforo (P). Por ejemplo, AlGaAs se puede usar como un tercer sistema de material. Además, el tercer sistema de material está dopado con un agente dopante para hacer que el tercer sistema material sea de tipo p. Los ejemplos del agente dopante incluyen zinc, carbono y berilio. Sin embargo, la invención no debe interpretarse como que se limita al uso de solo los ejemplos de agentes dopantes mencionados anteriormente; se pueden usar otros agentes dopantes sin desviarse del alcance de la invención.

El segundo sistema de material se selecciona de manera que el segundo sistema de material tenga un desplazamiento de banda de conducción inferior al desplazamiento de la banda de conducción del tercer sistema de material. El desplazamiento de la banda de conducción se calcula con relación a la energía de la banda de conducción del primer sistema de material. El desplazamiento de la banda de conducción inferior del segundo sistema de material en comparación con el del tercer sistema de material da como resultado un voltaje de conexión más bajo para el diodo láser semiconductor 200. El tercer sistema de material se selecciona de manera que el tercer sistema de material tenga un desplazamiento de banda de valencia inferior al desplazamiento de la banda de valencia del segundo sistema de material. Los desplazamientos de la banda de valencia se calculan en relación con la energía de la banda de valencia del primer sistema material. El desplazamiento de la banda de valencia inferior del tercer sistema de material en comparación con el del segundo sistema de material da como resultado un voltaje de conexión más bajo para el diodo láser semiconductor 200. En una realización de la invención, el segundo sistema de material y el tercer sistema de material se seleccionan basándose en un gráfico de índice óptico frente al desplazamiento de banda. La selección del segundo sistema de material y el tercer sistema de material basado en el gráfico de índice óptico frente a desplazamiento de banda se explica en conjunción con la figura 5.

En diversas realizaciones de la invención, el pozo cuántico 208 se forma a partir de un cuarto sistema de material. El cuarto sistema material incluye materiales tales como indio (In), galio (Ga), aluminio (Al), arsénico (As) y fósforo (P). Los ejemplos del cuarto sistema material incluyen InGaAsP, AlGaAs y AlInGaP. En una realización de la invención, el cuarto sistema de material puede estar dopado con un agente dopante. Los

ejemplos del agente dopante incluyen silicio, selenio, zinc, carbono y berilio. Sin embargo, la invención no debe interpretarse como que se limita al uso de solo los ejemplos de agentes dopantes mencionados anteriormente; se pueden usar otros agentes dopantes sin desviarse del alcance de la invención.

Por ejemplo, el diodo láser semiconductor 200 incluye el sustrato 202 formado a partir de GaAs, la capa semiconductor de tipo n 204 formada a partir de InGaAsP, la capa semiconductor de tipo p 206 formada a partir de AlGaAs y el pozo cuántico 208 formado a partir de InGaAs. La capa semiconductor de tipo n 204 tiene la siguiente composición de In: 11,7%, Ga: 38,3 %, P: 23,8 % y As: 26,2 %. La capa semiconductor de tipo n 204 está dopada con silicio. La concentración de silicio puede variar de 0 átomos a 10^{17} átomos por cm^3 de la capa semiconductor de tipo n 204. La capa semiconductor de tipo p 206 tiene la siguiente composición de Al: 10%, Ga: 40 % y As: 50 %. La capa semiconductor de tipo p 206 está dopada con Zinc. La concentración de Zinc puede variar de 0 átomos a 10^{17} átomos por cm^3 de la capa semiconductor de tipo p 206. El pozo cuántico 208 tiene la siguiente composición de In: 6%, Ga: 44% y As: 50 %.

El uso del segundo sistema de material y el tercer sistema de material para formar la capa semiconductor de tipo n 204 y la capa semiconductor de tipo p 206, respectivamente, aumenta la barrera de energía para los electrones y los orificios en el pozo cuántico 208. El aumento en la barrera de energía para los orificios reduce el número de orificios de la capa semiconductor de tipo p 206, que son expulsados térmicamente del pozo cuántico 208 a la capa semiconductor de tipo n 204. De forma similar, el aumento en la barrera de energía para los electrones reduce el número de electrones de la capa semiconductor de tipo n 204, que son expulsados térmicamente desde el pozo cuántico 208 a la capa semiconductor de tipo p 206. Además, el aumento en la barrera de energía para los orificios y los electrones resulta en una mayor tasa de recombinaciones electrón-orificio en el pozo cuántico 208. Una tasa incrementada de recombinaciones de electrodos en el pozo cuántico 208 reduce la cantidad de corriente eléctrica requerida para producir una cantidad deseada de luz láser desde el diodo láser semiconductor 200.

Por ejemplo, en el diodo láser semiconductor 200, donde se usa AlGaAs para formar la capa semiconductor de tipo p 206 y se usa InGaAsP para formar la capa semiconductor de tipo n 204, los orificios en el pozo cuántico 208 tienen una barrera de energía mayor para moverse hacia la capa semiconductor de tipo n 204, y los electrones tienen una barrera de energía más grande en el pozo cuántico 208 para moverse hacia la capa semiconductor de tipo p 206. El aumento en la barrera de energía para los orificios y los electrones resulta en una tasa incrementada de recombinaciones electrón-orificio en el pozo cuántico 208. Este aumento en la tasa de recombinaciones electrón-orificio en el pozo cuántico 208 reduce la corriente eléctrica requerida para producir una cantidad deseada de luz láser desde el diodo láser semiconductor 200. El desplazamiento de la banda de conducción inferior del segundo sistema de material comparado con el del tercer sistema de material, y los desplazamientos de banda de valencia inferiores del tercer sistema de material en comparación con el del segundo sistema de material reducen el voltaje de encendido para el diodo láser semiconductor 200.

En una realización de la invención, el diodo láser semiconductor 200 incluye además un metal 210 de contacto n tal como una pila de titanio-platino-oro (Ti-Pt-Au) colocada sobre una aleación de oro-germanio (Au-Ge) y un metal de contacto p 212 tal como una pila de titanio-platino-oro (Ti-Pt-Au) colocada sobre una aleación de oro-germanio (Au-Ge). El metal de contacto n 210 se proporciona en el sustrato 202. El metal de contacto p 212 se proporciona en la capa semiconductor tipo p 206. El metal de contacto n 210 proporciona una conexión eléctrica a la capa semiconductor de tipo n 204. El metal de contacto p 212 proporciona una conexión eléctrica a la capa semiconductor de tipo p 206.

La figura 2b ilustra la capa semiconductor de tipo n 204, de acuerdo con una realización de la invención. La capa semiconductor de tipo n 204 incluye dos subcapas, una capa de confinamiento de tipo n 214 y una capa de revestimiento de tipo n 216. La composición de la capa de confinamiento de tipo n 214 y la capa de revestimiento de tipo n 216, para una longitud de onda láser del láser, se selecciona de manera que el índice de refracción de la capa de confinamiento de tipo n 214 sea mayor que el índice de refracción del revestimiento de la capa de tipo n 216 y se logra una condición de reflexión interna total para la luz emitida en el pozo cuántico 208. La capa de confinamiento de tipo n 214 y la capa de revestimiento de tipo n 216 con dicha composición forman la mitad de una guía de ondas que contiene la luz láser emitida en el pozo cuántico 208.

En una realización de la invención, para contener la luz láser emitida dentro del pozo cuántico 208, la capa de confinamiento de tipo n 214 se compone de In: 11,7%, Ga: 38,3 %, P: 23,8 % y As: 26,2 %, la capa de revestimiento de tipo n 216 se compone de In: 25%, Ga: 25 % y P: 50 %, y el pozo cuántico 208 se compone de In: 6%, Ga: 44% y As: 50 %. La capa de confinamiento de tipo n 214 está dopada con silicio. La concentración de silicio puede variar de 0 átomos a 10^{17} átomos por cm^3 de capa de confinamiento de tipo n 214. La capa de revestimiento de tipo n 216 está dopada con silicio. La concentración de silicio es de 10^{18} átomos a 5×10^{18} átomos por cm^3 de la capa de revestimiento de tipo n 216.

La figura 2c ilustra la capa semiconductor de tipo p 206, de acuerdo con una realización de la invención. La capa semiconductor de tipo p 206 incluye dos subcapas, una capa de confinamiento de tipo p 218 y una capa de revestimiento de tipo p 220. La composición de la capa de confinamiento de tipo p 218 y la capa de

revestimiento de tipo p 220, para una longitud de onda láser del láser, se selecciona de modo que el índice de refracción de la capa de confinamiento de tipo p 218 sea mayor que el índice de refracción de la capa de revestimiento de tipo p 220 y se logra una condición de reflexión interna total para la luz emitida en el pozo cuántico 208. La capa de confinamiento de tipo p 218 y la capa de revestimiento de tipo p 220 con dicha composición forman la mitad de una guía de ondas que contiene la luz láser emitida en el pozo cuántico 208.

En una realización de la invención, para contener la luz láser emitida dentro del pozo cuántico 208, la capa de confinamiento de tipo p 218 está compuesta de Al: 10%, Ga: 40% y As: 50 %, la capa de revestimiento de tipo p 220 está compuesta de Al: 25%, Ga: 25% y As: 50 %, y el pozo cuántico 208 se compone de In: 6%, Ga: 44 % y As: 50 %. La capa de confinamiento de tipo p 218 está dopada con zinc. La concentración de zinc puede variar de 0 átomos a 10^{17} átomos por cm^3 de la capa de confinamiento de tipo p 218. La capa de revestimiento de tipo p 220 está dopada con zinc. La concentración de zinc puede variar de 10^{18} átomos a 5×10^{18} átomos por cm^3 de la capa de revestimiento de tipo p 220.

En una realización de la invención, el diodo láser semiconductor 200 incluye uno o más pozos cuánticos como se ilustra en la figura 2d. El uno o más pozos cuánticos se proporcionan para producir un haz intenso de luz láser. El uno o más pozos cuánticos están dispuestos entre la capa semiconductor de tipo n 204 y la capa semiconductor de tipo p 206. Como se muestra en la figura 2d, el diodo láser semiconductor 200 incluye un pozo cuántico 208a, un pozo cuántico 208 y un pozo cuántico 208b. El pozo cuántico 208a está dispuesto adyacente a la capa semiconductor de tipo p 206 y el pozo cuántico 208b está dispuesto adyacente a la capa semiconductor de tipo n 204.

En una realización, donde la capa semiconductor de tipo n 204 incluye una pluralidad de capas de confinamiento de tipo n, al menos una de la pluralidad de capas de confinamiento de tipo n es adyacente a uno de los uno o más pozos cuánticos. La composición de la pluralidad de capas de confinamiento de tipo n se varía de manera que el índice de refracción de las capas de confinamiento de tipo n disminuye gradualmente. La capa de confinamiento de tipo n cerca del pozo cuántico tiene el índice de refracción más grande y la capa de confinamiento de tipo n más alejada del pozo cuántico tiene el índice de refracción más bajo. La pluralidad de capas de confinamiento de tipo n con índices de refracción variables da como resultado un mejor confinamiento de la luz láser emitida.

En una realización, donde la capa semiconductor de tipo p 206 incluye una pluralidad de capas de confinamiento de tipo p, al menos una de la pluralidad de capas de confinamiento de tipo p es adyacente a uno o más de los pozos cuánticos.

La figura 3 es un diagrama de flujo de un método para formar una unión p-n, de acuerdo con una realización de la invención. En la etapa 302, se proporciona un sustrato para formar la unión p-n. El sustrato se forma a partir de un primer sistema de material que es arseniuro de galio (GaAs). En la etapa 304, se selecciona un segundo sistema de material. En una realización de la invención, el segundo sistema de material incluye materiales tales como indio (In), galio (Ga), aluminio (Al), arsénico (As) y fósforo (P). Los ejemplos del segundo sistema material incluyen InGaAsP y AlInGaP. En la etapa 306, se proporciona una capa semiconductor de tipo n en el sustrato. La capa semiconductor de tipo n se forma a partir del segundo sistema de material.

En la etapa 308, se selecciona un tercer sistema de material. El tercer sistema material incluye materiales tales como indio (In), galio (Ga), aluminio (Al), arsénico (As) y fósforo (P). Por ejemplo, AlGaAs se puede usar como un tercer sistema de material. En la etapa 310, se proporciona una capa semiconductor de tipo p en la capa semiconductor de tipo n. La capa semiconductor de tipo p se forma a partir del tercer sistema de material. La capa semiconductor de tipo n y la capa semiconductor de tipo p forman la unión p-n.

El segundo sistema de material se selecciona de manera que el segundo sistema de material tenga un desplazamiento de banda de conducción inferior al desplazamiento de la banda de conducción del tercer sistema de material. El desplazamiento de la banda de conducción se calcula con relación a la energía de la banda de conducción de GaAs. El desplazamiento de la banda de conducción inferior del segundo sistema de material en comparación con el del tercer sistema de material da como resultado un voltaje de conexión más bajo para la unión p-n. El tercer sistema de material se selecciona de manera que el tercer sistema de material tenga un desplazamiento de banda de valencia inferior al desplazamiento de la banda de valencia del segundo sistema de material. Los desplazamientos de la banda de valencia se calculan en relación con la energía de la banda de valencia de GaAs. El desplazamiento de la banda de valencia inferior del tercer sistema de material en comparación con el del segundo sistema de material da como resultado un voltaje de conexión más bajo para la unión p-n.

En una realización de la invención, se proporciona un metal de contacto n tal como una pila de titanio-platino-oro (Ti-Pt-Au) colocada sobre una aleación de oro-germanio (Au-Ge) sobre el sustrato y un metal de contacto p. tal como una pila de titanio-platino-oro (Ti-Pt-Au) colocada sobre una aleación de oro-germanio (Au-Ge) en la capa semiconductor de tipo p. El metal de contacto n proporciona una conexión eléctrica a la capa semiconductor de tipo n de la unión p-n. El metal de contacto p proporciona una conexión eléctrica a la capa semiconductor de

tipo p de la unión p-n.

En una unión p-n, donde la capa semiconductor de tipo n se forma a partir del segundo sistema de material, y la capa semiconductor de tipo p se forma a partir del tercer sistema de material, la combinación del desplazamiento de banda de conducción inferior del segundo sistema de material y el menor desplazamiento de la banda de valencia del tercer sistema de material da como resultado un voltaje de conexión más bajo para la unión p-n.

La figura 4 es un diagrama de flujo de un método para formar un diodo láser semiconductor, de acuerdo con una realización de la invención. Los diodos láser semiconductores son diodos que emiten luz coherente por emisión estimulada. En la etapa 402, se proporciona un sustrato para formar el diodo láser semiconductor. El sustrato se forma a partir de un primer sistema de material que es arseniuro de galio (GaAs). En la etapa 404, se selecciona un segundo sistema de material. En una realización de la invención, el segundo sistema de material incluye materiales tales como indio (In), galio (Ga), aluminio (Al), arsénico (As) y fósforo (P). Los ejemplos del segundo sistema material incluyen InGaAsP y AlInGaP. En la etapa 406, se proporciona una capa semiconductor de tipo n en el sustrato. La capa semiconductor de tipo n se forma a partir del segundo sistema de material. En la etapa 408, se proporcionan uno o más pozos cuánticos. El uno o más pozos cuánticos se proporcionan en la capa semiconductor de tipo n.

En la etapa 410, se selecciona un tercer sistema de material. El tercer sistema material incluye materiales tales como indio (In), galio (Ga), aluminio (Al), arsénico (As) y fósforo (P). Por ejemplo, AlGaAs se puede usar como un tercer sistema de material. En la etapa 412, se proporciona una capa semiconductor de tipo p en la capa semiconductor de tipo n. La capa semiconductor de tipo p se forma a partir del tercer sistema de material. La capa semiconductor de tipo p se proporciona de modo que uno o más pozos cuánticos se encuentren entre la capa semiconductor de tipo n y la capa semiconductor de tipo p. El uno o más pozos cuánticos se forman a partir de un cuarto sistema material. El cuarto sistema material incluye materiales tales como indio (In), galio (Ga), aluminio (Al), arsénico (As) y fósforo (P). Los ejemplos del cuarto sistema material incluyen InGaAsP, AlGaAs y AlInGaP.

En una realización de la invención, se proporciona un metal de contacto n tal como una pila de titanio-platino-oro (Ti-Pt-Au) colocada sobre una aleación de oro-germanio (Au-Ge) sobre el sustrato y un metal de contacto p. tal como una pila de titanio-platino-oro (Ti-Pt-Au) colocada sobre una aleación de oro-germanio (Au-Ge) en la capa semiconductor de tipo p. El metal de contacto n proporciona una conexión eléctrica a la capa semiconductor de tipo n. El metal de contacto p proporciona una conexión eléctrica a la capa semiconductor de tipo p.

El segundo sistema de material se selecciona de manera que el segundo sistema de material tenga un desplazamiento de banda de conducción inferior al desplazamiento de la banda de conducción del tercer sistema de material. El desplazamiento de la banda de conducción se calcula con relación a la energía de la banda de conducción del primer sistema de material. El tercer sistema de material se selecciona de manera que el tercer sistema de material tenga un desplazamiento de banda de valencia inferior al desplazamiento de la banda de valencia del segundo sistema de material. Los desplazamientos de la banda de valencia se calculan en relación con la energía de la banda de valencia del primer sistema material. En una realización de la invención, el segundo sistema de material y el tercer sistema de material se seleccionan basándose en el gráfico de índice óptico frente a desplazamiento de banda. La selección del segundo sistema de material y el tercer sistema de material basado en el gráfico de índice óptico frente a desplazamiento de banda se explica en conjunción con la figura 5.

El uso del segundo sistema de material con un desplazamiento de banda de conducción inferior en comparación con el del tercer sistema de material, para la capa semiconductor de tipo n y el uso del tercer sistema de material con un desplazamiento de banda de valencia menor en comparación con el del segundo material sistema, para la capa semiconductor de tipo p resulta en un aumento en la barrera de energía para los orificios y los electrones en uno o más pozos cuánticos. El aumento en la barrera de energía para los orificios reduce el número de orificios de la capa semiconductor de tipo p, que son expulsados térmicamente desde uno o más pozos cuánticos hacia la capa semiconductor de tipo n. De manera similar, el aumento en la barrera de energía para los electrones reduce el número de electrones de la capa semiconductor tipo n, que son expulsados térmicamente desde uno o más pozos cuánticos hacia la capa semiconductor de tipo p. Además, el aumento de la barrera de energía para los electrones y los orificios da como resultado un aumento en la tasa de recombinaciones electrón-orificio en uno o más pozos cuánticos. Un aumento en la tasa de recombinaciones electrón-orificio en uno o más pozos cuánticos reduce la cantidad de corriente eléctrica requerida para producir una cantidad deseada de luz láser del diodo láser semiconductor.

En una realización de la presente invención, los sistemas de material segundo y tercero se seleccionan usando un gráfico de índice óptico frente a desplazamiento de banda para una pluralidad de sistemas de material, que se pueden usar para formar un diodo láser semiconductor. Un proceso ejemplar para seleccionar el segundo y el tercer sistema de material para un diodo láser semiconductor con un sustrato formado a partir de GaAs y que tiene una capa de confinamiento de tipo n, una capa de revestimiento de tipo n, una capa de confinamiento de

tipo p y una capa de revestimiento de tipo p con el valor de índice óptico de cada capa de confinamiento que es más grande que las capas de revestimiento respectivas, se ilustra en la figura 5. Las capas del diodo láser semiconductor forman una guía de onda dentro del diodo láser semiconductor. Se desea un primer valor de índice óptico para las capas de confinamiento y se desea un segundo valor de índice óptico para las capas de revestimiento del diodo láser semiconductor. El primer valor del índice óptico es mayor que el segundo valor del índice óptico.

La figura 5 es un gráfico del índice óptico frente a la energía de banda para los sistemas de materiales GaAs, InGaAsP y AlGaAs. El eje X del gráfico representa valores de índice óptico de un sistema material. El eje Y del gráfico representa la energía asociada con la estructura de banda electrónica de un sistema material en electronvoltios (eV), según se hace referencia a la energía de la banda de valencia de GaAs. La energía asociada con la estructura de banda electrónica de un sistema de material se usa para determinar el desplazamiento de banda correspondiente del sistema de material con relación a la energía de banda del sistema de material utilizado para el sustrato. La desplazamiento de banda también se puede denominar desplazamiento de banda prohibida.

La energía de la banda de conducción y la energía de la banda de valencia para GaAs se muestran mediante las curvas 502 y 504, respectivamente. La energía de la banda de conducción y la energía de la banda de valencia para InGaAsP se muestran mediante las curvas 508 y 506 respectivamente, para diferentes composiciones de InGaAsP que varían en formulación a partir de GaAs puros (Ga: 50% y As: 50 %) a $\text{In}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{P}$ (In: 25%, Ga: 25 % y P: 50 %) mientras que la red remanente coincide con el sustrato de GaAs. La banda de conducción y las energías de banda de valencia para AlGaAs se muestran mediante las curvas 510 y 512 respectivamente, para diferentes composiciones de AlGaAs que varían en formulación a partir de GaAs puros (Ga: 50% y As: 50 %) a AlAs (Al: 50% y As: 50 %). Como la composición de InGaAsP o AlGaAs varía en el rango de composición mencionado anteriormente, cambian el valor del índice óptico respectivo, la energía de la banda de conducción y la energía de la banda de valencia. La variación de la energía de la banda y el valor del índice óptico como una función de la composición de un sistema material es bien conocida en la técnica [M. Levinshtein, et. Alabama; Handbook Series on Semiconductor Parameters, Volumen 2, World Scientific Publishing Co., 1999]. La variación de la energía de la banda y el valor del índice óptico en todo el rango de composición de InGaAsP forma las curvas 506 y 508, y para AlGaAs forma las curvas 510 y 512. La diferencia entre la energía de la banda de conducción representada por la curva 508 y la energía de la banda de conducción representada por la curva 502 es la desplazamiento de la banda de conducción de InGaAsP con respecto a GaAs. La diferencia entre la energía de la banda de conducción representada por la curva 510 y la energía de la banda de conducción representada por la curva 502 es el desplazamiento de la banda de conducción de AlGaAs con respecto a GaAs. La diferencia entre la energía de la banda de valencia representada por la curva 506 y la energía de la banda de valencia representada por la curva 504 es la desplazamiento de la banda de valencia de InGaAsP con respecto a GaAs. La diferencia entre la energía de la banda de valencia representada por la curva 512 y la energía de la banda de valencia representada por la curva 504 es el desplazamiento de la banda de valencia de AlGaAs con respecto a GaAs. La línea 514 representa una línea de valor de índice óptico constante correspondiente al primer valor de índice óptico y la línea 516 representa una línea de valor de índice óptico constante correspondiente al segundo valor de índice óptico.

Los puntos en los que las líneas de valor de índice óptico constante 514 y 516 intersecan las curvas de energía de banda 506, 508, 510 y 512 determinan el sistema de material que se utilizará y las composiciones de los sistemas de material que se utilizarán para diferentes capas del láser semiconductor diodo. El punto en el que la línea 514 de valor de índice óptico constante interseca la curva 510 de energía de la banda de conducción de AlGaAs determina la composición de AlGaAs, que tiene un valor de índice óptico igual al primer valor de índice óptico. El punto en el que la línea 514 de valor de índice óptico constante se cruza con la curva 508 de energía de banda de conducción InGaAsP determina la composición de InGaAsP, que tiene un valor de índice óptico igual al primer valor de índice óptico. Los InGaAsP y AlGaAs tienen valores de índice óptico iguales al primer valor de índice óptico, donde la curva 514 interseca las curvas 510 y 508. Como resultado, cualquiera de AlGaAs o InGaAsP puede usarse para formar las capas de confinamiento del diodo láser semiconductor. Sin embargo, la comparación de las curvas 510 y 508 con la curva 502 muestra que AlGaAs tiene un desplazamiento de banda de conducción mayor en relación con GaAs que el de InGaAsP. Por lo tanto, para reducir el voltaje de encendido del diodo láser semiconductor, InGaAsP se usa para formar la capa de confinamiento de tipo n del diodo láser semiconductor. La comparación de las curvas 506 y 512 con la curva 504 muestra que AlGaAs tiene un desplazamiento de banda de valencia menor en relación con GaAs que el de InGaAsP. Por lo tanto, para reducir el voltaje de encendido del diodo láser semiconductor, se usa AlGaAs para formar la capa de confinamiento de tipo p del diodo láser semiconductor. De acuerdo con el proceso descrito para seleccionar los sistemas de materiales y la composición de los sistemas de materiales para las capas de confinamiento del diodo láser semiconductor, los sistemas de materiales y la composición de los sistemas de materiales para las capas de revestimiento del diodo láser semiconductor pueden determinarse analizando los puntos en los que las curvas de energía de la banda 506 y 512 cruzan la curva 516.

El proceso descrito para seleccionar el sistema de material y la composición del sistema de material para el confinamiento y las capas de revestimiento del diodo láser semiconductor se puede usar en caso de que se

desee que el diodo láser semiconductor mantenga las mismas propiedades ópticas de la guía de ondas que de la guía de ondas de un sistema de material único diodo láser semiconductor. Esto se logra al encontrar los sistemas de materiales y la composición de los sistemas de materiales para las capas del diodo láser semiconductor correspondientes a los valores de índice óptico de las capas del diodo láser semiconductor del sistema de material único. Un diodo láser semiconductor de un solo material es un diodo láser semiconductor formado a partir de un único sistema de material. Las propiedades ópticas constantes de la guía de ondas dan como resultado una longitud de onda constante y la forma del haz del diodo láser semiconductor.

La presente invención se define adicionalmente en los siguientes ejemplos. Debe entenderse que estos ejemplos, aunque indican realizaciones preferidas de la invención, se dan a modo de ilustración solamente. A partir de la discusión anterior y estos ejemplos, un experto en la técnica puede determinar las características esenciales de esta invención, y sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones, puede realizar diversos cambios y modificaciones de la invención para adaptarla a varios usos y condiciones.

La figura 6 ilustra las capas de un diodo láser semiconductor 600, de acuerdo con una realización ejemplar de la invención, cuyos detalles se exponen en la figura 7a y la figura 7b. El diodo láser semiconductor 600 incluye un sustrato 602, una capa de confinamiento de tipo n 604, una capa de confinamiento de tipo n 606, una capa de revestimiento de tipo n 608, una capa de revestimiento de tipo n 610, una capa de confinamiento tipo p 612, una capa de confinamiento de tipo p 614, una capa de revestimiento de tipo p 616, una capa de revestimiento de tipo p 618, un pozo cuántico 620, un metal de contacto n 622, una capa de contacto p 624, una capa de amortiguación 626 y una p metal de contacto 628. La capa de confinamiento de tipo n 604 está dispuesta adyacente al pozo cuántico 620. La capa de confinamiento de tipo p 612 está dispuesta adyacente al pozo cuántico 620. Se proporciona un metal de contacto n 622 sobre el sustrato 602. La capa de contacto p 624 es proporcionado en la capa de revestimiento de tipo p 618. El metal de contacto p 628 se proporciona en la capa de contacto p 624. El funcionamiento de un diodo láser semiconductor se ha explicado junto con la figura 2.

Las figuras 7a y 7b son una tabla que proporciona especificaciones del diodo láser semiconductor 600. La columna 702 proporciona el tipo de material utilizado para una capa, la columna 704 proporciona el tipo de capa, la columna 706 proporciona el grosor de una capa y la columna 708 proporciona los detalles de un agente dopante utilizado para dopar una capa.

El sustrato 602 tiene la composición de Ga: 50% y As: 50 %, un espesor de 350 micras (μm) y está dopado con Silicio. La gama de concentración de silicio es 1×10^{18} átomos a 5×10^{18} átomos por cm^3 de sustrato 602.

La capa amortiguadora 626 tiene la composición Ga: 50% y As: 50 %, un espesor de 500 nanómetros (nm) y está dopado con silicio. El rango de concentración de silicio es de 1×10^{18} átomos a 2×10^{18} átomos por cm^3 de capa de amortiguación 626.

La capa de confinamiento de tipo n 604 tiene la composición de In: 11,7%, Ga: 38,3 %, P: 23,8 % y As: 26,2 % y un espesor de 75 nm. La capa de confinamiento de tipo n 606 tiene la composición de In: 11,7%, Ga: 38,3 %, P: 23,8 % y As: 26,2 %, un espesor de 575 nm y está dopado con silicio. La concentración de silicio puede variar de 0 átomos a 10^{17} átomos por cm^3 de capa de confinamiento de tipo n 606. La capa de revestimiento de tipo n 608 tiene la composición de In: 25%, Ga: 25 % y P: 50%, un espesor de 120 nm y está dopado con silicio. La concentración de silicio es 5×10^{17} átomos a 3×10^{18} átomos por cm^3 de tipo n capa de revestimiento 608. La capa de revestimiento de tipo n 610 tiene una composición de In: 25%, Ga: 25 % y P: 50%, un espesor de 480 nm y está dopado con silicio. La concentración de silicio es 1×10^{18} átomos a 5×10^{18} átomos por cm^3 de tipo n capa de revestimiento 610.

La capa de confinamiento de tipo p 612 tiene la composición de Al: 10%, Ga: 40% y As: 50 % y un espesor de 75 nm. La capa de confinamiento de tipo p 614 tiene la composición de Al: 10%, Ga: 40% y As: 50 %, un grosor de 575 nm y está dopado con zinc. La concentración de zinc es 0 átomos a 5×10^{17} átomos por cm^3 de la capa de confinamiento de tipo p 614. La capa de revestimiento de tipo p 616 tiene la composición de Al: 25%, Ga: 25% y As: 50 %, un grosor de 120 nm y está dopado con zinc. La concentración de zinc es 5×10^{17} átomos a 3×10^{18} átomos por cm^3 de tipo p capa de revestimiento 616. La capa de revestimiento de tipo p 618 tiene la composición de Al: 25%, Ga: 25% y As: 50 %, un grosor de 480 nm y está dopado con zinc. La concentración de zinc es 1×10^{18} átomos a 5×10^{18} átomos por cm^3 de la capa de confinamiento de tipo p 618. El pozo cuántico 620 tiene la composición de In: 6%, Ga: 44% y As: 50 % y un espesor de 8,5 nm. El metal de contacto n 622 está formado por una pila titanio-platino-oro (Ti-Pt-Au) colocada sobre una aleación oro-germanio (Au-Ge), que está en contacto con el sustrato de GaAs 602. El metal de contacto n 622 tiene un espesor de 5 μm .

La capa de de contacto p GaAs 624 tiene la composición de Ga: 50% y As: 50 %, un espesor de 150 nm y está dopado con carbono. La concentración de carbono es 1×10^{19} átomos a 1×10^{20} átomos por cm^3 de la capa de contacto p 624. El metal de contacto p 628 está formado de una pila Ti-Pt-Au colocada sobre una aleación Au-Ge que está en contacto con la capa de contacto GaAs 624. El metal de contacto p 628 tiene un espesor de 5 μm . InGaAsP tiene un margen de banda de 1,62 eV. El diodo láser semiconductor 600 emite una luz láser de una

longitud de onda de 975 nm. El voltaje de encendido para el diodo láser semiconductor 600 es de 1,35 voltios.

- 5 Las diversas realizaciones describen el uso de diferentes sistemas de material para formar las capas semiconductoras tipo n y las capas semiconductoras tipo p de una unión p-n de un diodo láser semiconductor. El uso de diferentes sistemas de materiales para formar las capas semiconductoras de tipo n y las capas semiconductoras de tipo p da como resultado un aumento de la tasa de recombinaciones electrón-orificio en el pozo cuántico de un diodo láser semiconductor. El aumento en la tasa de recombinaciones electrón-orificio reduce el voltaje de encendido y aumenta la eficiencia de conversión de potencia del diodo láser semiconductor.

REIVINDICACIONES

1. Un diodo láser semiconductor (200), comprendiendo el diodo láser semiconductor (200):

5 un sustrato (202), estando formado el sustrato (202) a partir de una primera pluralidad seleccionada de materiales que es arseniuro de galio (GaAs);

una capa semiconductor de tipo n (204), estando formada la capa semiconductor de tipo n (204) a partir de una pluralidad de materiales seleccionados de una segunda pluralidad de materiales;

10

una capa semiconductor de tipo p (206), estando formada la capa semiconductor de tipo p (206) a partir de una pluralidad de materiales seleccionados de una tercera pluralidad de materiales, siendo la pluralidad seleccionada de materiales que forman la capa semiconductor de tipo p (206) diferente de la pluralidad seleccionada de materiales que forman la capa semiconductor de tipo n (204); y

15

uno o más pozos cuánticos (208a, 208b), estando dispuestos los uno o más pozos cuánticos (208a, 208b) entre la capa semiconductor de tipo n (204) y la capa semiconductor de tipo p (206), estando formados los uno o más pozos cuánticos (208a, 208b) a partir de una pluralidad de materiales seleccionados de una cuarta pluralidad de materiales,

20

en el que:

la capa semiconductor de tipo n (204) y la capa semiconductor de tipo p (206) forman una guía de ondas para la luz láser emitida en uno o más pozos cuánticos (208a, 208b);

25

la segunda pluralidad seleccionada de materiales tiene un desplazamiento de banda de conducción menor que un desplazamiento de banda de conducción de la tercera pluralidad seleccionada de materiales y la tercera pluralidad seleccionada de materiales tiene un desplazamiento de banda de valencia menor que un desplazamiento de banda de valencia de la segunda pluralidad seleccionada de materiales, estando calculados la banda de conducción y los desplazamientos de la banda de valencia en relación con las energías de banda respectivas del arseniuro de galio (GaAs).

30

2. El diodo láser semiconductor (200) de la reivindicación 1, en el que la capa semiconductor de tipo n (204) comprende una pluralidad de subcapas, una o más de la pluralidad de subcapas que comprenden diferentes composiciones de la segunda pluralidad seleccionada de materiales.

35

3. El diodo láser semiconductor (200) de la reivindicación 1 o 2, en el que la capa semiconductor de tipo n (204) y/o la capa semiconductor de tipo p (206) comprenden una o más subcapas de confinamiento.

40

4. El diodo láser semiconductor (200) de la reivindicación 3, en el que una de las una o más subcapas de confinamiento (214 y/o 218) de la capa semiconductor de tipo n (204) y/o la capa semiconductor de tipo p (206) están dispuestas adyacentes a uno de los uno o más pozos cuánticos (208a, 208b).

45

5. El diodo láser semiconductor (200) de una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la capa semiconductor de tipo n (204) y/o la capa semiconductor de tipo p (206) comprenden una o más subcapas de revestimiento.

50

6. El diodo láser semiconductor (200) de una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la capa semiconductor de tipo p (206) comprende una pluralidad de subcapas, comprendiendo una o más de la pluralidad de subcapas composiciones diferentes de la tercera pluralidad seleccionada de materiales.

55

7. El diodo láser semiconductor (200) de una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el segundo, el tercero y el cuarto sistema de materiales están hechos de uno o más de los materiales seleccionados de un grupo de indio, galio, aluminio, arsénico y fósforo.

8. Un método para formar un diodo láser semiconductor según la reivindicación 1.

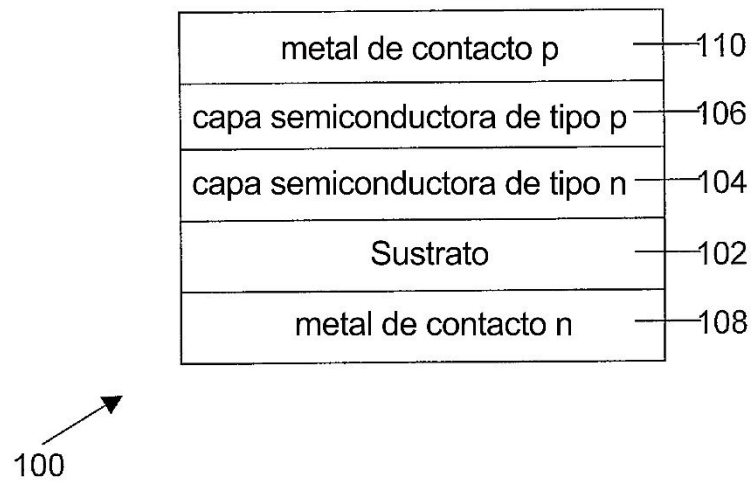


FIG. 1

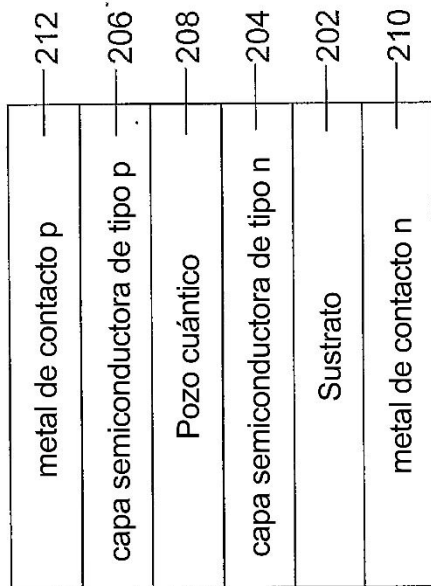


FIG. 2a

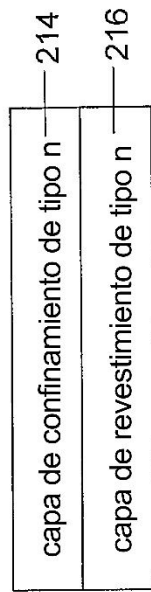


FIG. 2b

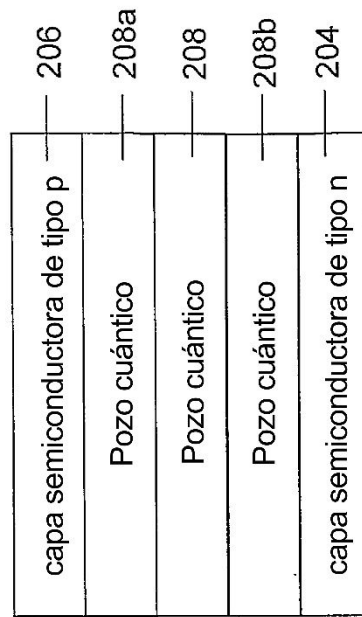


FIG. 2d

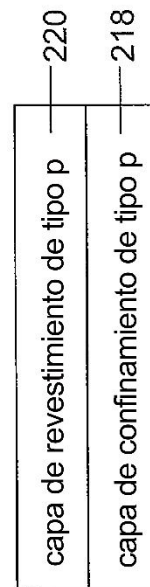


FIG. 2c

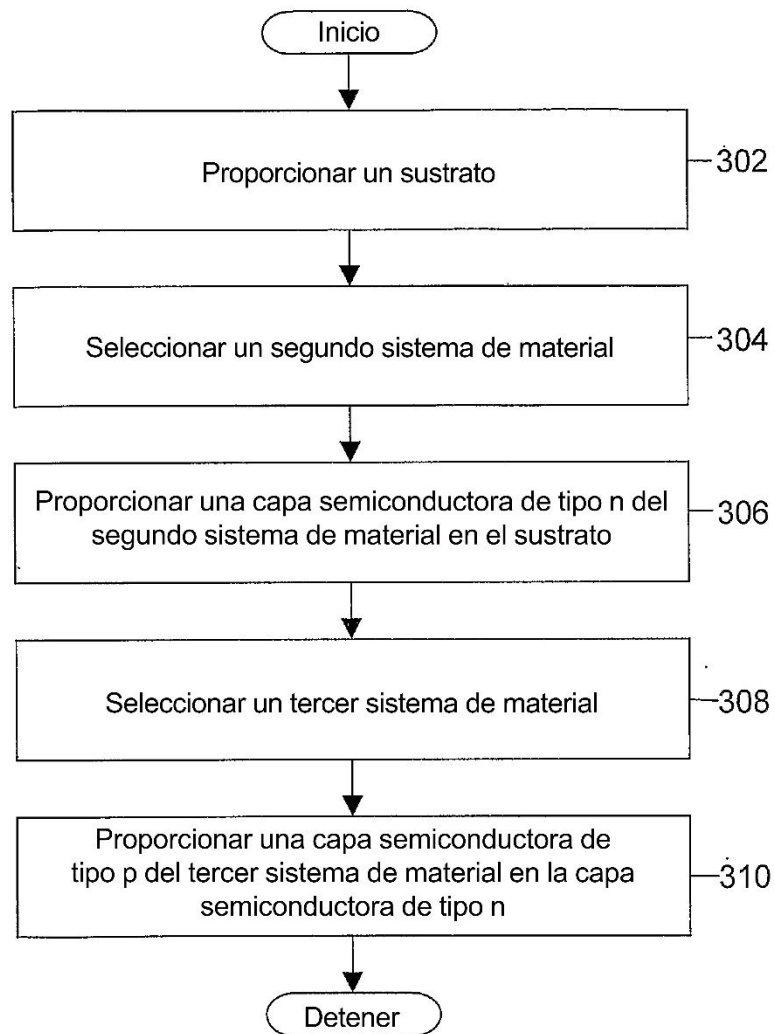


Fig. 3

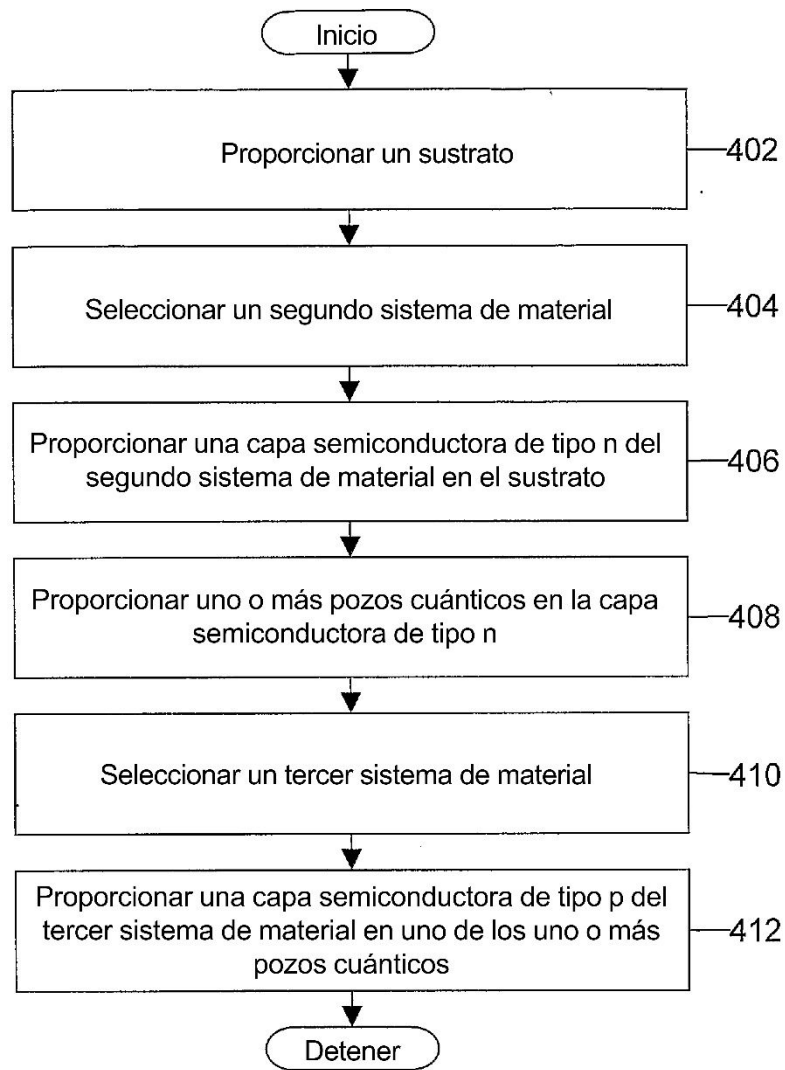


Fig. 4

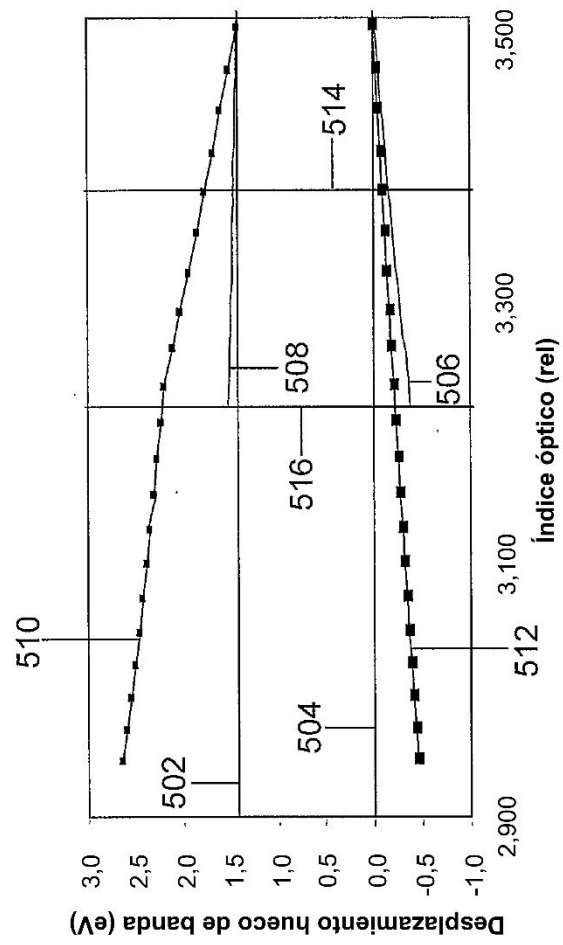


FIG. 5

metal de contacto p	628
Capa de contacto p GaAs	624
Capa de revestimiento de tipo p AlGaAs al 50 %	618
Capa de revestimiento de tipo p AlGaAs al 50 %	616
Capa de confinamiento de tipo P AlGaAs al 20 %	614
Capa de confinamiento de tipo P AlGaAs al 20 %	612
Pozo cuántico InGaAs	620
Capa de confinamiento de tipo n InGaAsP	604
Capa de confinamiento de tipo n InGaAsP	606
Capa de revestimiento de tipo n InGaP	608
Capa de revestimiento de tipo n InGaP	610
Capa intermedia de GaAs	626
Sustrato GaAs	602
metal de contacto n	622

FIG. 6

600

	702	704	706	708
	Tipo de material	Tipo de capa	Espesor de la capa	Cantidad de agente de
628	Ti-Pt-Au/Au-Ge	metal de contacto p	5 μm	ninguna
624	GaAs (Ga: 50%, As: 50%)	capa de contacto p	150 nm	C: 1e19-1e20 cm-3
618	AlGaAs (Al: 25%, Ga: 25%, As: 50%)	capa de revestimiento de	480 nm	Zn: 1e18-5e18 cm-3
616	AlGaAs (Al: 25%, Ga: 25%, As: 50%)	capa de revestimiento de	120 nm	Zn: 5e17-3e18 cm-3
614	AlGaAs (Al: 10%, Ga: 40%, As: 50%)	capa de confinamiento de tipo p	575 nm	Zn: 5e17 cm-3 no dopado
612	AlGaAs (Al: 10%, Ga: 40%, As: 50%)	capa de confinamiento de tipo p	75 nm	Zn: 1e17 cm-3 no dopado
620	InGaAs (In: 6%, Ga: 44%, As: 50%)	Pozo cuántico	8,5 nm	ninguna

Fig. 7a

	702	704	706	708
	Tipo de material	Tipo de capa	Espesor de la capa	Cantidad de agente de dopaje
604	InGaAsP (In: 11,7%, Ga: 38,3 %, P: 23,8%, As: 26,2%)	capa de confinamiento de tipo n	75nm	Si: 1e17 cm-3 no dopado
606	InGaAsP (In: 11,7%, Ga: 38,3 %, P: 23,8%, As: 26,2%)	capa de confinamiento de tipo n	575nm	Si: 5e17 cm-3 no dopado
608	InGaP (In: 25%, Ga: 25% y P: 50%)	capa de revestimiento de tipo n	120nm	Si: 5e17 - 3e18 cm-3
610	InGaP (In: 25%, Ga: 25% y P: 50%)	capa de revestimiento de tipo n	480nm	Si: 1e18-5e18 cm-3
626	GaAs (Ga: 50%, As: 50%)	Capa intermedia	500nm	Si: 1-3 e18 cm-3
602	GaAs (Ga: 50%, As: 50%)	Sustrato n	350μm	Si: 1-5 e18 cm-3
622	Ti-Pt-Au/Au-Ge	metal de contacto n	5μm	ninguna

Fig. 7b