

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 320**

51 Int. Cl.:

**H01L 33/22** (2010.01)

**H01L 33/00** (2010.01)

**H01L 33/10** (2010.01)

**H01L 33/40** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.08.2010 PCT/JP2010/064154**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.03.2011 WO11027679**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.08.2010 E 10813628 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2017 EP 2477238**

54 Título: **Elemento emisor de luz semiconductor**

30 Prioridad:

**07.09.2009 JP 2009205931**

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

**12.04.2018**

73 Titular/es:

**EL-SEED CORPORATION (100.0%)  
3-1804-2 Umegaoka Tenpaku-ku  
Nagoya-shi, Aichi 468-0004, JP**

72 Inventor/es:

**KAMIYAMA SATOSHI;  
IWAYA MOTOAKI;  
AMANO HIROSHI;  
AKASAKI ISAMU;  
KONDO TOSHIYUKI;  
TERAMAE FUMIHARU;  
KITANO TSUKASA y  
SUZUKI ATSUSHI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 663 320 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**

Elemento emisor de luz semiconductor

**Campo técnico**

La presente invención se refiere a un elemento emisor de luz semiconductor.

**5 Antecedentes de la técnica**

Los diodos emisores de luz de alto brillo, tales como azules, verdes, blancos, etc. ya se ponen en uso práctico mediante la acumulación de tecnología esencial, tal como tecnología de capa de amortiguación depositada en frío, control de conductividad de tipo p, control de conductividad de tipo n, capa de emisión de alta eficiencia, etc. En un diodo emisor de luz existente, aumentar la extracción de luz es el problema, ya que el índice de refracción del semiconductor es mayor que el índice de refracción del aire, etc., por lo que la mayor parte de la luz no se puede extraer al exterior el diodo emisor de luz mediante reflexión total o reflexión de Fresnel.

Para resolver este problema, se propone una estructura cóncavo-convexa que se trabaja en la superficie semiconductor en varios períodos de micrómetros (por ejemplo, véase la literatura no de patente 1). Cuando se proporciona una estructura cóncavo-convexa en un lado de extracción de la superficie semiconductor, la reflexión total se pierde por el efecto de dispersión de luz y se puede obtener aproximadamente el 50% de transmisión en el ángulo de radiación relativamente amplio, por lo tanto, la eficiencia de extracción de luz puede mejorarse en aproximadamente un 50%.

Además, se propone aumentar la extracción de luz, proporcionando el periodo de la estructura cóncavo-convexa que es igual a o más pequeño que el doble de la longitud de onda óptica (por ejemplo, véase la literatura de patente 1). En este caso, el mecanismo para extraer luz difiere del período de varios micrómetros de la estructura cóncavo-convexa. Aparece la naturaleza ondulatoria de la luz y el borde del índice de reflexión desaparece y, por lo tanto, se suprime la reflexión de Fresnel. Dicha estructura se llama cristal fotónico o estructura de ojo de polilla y puede aumentar la extracción de luz hasta aproximadamente un 50%.

**Lista de citas**

25 Literatura de patente

LITERATURA DE PATENTE 1: Publicación de la solicitud de patente japonesa no examinada n.º 2005-354020

El documento JP 2009 123717 A1 muestra un elemento emisor de luz semiconductor de nitruro de grupo III que comprende un sustrato, una capa interna, una estructura de LED, una almohadilla de unión de electrodo positivo y una almohadilla de unión de electrodo negativo. La estructura LED comprende una capa emisora de luz formada sobre el sustrato y una pluralidad de partes convexas formadas sobre el sustrato. El documento JP 2009 123717 A1 también divulga una lámpara que comprende marcos y el elemento emisor de luz semiconductor montado en uno de dichos marcos.

El documento US 2008/0303047 A1 describe un dispositivo de diodo emisor de luz con un sustrato de microlente de patrón. Se forma una capa reflectora en la superficie inferior del sustrato de microlente.

35 Literatura no de patente

LITERATURA NO DE PATENTE 1: Revista japonesa de física aplicada Vol. 41, 2004, L1431

**Sumario de la invención**

Problema técnico

40 Sin embargo, el aumento de la extracción de la luz en la literatura de patente 1 y en la literatura no de patente 1 es limitado y se desea un aumento adicional de la eficiencia.

La presente invención se ha logrado en vista de los antecedentes anteriormente mencionados y, por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un elemento emisor de luz semiconductor que pueda aumentar la eficacia de la extracción de luz.

Solución técnica

45 Para lograr el propósito anterior, en la presente invención, un elemento emisor de luz semiconductor comprende una parte de pila de semiconductores que incluye una capa emisora de luz que está formada sobre una superficie principal de un sustrato, una cara de difracción sobre la que incide la luz emitida desde la capa emisora de luz, cuyas porciones convexas o porciones cóncavas están formadas en un período que es más largo que una longitud de onda óptica de la luz y es más corto que una longitud coherente de la luz, se forma en un lado de superficie principal del sustrato, y se proporciona una cara de reflexión que refleja la luz difractada en la cara de difracción y

permite que esta luz incida sobre la cara de difracción que se forma nuevamente sobre un lado de superficie posterior del sustrato.

En el elemento emisor de luz semiconductor anterior, el período de las porciones convexas o de las porciones cóncavas puede ser más largo que el doble de la longitud de onda óptica.

- 5 En el elemento emisor de luz semiconductor anterior, el período de las porciones convexas o de las porciones cóncavas es igual o menor que una mitad de la longitud coherente.

En el elemento emisor de luz semiconductor anterior, la capa emisora de luz puede emitir luz azul y el período puede ser igual o mayor que 300 nm y puede ser igual o inferior que 1500 nm.

- 10 En el elemento emisor de luz semiconductor anterior, la cara de difracción puede proporcionarse en una interfaz de materiales cuya diferencia de índice de refracción es igual o mayor que 0,5.

Efecto de la invención

De acuerdo con el elemento emisor de luz semiconductor de la presente invención, puede aumentar la eficacia de la extracción de luz.

### Breve descripción de los dibujos

- 15 La **figura 1** es un dibujo típico en sección transversal de un elemento emisor de luz semiconductor de una primera realización de esta invención.

La **figura 2** es un dibujo de un sustrato de zafiro, y **(a)** muestra un dibujo en perspectiva típico, **(b)** muestra un dibujo de explicación típico de una sección transversal **A-A** y **(c)** muestra un dibujo ampliado típico.

- 20 La **figura 3** es un dibujo de explicación para procesar un sustrato de zafiro, y **(a)** muestra un sustrato que una primera capa de máscara está formada en una cara de difracción, **(b)** muestra un sustrato que una capa de resistencia se forma en una primera capa de máscara, **(c)** muestra un sustrato que un haz de electrones se irradia selectivamente a una capa de resistencia, **(d)** muestra un sustrato en el que se desarrolla y se retira una máscara de resistencia, **(e)** muestra un sustrato en el que se forma una segunda capa de máscara.

- 25 La **figura 4** es un dibujo explicativo para procesar un sustrato de zafiro, y **(a)** muestra un sustrato en el que se elimina completamente una capa de resistencia, **(b)** muestra un sustrato en el que se graba una primera capa usando una segunda capa de máscara como máscara, **(c)** muestra un sustrato en el que se elimina una segunda capa de máscara, **(d)** muestra un sustrato con una cara de difracción grabada utilizando una primera capa de máscara como una máscara, **(e)** muestra un sustrato que elimina una primera capa de máscara y **(f)** muestra un sustrato en el que se proporciona una porción curvada en una porción convexa mediante grabado en húmedo.

- 30 La **figura 5** es un dibujo típico en sección transversal de un elemento emisor de luz semiconductor de otra realización de esta invención.

La **figura 6** es un dibujo típico en sección transversal de un elemento emisor de luz semiconductor de otra realización de esta invención.

- 35 La **figura 7** es un dibujo típico en sección transversal de un elemento emisor de luz semiconductor de una segunda realización de esta invención.

La **figura 8** es un dibujo de un sustrato de zafiro, y **(a)** muestra un dibujo en perspectiva típico y **(b)** muestra un dibujo de explicación típico de una sección transversal **B-B**.

La **figura 9** es un dibujo explicativo de un efecto de difracción de la luz en una interfaz de diferentes índices de refracción, y **(a)** muestra la luz reflejada en una interfaz y **(b)** muestra la luz transmitida en una interfaz.

- 40 La **figura 10** es un dibujo explicativo de un efecto de difracción de la luz que incide sobre un sustrato de zafiro a partir de un semiconductor de nitruro del grupo III.

- 45 La **figura 11** es un gráfico que muestra una relación entre un ángulo de incidencia de luz incidental a una interfaz desde el lado de la capa semiconductor y un ángulo de reflexión de luz en una interfaz mediante una cara de difracción, en una interfaz de un semiconductor de nitruro del grupo III y un sustrato de zafiro en caso de que un período de porciones cóncavas o de porciones convexas sea de 500 nm.

La **figura 12** es un gráfico que muestra una relación entre un ángulo de incidencia de luz incidental a una interfaz desde el lado de la capa semiconductor y un ángulo de transmisión de luz en una interfaz mediante una superficie de difracción, en una interfaz entre un semiconductor de nitruro del grupo III y un sustrato de zafiro en caso de que un período de las porciones cóncavas o de las porciones convexas sea de 500 nm.

- 50 La **figura 13** es un gráfico que muestra una relación entre un ángulo de incidencia de luz que entra en una interfaz

desde la capa semiconductor por primera vez y un ángulo de transmisión de luz incidente por segunda vez después de reflejarse mediante un efecto de difracción, en una interfaz mediante una cara de difracción, en una interfaz de un semiconductor de nitruro del grupo III y un sustrato de zafiro en el caso de que un período de las porciones cóncavas o de las porciones convexas sea de **500 nm**.

- 5 La **figura 14** es un gráfico que muestra una relación entre un período de una cara de difracción y una salida de luz relativa en caso de que una longitud de onda óptica sea de **258 nm** y una cara de difracción se proporciona en una interfaz de un sustrato de zafiro y una capa semiconductor de nitruro del grupo III.

- 10 La **figura 15** es un dibujo de explicación para procesar un sustrato de zafiro, y **(a)** muestra un sustrato en el que una primera capa de máscara se forma sobre una superficie de difracción, **(b)** muestra un sustrato en el que se forma una capa de resistencia sobre una primera capa de máscara, **(c)** muestra un sustrato en el que un haz de electrones se irradia selectivamente a una capa de resistencia, **(d)** muestra un sustrato en el que se desarrolla y se retira una máscara de resistencia, **(e)** muestra un sustrato en el que se forma una segunda capa de máscara.

- 15 La **figura 16** es un dibujo explicativo para procesar un sustrato de zafiro, y **(a)** muestra un sustrato en el que una capa de resistencia se elimina por completo, **(b)** muestra un sustrato en el que se graba una primera capa usando una segunda capa de máscara como máscara, **(c)** muestra un sustrato en el que se retira una segunda capa de máscara, **(d)** muestra un sustrato en el que se graba una cara de difracción utilizando una primera capa de máscara como máscara y **(e)** muestra un sustrato en el que se elimina una primera capa de máscara.

La **figura 17** es un dibujo típico en sección transversal de un elemento de diodo emisor de luz semiconductor de otra realización de esta invención.

- 20 La **figura 18** es un dibujo típico en sección transversal de un elemento de diodo emisor de luz semiconductor de otra realización de esta invención.

La **figura 19** es un dibujo típico en sección transversal de un elemento de diodo emisor de luz semiconductor de otra realización de esta invención.

#### Descripción de realizaciones

- 25 Las **figuras 1 a 4** muestran una primera realización de esta invención y la **figura 1** es un dibujo típico en sección transversal de un elemento emisor de luz semiconductor.

- 30 Como se muestra en la **figura 1**, un elemento emisor de luz **1** tiene una parte pila de capas semiconductoras **19** que consiste en capas semiconductoras de nitruro del grupo III, que se forma sobre una superficie principal de un sustrato de zafiro **2** que tiene una cara de difracción **2a**. Este elemento emisor de luz **1** es del tipo boca arriba y la luz se extrae principalmente desde un lado opuesto al sustrato de zafiro **2**. Las capas semiconductoras de nitruro del grupo III tienen una capa de amortiguación **10**, una capa de GaN de tipo n **12**, una capa activa de múltiples pozos cuánticos **14**, una capa de bloqueo de electrones **16** y una capa de GaN de tipo p **18**, en este orden, desde el lado del sustrato de zafiro **2**. Un electrodo de lado p **20** está formado en la capa de GaN de tipo p **18** y un electrodo de lado n **24** está formado en la capa de GaN de tipo n **12**.

- 35 El sustrato de zafiro **2** tiene la cara de difracción **2a** en el lado de la superficie principal, que es la cara C ( $\{0001\}$ ) donde crece un semiconductor de nitruro. Una parte plana **2b** (véase la **figura 2 (a)**) y una pluralidad de porciones convexas **2c** que se forman periódicamente en la parte plana **2b** (véase la **figura 2 (a)**) están formadas en la cara de difracción **2a**. Una forma de cada porción convexa **2c** puede ser una forma de cono, tal como un cono circular, cono poligonal, etc. o una forma trapezoidal de cono, tal como una forma trapezoidal de cono circular, forma trapezoidal de cono poligonal, etc., que tiene forma de parte superior de corte de un cono. En esta realización, se obtiene un efecto de difracción mediante cada porción convexa **2c** que se coloca periódicamente.

- 40 Una película de reflexión **26** que consiste en, por ejemplo, Al, se forma en un lado de la superficie posterior del sustrato de zafiro **2**. En este elemento emisor de luz **1**, una cara en el lado del sustrato de zafiro **2** de la película de reflexión **26** es una cara de reflexión **28** y la luz emitida desde la capa activa **14** se transmite a través de la cara de difracción **2a** por un efecto de difracción y la luz transmitida se refleja en la cara de reflexión **28**. De esta manera, la luz puede ser extraída en multimodo, ya que la luz que se transmite mediante un efecto de difracción es incidente en la cara de difracción **2a** y se transmite a través de la cara de difracción **2a** de nuevo mediante un efecto de difracción en la cara de difracción **2a**.

- 45 La capa de amortiguación **10** está formada en la cara de difracción **2a** del sustrato de zafiro **2** y consiste en AlN. En esta realización, la capa de amortiguación **10** se forma mediante el método MOCVD (deposición de vapor químico orgánico de metal) y también puede formarse mediante el método de bombardeo iónico. La capa de amortiguación **10** tiene una pluralidad de porciones cóncavas que tienen una forma trapezoidal de cono y se forman periódicamente a lo largo de cada porción convexa **2c** en el lado de la cara de difracción **2a**. La capa de GaN de tipo n **12** como una primera capa de tipo de conductividad se forma en la capa de amortiguación **10** y consiste en n-GaN.
- 50 La capa activa de múltiples pozos cuánticos **14** como una capa emisora se forma en la capa de tipo n **12** y consiste en GaNInN/GaN. La capa activa de múltiples pozos cuánticos **14** emite luz azul mediante una inyección de

electrones y orificios. En este documento, la luz azul es, por ejemplo, luz que tiene una longitud de onda máxima de **430 nm** o más a **480 nm** o menos. En esta realización, la capa activa de múltiples pozos cuánticos **14** emite a una longitud de onda máxima de **450 nm**.

5 La capa de bloqueo de electrones **16** se forma sobre la capa activa de múltiples pozos cuánticos **14** y consiste en p-AlGaN. La capa de GaN de tipo p **18** como una segunda capa de conductividad de tipo se forma en la capa de bloqueo de electrones **16** y consiste en p-GaN. Está formada por un crecimiento epitaxial del semiconductor de nitruro del grupo III desde la capa de amortiguación **10** a la capa de tipo p **18**. Aunque las porciones convexas **2c** se forman periódicamente sobre la cara de difracción **2a** del sustrato de zafiro **2**, se planifica mediante un crecimiento lateral en una fase temprana de crecimiento de un semiconductor de nitruro del grupo III. La constitución de la capa semiconductor es arbitraria si contiene al menos una primera capa de conductividad, una capa activa y una segunda capa de conductividad y la capa activa emite por recombinación de electrones y orificios cuando se aplica una tensión entre la primera capa de conductividad y la segunda capa de conductividad.

10 El electrodo del lado p **20** se forma sobre la capa de GaN de tipo p **18** y consiste en material de transparencia tal como ITO (óxido de estaño e indio) etc. En esta realización, el electrodo del lado p **20** está formado por un método de evaporación al vacío, método de pulverización catódica, método CVD (deposición de vapor químico), etc.

15 El electrodo del lado n **24** se forma sobre la capa de GaN de tipo n **12** expuesta por grabado de la capa de GaN de tipo p **18** a la capa de GaN de tipo n **12**. El electrodo del lado n **24** consiste en, por ejemplo, Ti/Al/Ti/Au y formado por un método de evaporación al vacío, método de pulverización catódica, método CVD (deposición de vapor químico), etc.

20 El sustrato de zafiro **2** se explica en referencia a la **figura 2**. La **figura 2** es un dibujo de un sustrato de zafiro, y (a) muestra un dibujo en perspectiva típico, (b) muestra un dibujo de explicación típico de una sección transversal **A-A** y (c) muestra un dibujo ampliado típico.

25 Como se muestra en la **figura 2**, en vista de planificador, la cara de difracción **2a** está alineada en intersecciones de rejilla de triángulo hipotético con un período predeterminado, de manera que los centros de cada porción convexa **2c** están posicionados en los vértices del triángulo equilátero. El período de cada porción convexa **2c** es más largo que una longitud de onda óptica de la luz emitida desde la capa activa de múltiples pozos cuánticos **14** y más corta que una longitud coherente de la luz. El término "período" significa que hay una distancia entre las posiciones de altura máxima de porciones convexas **2c** adyacentes. El término "longitud de onda óptica" significa que un valor de longitud de onda real se divide por un índice de refracción. El término "longitud coherente" corresponde a una coherencia de distancia que desaparece al contrarrestar la oscilación periódica entre ondas causada por diferencias de longitud de onda individual en el grupo de fotones de ancho de espectro predeterminado. Cuando una longitud de onda de luz es  $\lambda$  y la mitad del ancho máximo de la luz es  $\Delta\lambda$ , una longitud coherente **lc** se indica aproximadamente con la siguiente fórmula:  $lc = (\lambda^2/\Delta\lambda)$ . Es preferible que el período de cada porción convexa **2c** sea más largo que el doble de la longitud de onda óptica de la luz emitida desde la capa activa de múltiples pozos cuánticos **14**. Es preferible que el período de cada porción convexa **2c** sea igual o más corto que la mitad de la longitud coherente de luz emitida desde la capa activa de múltiples pozos cuánticos **14**.

30 En esta realización, el período de cada porción convexa **2c** es **500 nm**. Como una longitud de onda de la luz emitida por la capa activa **14** es de **450 nm** y el índice de refracción de un semiconductor de nitruro del grupo III es de **2,4**, la longitud de onda óptica es de **187,5 nm**. Además, dado que un ancho máximo medio de la luz emitida desde la capa activa **14** es de **63 nm**, la longitud coherente de la luz es de **3214 nm**. El período de la cara de difracción **2a** es más largo que el doble de la longitud de onda óptica de la luz emitida desde la capa activa **14** y es igual o más corta que la mitad de la longitud coherente de la luz.

35 En esta realización, como se muestra en la **figura 2(c)**, cada porción convexa **2c** de la cara de difracción **2a** tiene una superficie lateral **2d** que se extiende hacia arriba desde la parte plana **2b**, una porción curvada **2e** que se curva y se extiende al lado central de la porción convexa **2c** desde el extremo superior de la superficie lateral **2d** y una superficie superior **2f** que es plana y está formada continuamente desde la porción curvada **2e**. Como se describe más adelante, la porción curvada **2e** se forma redondeando la esquina mediante grabado en húmedo de la porción convexa **2c** (véase la **figura 4(e)**) que está formada por una esquina hecha por la superficie lateral **2d** y la superficie superior **2f** antes de formar la porción curvada **2e**. Es permisible que la superficie superior plana **2f** se pierda mediante grabado en húmedo y que el lado superior completo de la porción convexa **2c** se convierta en la porción curvada **2e**. En esta realización, concretamente, cada porción convexa **2c** tiene una sección de extremo de base cuyo diámetro es de **200 nm**, y la altura de cada porción convexa **2c** es de **250 nm**. La cara de difracción **2a** del sustrato de zafiro **2** es la parte plana **2b**, excepto que cada porción convexa **2c** y se ayuda a un crecimiento lateral de la capa semiconductor.

40 Un método para fabricar el sustrato de zafiro **2** para el elemento emisor de luz **1** se explica con referencia a la **figura 3** y a la **figura 4**. La **figura 3** es un dibujo de explicación para procesar un sustrato de zafiro, y (a) muestra un sustrato que una primera capa de máscara está formada en una cara de difracción, (b) muestra un sustrato que una capa de resistencia se forma en una primera capa de máscara, (c) muestra un sustrato que un haz de electrones se irradia selectivamente a una capa de resistencia, (d) muestra un sustrato en el que se desarrolla y se retira una

máscara de resistencia, (e) muestra un sustrato en el que se forma una segunda capa de máscara.

En primer lugar, como se muestra en la **figura 3(a)**, se prepara un sustrato de zafiro **2** en forma de una placa plana y una primera capa de máscara **30** se forma sobre la superficie principal del sustrato de zafiro **2**. La primera capa de máscara **30** consiste en, por ejemplo, SiO<sub>2</sub> y está formada por un método de bombardeo iónico, método de evaporación al vacío, método CVD, etc. El espesor de la primera capa de máscara **30** es arbitrario y, por ejemplo, es de **1,0** μm.

A continuación, como se muestra en la **figura 3(b)**, se forma una capa de resistencia **32** sobre la primera capa de máscara **30** del sustrato de zafiro **2**. La capa de resistencia **32** consiste, por ejemplo, en material sensible a haces de electrones de ZPE, etc. fabricado por Japan Zeon Corporation y se aplica sobre la primera capa de máscara **30**. El espesor de la capa de resistencia **32** es arbitrario y, por ejemplo, de **100** nm a **2,0** μm.

A continuación, como se muestra en la **figura 3(c)**, una máscara de plantilla **34** se establece con una separación desde la máscara de resistencia **32**. La separación entre la máscara de resistencia **32** y la máscara de plantilla **34** es de **1,0** μm a **100** μm. La máscara de plantilla **34** consiste, por ejemplo, en material tal como diamante, SiC, etc. El espesor de la máscara de plantilla **34** es arbitrario y, por ejemplo, es de **500** nm a **100** μm. La máscara de plantilla **34** tiene aberturas **34a** que un haz de electrones transmite selectivamente.

Después de eso, como se muestra en la **figura 3(c)**, un haz de electrones se irradia a la máscara de plantilla **34** y la capa de resistencia **32** se expone a un haz de electrones de transmisión a las aberturas **34a** de la máscara de plantilla **34**. Concretamente, se imprime un patrón de la máscara de plantilla **34** en la capa de resistencia **32**, por ejemplo, usando un haz de electrones de **10** a **100** μC/cm<sup>2</sup>.

Después de que un haz de electrones haya sido irradiado, la capa de resistencia **32** se desarrolla mediante el uso de fluido de desarrollo predeterminado. De esta manera, como se muestra en la **figura 3(d)**, una parte que irradia un haz de electrones se eluye en el fluido en desarrollo y una parte que un haz de electrones no irradia permanece, y así se forman las aberturas **32a**. En el caso de usar ZPE fabricado por Japan Zeon Corporation como capa de resistencia **32**, por ejemplo, se puede usar acetato de amilo como fluido de desarrollo.

A continuación, como se muestra en la **figura 3(e)**, una segunda capa de máscara **36** se forma sobre la primera capa de máscara **30** que modela la capa protectora **32**. De esta manera, la segunda capa de máscara **32** se modela sobre la primera capa de máscara **30** mediante irradiación con haz de electrones. La segunda capa de máscara **36** consiste en, por ejemplo, Ni y está formada por un método de bombardeo iónico, método de evaporación al vacío, método CVD, etc. El espesor de la segunda capa de máscara **36** es arbitrario y, por ejemplo, es de **20** nm.

La **figura 4** es un dibujo explicativo para procesar un sustrato de zafiro, y **(a)** muestra un sustrato en el que se elimina completamente una capa de resistencia, **(b)** muestra un sustrato en el que se graba una primera capa usando una segunda capa de máscara como máscara, **(c)** muestra un sustrato en el que se elimina una segunda capa de máscara, **(d)** muestra un sustrato con una cara de difracción grabada utilizando una primera capa de máscara como una máscara, **(e)** muestra un sustrato que elimina una primera capa de máscara y **(f)** muestra un sustrato en el que se proporciona una porción curvada en una porción convexa mediante grabado en húmedo.

Como se muestra en la **figura 4(a)**, la capa de resistencia **32** se retira mediante el uso de un agente de separación. Por ejemplo, puede retirarse en la condición de que la capa de resistencia **32** se emulsione en el agente de separación y la onda ultrasónica se irradie durante un tiempo predeterminado. Concretamente, por ejemplo, puede usarse dietilcetona como agente de separación. De esta manera, se forma un patrón de la segunda capa de máscara **36** que tiene una forma que el patrón de aberturas **34a** de la máscara de plantilla **34** se invierte en la primera capa de máscara **30**.

Como se muestra en la **figura 4(b)**, la primera capa de máscara **30** es graba en seco mediante el uso de la segunda capa de máscara **36** como una máscara. De esta manera, las aberturas **30a** están formadas en la primera capa de máscara **30** y se forma un patrón de la primera capa de máscara **30**. En ese momento, se usa gas de grabado que tiene una tolerancia que el sustrato de zafiro **2** y la primera capa de máscara **30** son mayores que la segunda capa de máscara **36**. Por ejemplo, en caso de que la primera capa de máscara **30** sea de SiO<sub>2</sub> y la segunda capa de máscara **36** sea de Ni, si se utiliza gas en serie de flúor, el patrón de la primera capa de máscara **30** puede estar formada con precisión, ya que Ni tiene una selectividad de grabado de aproximadamente **100** en SiO<sub>2</sub>.

Después de eso, como se muestra en la **figura 4(c)**, se retira la segunda capa de máscara **36** sobre la primera capa de máscara **30**. En caso de que la primera capa de máscara **30** sea de SiO<sub>2</sub> y la segunda capa de máscara **36** sea de Ni, el Ni se puede retirar mediante inmersión en ácido clorhídrico y ácido nítrico, que se mezclan en una proporción **1:1** y se diluyen con agua o grabado en seco utilizando gas argón.

Después de eso, como se muestra en la **figura 4(d)**, el sustrato de zafiro **2** es graba en seco mediante el uso de la primera capa de máscara **30** como una máscara. En ese momento, se transcribe un patrón inverso de aberturas **34a** de la máscara de plantilla **34** sobre el sustrato de zafiro **2**, ya que solo una parte de la cual se retira la primera capa de máscara **30** en el sustrato de zafiro **2** se expone a gas de grabado. En ese momento, una parte que no está cubierta por la primera capa de máscara **30** puede grabarse selectivamente, ya que la primera capa de máscara **30**

tiene una mayor tolerancia al gas de grabado que el sustrato de zafiro **2**. El grabado finaliza cuando una profundidad de grabado del sustrato de zafiro **2** alcanza la profundidad predeterminada. Por ejemplo, gas en serie de cloro tal como BCl<sub>3</sub>, etc. se usa como gas de grabado.

5 Después de eso, como se muestra en la **figura 4(e)**, la primera capa de máscara **30** a la izquierda en el sustrato de zafiro **2** se retira mediante el uso de un agente de separación predeterminado. De esta manera, se forma la porción convexa **2c** que está formada por una esquina hecha por la superficie lateral **2d** y la superficie superior **2f** antes de formar la porción curvada **2e**. Por ejemplo, en caso de que la primera capa de máscara **30** sea SiO<sub>2</sub>, se puede usar ácido fluorhídrico diluido como agente de separación.

10 Después de eso, como se muestra en la **figura 4(f)**, la porción curvada **2e** está formada por el redondeo de la esquina mediante grabado en húmedo de la porción convexa **2c**. Aunque el grabador es arbitrario, por ejemplo, se puede usar una solución acuosa de ácido fosfórico calentada a aproximadamente **160 °C**, llamada "ácido fosfórico caliente". Se pueden usar otros métodos, como grabado en seco, como método de grabado y el punto es formar la porción curvada **2e** en la esquina de la porción convexa **2c**.

15 Un semiconductor de nitruro del grupo III se obtiene por crecimiento epitaxial mediante el uso de un crecimiento lateral en la cara de difracción **2a** del sustrato de zafiro **2** como se hizo anteriormente y el elemento emisor de luz **1** está fabricado dividiendo a una pluralidad el elemento emisor de luz **1** cortando en cubitos después de formar cada electrodo.

20 En el elemento emisor de luz **1** realizado como anteriormente, la luz incidente que tiene un ángulo sobre el ángulo óptimo de reflexión total en la interfaz del sustrato de zafiro **2** y el semiconductor de nitruro del grupo III se puede extraer hacia el exterior del elemento mediante el uso de un efecto de difracción, ya que comprende la cara de difracción **2a** que tiene las porciones convexas **2c** cuyo período es más largo que la longitud de onda óptica de la luz emitida desde la capa activa de pozos cuánticos múltiples **14** y más corta que la longitud coherente de la luz, y la cara de reflexión **28** que refleja la luz difractada en la cara de difracción **2a** y deja que la luz reflejada incida sobre la cara de difracción **2a** de nuevo. Concretamente, la luz puede ser extraída en multimodo, ya que la luz que se transmite mediante un efecto de difracción es incidente en la cara de difracción **2a** y se transmite a través de la cara de difracción **2a** de nuevo mediante un efecto de difracción en la cara de difracción **2a**. En esta realización, dado que la luz se extrae por un efecto de difracción, se obtiene un efecto diferente del que la luz se extrae por efecto de dispersión y se puede mejorar mucho la eficiencia de extracción de luz del elemento emisor de luz **1**.

30 El número de porciones convexas **2c** por unidad de área aumenta, ya que la porción convexa **2c** se forma en un corto período. En caso de que el período de la porción convexa **2c** exceda el doble de la longitud coherente, si la porción convexa **2c** tiene una dislocación de esquina originada, la eficacia de emisión no se ve afectada, ya que la densidad de dislocación es pequeña. Sin embargo, si el período de la porción convexa **2c** es más corto que la longitud coherente, la eficiencia de emisión disminuye mucho, ya que la densidad de dislocación en la capa de amortiguación **10** de la parte de pila de capas semiconductoras **19** aumenta. Si el período es igual o inferior a **1 μm**, esta tendencia aumenta mucho. Este es un nuevo problema en caso de que el período de la porción convexa **2c** sea igual o menor a la longitud coherente. En las técnicas anteriores, aunque se divulga que el período es más corto con solo enfocar la eficiencia de extracción de la luz emitida, no se considera que la eficiencia de emisión disminuya en absoluto. La disminución de la eficiencia de emisión se produce independientemente de un método de fabricación para la capa de amortiguación **10** y se produce en el caso del método MOCVD y el método de bombardeo iónico. En esta realización, no se producen dislocaciones de esquina en el lado superior de cada porción convexa **2c**, la dislocación no se genera desde la esquina cuando se forma la capa de amortiguación **10**. Como resultado, el cristal tiene una densidad de dislocación relativamente baja en la capa activa de pozos cuánticos múltiples **14**. La eficacia de emisión no disminuye formando la porción convexa **2c** en la cara de difracción **2a**, por lo tanto, se resuelve el nuevo problema anterior.

45 En el elemento emisor de luz **1** de esta realización, aunque las porciones convexas **2c** se forman en la cara de difracción **2a** del sustrato de zafiro **2**, ya que se genera un extremo de dislocaciones cuando un semiconductor de nitruro del grupo III se aplanan mediante un crecimiento lateral, se obtiene un cristal que tiene una densidad de dislocación relativamente baja en el semiconductor de nitruro del grupo III. Como resultado, el cristal tiene una densidad de dislocación relativamente baja en la capa activa de pozos cuánticos múltiples **14** y la eficiencia de emisión no disminuye formando la porción convexa **2c** en la cara de difracción **2a**.

50 En la realización anterior, aunque se muestra que el elemento emisor de luz **1** es de tipo boca arriba, por ejemplo, como se muestra en la **figura 5**, el elemento emisor de luz **1** puede ser de tipo flip-chip. El elemento emisor de luz **1** en la **figura 5** tiene una capa de amortiguación **10**, una capa de GaN de tipo n **12**, una capa activa de pozos cuánticos múltiples **14**, una capa de bloqueo de electrones **16** y una capa de GaN de tipo p **18** en este orden sobre el sustrato de zafiro **2**, y un electrodo del lado p **20** que consiste en material de reflexión, tal como sistema de Ag, sistema de Rh, etc. está formado en la capa de GaN de tipo p **18** y el electrodo del lado n **24** está formado en la capa de GaN de tipo n **12**. En este caso, una superficie de la capa de GaN de tipo p **18** del electrodo del lado p **20** es una cara de reflexión **22**.

Además, por ejemplo, como se muestra en la **figura 6**, una segunda cara de difracción **20a** puede estar formada en

una superficie del electrodo del lado p **20**. Es deseable que este período cóncavo-convexo de la cara de difracción **20a** sea también más corto que la longitud coherente de luz emitida desde la capa activa de pozos cuánticos múltiples **14**. De esta manera, se pueden obtener ambos efectos de difracción en la cara de difracción **2a** del sustrato de zafiro **2** y la cara de difracción **20a** del electrodo del lado p **20**.

- 5 Las **figuras 7 a 16** muestran una segunda realización de esta invención y la **figura 7** es un dibujo típico en sección transversal de un elemento emisor de luz semiconductor.

Como se muestra en la **figura 7**, un elemento emisor de luz **100** tiene una parte pila de capas semiconductoras **119** que consiste en capas semiconductoras de nitruro del grupo III, que se forma sobre un sustrato de zafiro **102** que tiene una cara de difracción **102a**. Este elemento emisor de luz **100** es del tipo flip-chip y la luz se extrae principalmente desde una superficie posterior (una superficie superior en la **figura 7**) del sustrato de zafiro **102**. Las capas semiconductoras de nitruro del grupo III tienen una capa de amortiguación **110**, una capa de GaN de tipo n **112**, una capa activa de múltiples pozos cuánticos **114**, una capa de bloqueo de electrones **116** y una capa de GaN de tipo p **118**, en este orden, desde el lado del sustrato de zafiro **102**. Un electrodo de lado p **120** está formado en la capa de GaN de tipo p **118** y un electrodo de lado n **124** está formado en la capa de GaN de tipo n **112**.

- 15 El sustrato de zafiro **102** tiene la cara de difracción **102a**, que es la cara C ( $\{0001\}$ ) donde crece un semiconductor de nitruro. Una parte plana **102b** y una pluralidad de porciones cóncavas **102c** que tienen forma de cono y formadas periódicamente en la parte plana **102b** están formadas en la superficie de difracción **102a**. Una forma de cada porción cóncava **102c** puede ser un cono circular, cono poligonal, etc. En esta realización, se obtiene un efecto de difracción mediante cada porción cóncava **102c** que se coloca periódicamente.

- 20 La capa de amortiguación **110** está formada en la cara de difracción **102a** del sustrato de zafiro **102** y consiste en GaN. En esta realización, la capa de amortiguación **110** crece a una temperatura más baja que la capa de GaN de tipo n **112**, etc. que describe a continuación. La capa de amortiguación **110** tiene una pluralidad de porciones convexas que tienen forma de cono y se forman periódicamente a lo largo de cada porción cóncava **102c** en la cara de difracción **102a**. La capa de GaN de tipo n **112** como una primera capa de tipo de conductividad se forma en la capa de amortiguación **110** y consiste en n-GaN. La capa activa de múltiples pozos cuánticos **114** como una capa emisora se forma en la capa de tipo n **112** y consiste en GaInN/GaN y emite luz azul mediante una inyección de electrones y orificios. En este documento, la luz azul es, por ejemplo, luz que tiene una longitud de onda máxima de **430 nm** o más a **480 nm** o menos. En esta realización, la capa activa de múltiples pozos cuánticos **114** emite a una longitud de onda máxima de **450 nm**.

- 30 La capa de bloqueo de electrones **116** se forma sobre la capa activa de múltiples pozos cuánticos **114** y consiste en p-AlGaIn. La capa de GaN de tipo p **118** como una segunda capa de conductividad de tipo se forma en la capa de bloqueo de electrones **116** y consiste en p-GaN. Está formada por un crecimiento epitaxial del semiconductor de nitruro del grupo III desde la capa de amortiguación **110** a la capa de tipo p **118**. Aunque las porciones cóncavas **102c** se forman periódicamente sobre la cara de difracción **102a** del sustrato de zafiro **102**, se planifica mediante un crecimiento lateral en una fase temprana de crecimiento de un semiconductor de nitruro del grupo III. La constitución de la capa semiconductor es arbitraria si contiene al menos una primera capa de conductividad, una capa activa y una segunda capa de conductividad y la capa activa emite por recombinación de electrones y orificios cuando se aplica una tensión entre la primera capa de conductividad y la segunda capa de conductividad.

- 40 El electrodo del lado p **120** se forma sobre la capa de GaN de tipo p **118**, que una cara lateral de la capa de GaN de tipo p **118** es una cara de reflexión **122**. El electrodo del lado p **120** tiene una alta tasa de reflexión de la luz emitida desde la capa activa de pozos cuánticos múltiples **114**. Es preferible que el electrodo del lado p **120** tenga un **80%** de tasa de reflexión de la luz emitida desde la capa activa de pozos cuánticos múltiples **114**. En esta realización, el electrodo del lado p **120** consiste, por ejemplo, en material de sistema de Ag, sistema de Rh, etc. y está formado por un método de evaporación al vacío, método de bombardeo catódico, método CVD (deposición química de vapor), etc.

El electrodo del lado n **124** está formado sobre la capa de GaN de tipo n **112** expuesta por grabado de la capa de GaN de tipo p **118** a la capa de GaN de tipo n **112**. El electrodo del lado n **124** consiste, por ejemplo, en Ti/Al/Ti/Au y está formado por un método de evaporación al vacío, método de pulverización catódica, método de CVD (deposición química de vapor), etc.

- 50 El sustrato de zafiro **102** se explica en referencia a la **figura 8**. La **figura 8** es un dibujo de un sustrato de zafiro, y (a) muestra un dibujo en perspectiva típico y (b) muestra un dibujo de explicación típico de una sección transversal B-B.

- Como se muestra en la **figura 8(a)**, en vista de planificador, la cara de difracción **102a** está alineada en intersecciones de rejilla de triángulo hipotético con un período predeterminado, de manera que los centros de cada porción cóncava **102c** están posicionados en los vértices del triángulo equilátero. El período de cada porción cóncava **102c** es más largo que la longitud de onda óptica de la luz emitida desde la capa activa de múltiples pozos cuánticos **114** y más corta que la longitud coherente de la luz. El término "período" significa que hay una distancia entre las posiciones de profundidad máxima de porciones cóncavas **102c** adyacentes. El término "longitud de onda óptica" significa que un valor de longitud de onda real se divide por un índice de refracción. El término "longitud

coherente" corresponde a una coherencia de distancia que desaparece al contrarrestar la oscilación periódica entre ondas causada por diferencias de longitud de onda individual en el grupo de fotones de ancho de espectro predeterminado. Cuando una longitud de onda de luz es  $\lambda$  y la mitad del ancho máximo de la luz es  $\Delta\lambda$ , una longitud coherente  $l_c$  se indica aproximadamente con la siguiente fórmula:  $l_c = (\lambda^2/\Delta\lambda)$ . Es preferible que el período de cada porción cóncava **102c** sea más largo que el doble de la longitud de onda óptica de la luz emitida desde la capa activa de múltiples pozos cuánticos **114**. Es preferible que el período de cada porción cóncava **102c** sea igual o más corto que la mitad de la longitud coherente de luz emitida desde la capa activa de múltiples pozos cuánticos **114**.

En esta realización, el período de cada porción cóncava **102c** es de **500 nm**. Como una longitud de onda de la luz emitida por la capa activa **114** es de **450 nm** y el índice de refracción de un semiconductor de nitruro del grupo III es de **2,4**, la longitud de onda óptica es de **187,5 nm**. Además, dado que un ancho máximo medio de la luz emitida desde la capa activa **114** es de **63 nm**, la longitud coherente de la luz es de **3214 nm**. El período de la cara de difracción **102a** es más largo que el doble de la longitud de onda óptica de la luz emitida desde la capa activa **114** y es igual o más corta que la mitad de la longitud coherente de la luz.

En esta realización, como se muestra en la **figura 8(b)**, cada porción cóncava **102c** de la cara de difracción **102a** está formada en una forma de cono circular. Concretamente, cada porción cóncava **102c** tiene una sección de extremo de base cuyo diámetro es de **200 nm**, y la profundidad de cada porción cóncava **102c** es de **250 nm**. La cara de difracción **102a** del sustrato de zafiro **102** es la parte plana **102b**, excepto que cada porción cóncava **102c** y se ayuda a un crecimiento lateral de la capa semiconductor.

La **figura 9** es un dibujo explicativo de un efecto de difracción de la luz en una interfaz de diferentes índices de refracción, y (a) muestra la luz reflejada en una interfaz y (b) muestra la luz transmitida en una interfaz.

En el caso de luz reflejada en una interfaz, de acuerdo con la condición de difracción de Bragg, un ángulo de incidencia  $\theta_{in}$  y un ángulo de reflexión  $\theta_{ref}$  cumple la condición a continuación:

$$d \cdot n_1 \cdot (\text{sen } \theta_{in} - \text{sen } \theta_{ref}) = m \cdot \lambda \quad (1)$$

Cuando  $n_1$  es el índice de refracción del medio lado de incidencia,  $\lambda$  es una longitud de onda de la luz incidente y  $m$  es un número entero. En esta realización,  $n_1$  es el índice de refracción del semiconductor de nitruro del grupo III. Como se muestra en la **figura 9(a)**, la luz incidente en la interfaz se refleja en el ángulo de reflexión  $\theta_{ref}$  que cumple la fórmula (1) anterior.

Por otro lado, en el caso de la luz transmitida en una interfaz, de acuerdo con la condición de Bragg de difracción, un ángulo de incidencia  $\theta_{in}$  y un ángulo de transmisión  $\theta_{salida}$  cumplen la condición a continuación:

$$d \cdot (n_1 \cdot \text{sen } \theta_{in} - n_2 \cdot \text{sen } \theta_{salida}) = m' \cdot \lambda \quad (2)$$

Cuando  $n_2$  es el índice de refracción del medio del lado de salida y  $m'$  es un número entero. En esta realización,  $n_2$  es el índice de refracción del sustrato de zafiro **2**. Como se muestra en la **figura 9(b)**, la luz incidente en la interfaz se transmite en el ángulo de transmisión  $\theta_{salida}$  que cumple la fórmula anterior (2).

Para la existencia del ángulo de reflexión  $\theta_{ref}$  y del ángulo de transmisión  $\theta_{salida}$  se satisface la fórmula (1) anterior y la fórmula (2), el período de la cara de difracción **102a** debe ser más largo que  $(\lambda/n_1)$  y  $(\lambda/n_2)$  que son la longitud de onda óptica del interior de un elemento. Una estructura bien conocida de ojo de polilla está diseñada para un período más corto que  $(\lambda/n_1)$  y  $(\lambda/n_2)$  y no existe luz de difracción. El período de la cara de difracción **102a** debe ser más corto que la longitud coherente que la luz mantiene la naturaleza de la onda y es preferible que sea igual o inferior a la mitad de la longitud coherente. La luz que es igual o menor que la mitad de la longitud coherente que asegura la intensidad de la luz de reflexión y la luz de transmisión por efecto de la difracción.

La **figura 10** es un dibujo explicativo de un efecto de difracción de la luz que incide sobre un sustrato de zafiro a partir de un semiconductor de nitruro del grupo III.

Como se muestra en la **figura 10**, la luz incidente en el sustrato de zafiro **102** en el ángulo de incidencia  $\theta_{in}$ , de luz isotópica irradiada desde la capa activa de pozos cuánticos múltiples **114** en el elemento emisor de luz **100**, se refleja en el ángulo de reflexión  $\theta_{ref}$  que cumple con la fórmula anterior (1) y se transmite en el ángulo de transmisión  $\theta_{salida}$  que cumple con la fórmula (2) anterior. Si el ángulo de incidencia  $\theta_{in}$  es igual o mayor que el ángulo óptimo de reflexión total, la intensidad de la luz de reflexión es mayor. La luz de reflexión se refleja en la cara de reflexión **122** del electrodo del lado p **120** y es incidente en la cara de ojo de polilla **102a** de nuevo. Sin embargo, dado que la luz de reflexión incide en un ángulo diferente del ángulo de incidencia anterior  $\theta_{in}$ , la luz de reflexión tiene una propiedad de transmisión diferente de la condición de incidente anterior.

La **figura 11** es un gráfico que muestra una relación entre un ángulo de incidencia de luz incidental a una interfaz desde el lado de la capa semiconductor y un ángulo de reflexión de luz en una interfaz mediante una cara de difracción, en una interfaz de un semiconductor de nitruro del grupo III y un sustrato de zafiro en caso de que un período de porciones cóncavas o de porciones convexas sea de **500 nm**.

Al incidir la luz en la cara de difracción **102a**, existe el ángulo de reflexión óptimo total, así como una cara plana general. El ángulo óptimo es de aproximadamente **45** grados en una interfaz de la capa semiconductora del sistema de GaN y el sustrato de zafiro **102**. Como se muestra en la **figura 5**, en el área en que el ángulo de incidencia  $\theta_{in}$  es superior a **45** grados, es posible la transmisión en modos de difracción de ( $m = 1, 2, 3, 4$ ) que cumple con la fórmula (2) anterior. En el caso de que el exterior sea aire, el ángulo óptimo en una interfaz del sustrato de zafiro **102** y el aire es de aproximadamente  $\pm 34$  grados y los modos de difracción disponibles son ( $m = 2, 3$ ) en este caso.

La **figura 12** es un gráfico que muestra una relación entre un ángulo de incidencia de luz incidental a una interfaz desde el lado de la capa semiconductora y un ángulo de transmisión de luz en una interfaz mediante una superficie de difracción, en una interfaz entre un semiconductor de nitruro del grupo III y un sustrato de zafiro en caso de que un período de porciones cóncavas o de porciones convexas sea de **500** nm.

Como se muestra en la **figura 12**, en el área que el ángulo de incidencia  $\theta_{in}$  es de más de **45** grados, es posible la reflexión en los modos de difracción de ( $m = 1, 2, 3, 4$ ) que cumple la anterior fórmula (1). La luz de reflexión reflejada en estos modos se refleja en la cara de reflexión **122** del electrodo del lado p **120** y es incidente en la cara de difracción **102a** de nuevo. El ángulo de incidencia  $\theta_{in}$  ese momento mantiene un ángulo previamente reflejado en la cara de difracción **102a** y se difracta nuevamente mediante la segunda incidencia de tiempo.

La **figura 13** es un gráfico que muestra una relación entre un ángulo de incidencia de luz que entra en una interfaz desde la capa semiconductora por primera vez y un ángulo de transmisión de luz incidente por segunda vez después de reflejarse mediante un efecto de difracción, en una interfaz mediante una cara de difracción, en una interfaz de un semiconductor de nitruro del grupo III y un sustrato de zafiro en el caso de que un período de las porciones cóncavas o de las porciones convexas sea de 500 nm.

En la **figura 13**, el índice de modo **1** sobre la transmisión de luz incidente para el segundo tiempo se define como una suma del índice de modo  $m$  sobre reflexión para el primer tiempo incidente y el índice de modo  $m'$  sobre transmisión para el segundo tiempo incidente, y es decir  $1 = m + m'$ . El índice de modo **1** sobre la transmisión de luz incidente para el segundo tiempo tiene la misma propiedad de transmisión siempre que el índice de modo **1** sea el mismo, si el índice de modo  $m$  sobre reflexión para el primer tiempo incidente y el índice de modo  $m'$  sobre transmisión para el segundo tiempo del incidente tienen algún valor. Aunque ( $m' = 0$ ) no es aceptable en la propiedad de transmisión de luz para el primer tiempo incidente, ( $l = 0$ ) es aceptable en la propiedad de transmisión de luz para el segundo tiempo incidente. Por ejemplo, en el caso de ( $l = 1$ ), existen cinco modos de ( $m, m'$ ) = (**2, -1**), (**3, -2**), (**4, -3**), (**-1, 2**), (**-2, 3**). En ese sentido, la intensidad de la luz en un ángulo de luz de transmisión en ( $l = 1$ ) es relativamente grande. Si el período de la cara de difracción **102a** es infinitamente más corto que la longitud coherente, los aumentos de luz extraídos por un efecto de difracción son cinco veces mayores que mediante la adición del electrodo del lado p **120** hecho de material muy reflectante.

De esta manera, la luz incidente que tiene un ángulo sobre el ángulo óptimo de reflexión total en la interfaz del sustrato de zafiro **102** y un semiconductor de nitruro del grupo III se puede extraer hacia el exterior del elemento mediante el uso de un efecto de difracción, ya que comprende la cara de difracción **102a** que tiene las porciones cóncavas **102c** cuyo período es más largo que la longitud de onda óptica de la luz emitida desde la capa activa de pozos cuánticos múltiples **114** y más corta que la longitud coherente de la luz, y la cara de reflexión **120** que refleja la luz difractada en la cara de difracción **102a** y deja que la luz reflejada incida sobre la cara de difracción **102a** de nuevo. En esta realización, dado que la luz se extrae por un efecto de difracción, se obtiene un efecto diferente del que la luz se extrae por efecto de dispersión y se puede mejorar mucho la eficiencia de extracción de luz del elemento emisor de luz **100**.

Especialmente en esta realización, ya que la capa activa **114** como una capa emisora de luz se intercala entre la cara de difracción **102a** y la cara de reflexión **120**, el ángulo de reflexión  $\theta_{ref}$  diferente del ángulo incidente  $\theta_{in}$  en la cara de difracción **102a** puede ser incidente en el ángulo incidente anterior  $\theta_{in}$ . De esta manera, dado que la luz incide sobre la cara de difracción **102a** en diferentes condiciones para la primera y la segunda condición, existen muchos modos de transmisión y tiene una ventaja en la extracción de la luz.

Además, en esta realización, el índice de refracción del semiconductor de nitruro del grupo III es **2,4** y el índice de refracción de zafiro es **1,8**, por lo tanto, la cara de difracción **102a** se forma en una interfaz de materiales cuya diferencia de índice de refracción es igual a o más de **0,5**. Si la diferencia del índice de refracción es igual o mayor que **0,5**, la extracción de la luz es relativamente desventajosa. Sin embargo, la luz puede extraerse adecuadamente del elemento emisor de luz **100**, tiene una ventaja en el uso real.

Una relación entre un período de una cara de difracción y la salida de luz relativa de elemento se explica en referencia a la **figura 14**. La **figura 14** es un gráfico que muestra una relación entre un período de una cara de difracción y una salida de luz relativa en caso de que una longitud de onda óptica sea de **258** nm y una cara de difracción se proporciona en una interfaz de un sustrato de zafiro y una capa semiconductora de nitruro del grupo III. En la salida de luz relativa, una salida que una interfaz de un sustrato de zafiro y una capa semiconductora de nitruro del grupo III es una cara plana es **1,0**. En la **figura 14**, los datos se obtienen aplicando una corriente eléctrica a un chip de **1,0** mm cuadrados a temperatura ambiente en una condición con una distancia de la capa activa a la cara de difracción de **3,0**  $\mu\text{m}$  y una distancia de la cara de difracción al lado trasero del sustrato de zafiro es de **100**  $\mu\text{m}$ .

Además, una cantidad de la salida de luz relativa corresponde a **40** mW.

Como se muestra en la **figura 14**, en el área que el período de la cara de difracción es igual o menor que una cantidad de la longitud de onda óptica, una eficiencia de extracción de luz se incrementa mediante la supresión de la reflexión de Fresnel en un ángulo que es igual o menor que el total del ángulo óptico de reflexión total. En el área en que el período de la cara de difracción es más de una cantidad de la longitud de onda óptica y es igual o menor que el doble de la longitud de onda óptica aumenta la eficiencia de extracción de luz, ya que se pueden obtener un efecto de difracción y un efecto de reflexión de Fresnel. En el área en que el período de la cara de difracción es más del doble de la longitud de onda óptica y es igual o menor que dos veces y media la longitud de onda óptica, la eficiencia de extracción de luz disminuye ligeramente, ya que desaparece un efecto de reflexión de Fresnel de supresión. En el área en que el período de la cara de difracción es más de dos veces y media de la longitud de onda óptica, una eficacia de extracción de luz aumenta de nuevo, ya que aumenta la luz incidente que cumple la condición de difracción. En el área en que el período de la cara de difracción es más de dos veces y media de la longitud de onda óptica, una eficacia de extracción de luz aumenta de nuevo, ya que aumenta la luz incidente que cumple la condición de difracción. En el área en que el período de la cara de difracción es igual o superior a tres veces la longitud de onda óptica y es igual o inferior a cinco veces la longitud de onda óptica, una eficacia de extracción de luz es igual o superior a tres veces una cara plana. Aunque la **figura 14** ilustra hasta aproximadamente seis veces la longitud de onda óptica relativa al período, la salida de luz es aproximadamente el doble de la salida de una cara plana cuando el período es la mitad de la longitud coherente y la salida de luz es aproximadamente 1,8 veces la salida de una cara plana cuando el período es igual a la longitud coherente. La razón por la que la salida es más grande que una cara plana incluso en la longitud coherente es para poder obtener un efecto de dispersión mediante porciones cóncavas o porciones convexas. De esta forma, se puede obtener un efecto de difracción cuando el período excede una cantidad de la longitud de onda óptica y se entiende que la salida de luz del elemento emisor de luz **100** aumenta mucho cuando excede dos veces y media de la longitud de onda óptica.

Un método para fabricar el sustrato de zafiro **102** para el elemento emisor de luz **100** se explica con referencia a la **figura 15** y a la **figura 16**. La **figura 15** es un dibujo de explicación para procesar un sustrato de zafiro, y **(a)** muestra un sustrato en el que una primera capa de máscara se forma sobre una superficie de difracción, **(b)** muestra un sustrato en el que se forma una capa de resistencia sobre una primera capa de máscara, **(c)** muestra un sustrato en el que un haz de electrones se irradia selectivamente a una capa de resistencia, **(d)** muestra un sustrato en el que se desarrolla y se retira una máscara de resistencia, **(e)** muestra un sustrato en el que se forma una segunda capa de máscara.

En primer lugar, como se muestra en la **figura 15(a)**, se prepara un sustrato de zafiro **102** en forma de una placa plana y una primera capa de máscara **130** se forma sobre la superficie principal del sustrato de zafiro **102**. La primera capa de máscara **130** consiste en, por ejemplo,  $\text{SiO}_2$  y está formada por un método de bombardeo iónico, método de evaporación al vacío, método CVD, etc. El espesor de la primera capa de máscara **130** es arbitrario y, por ejemplo, es de **1,0**  $\mu\text{m}$ .

Por ejemplo, en caso de que la primera capa de máscara **130** esté formada mediante un sistema de pulverización catódica con magnetrones, se puede utilizar gas Ar y una fuente de energía de alta frecuencia (RF). Concretamente, por ejemplo, la primera capa de máscara **130** de **600** nm se puede formar en la condición de que el gas Ar sea de **25** sccm y la potencia de la fuente de potencia de RF sea de **200-500** W de acuerdo con el material. El tiempo de pulverización catódica puede ajustarse arbitrariamente en ese momento.

A continuación, como se muestra en la **figura 15(b)**, se forma una capa de resistencia **132** sobre la primera capa de máscara **130** del sustrato de zafiro **102**. La capa de resistencia **132** consiste, por ejemplo, en material sensible a haces de electrones de ZPE, etc. fabricado por Japan Zeon Corporation y se aplica sobre la primera capa de máscara **130**. El espesor de la capa de resistencia **132** es arbitrario y, por ejemplo, de **100** nm a **2,0**  $\mu\text{m}$ .

Por ejemplo, en caso de que la capa de resistencia **132** esté formada por recubrimiento por centrifugación, la capa de máscara **132** de espesor de **160-170** nm puede obtenerse por cocción durante cuatro minutos a **180** °C después de formarse una película de espesor uniforme en condiciones con velocidad de rotación de centrifugador de **1500** rpm. Concretamente, ZPE fabricado por Japan Zeon Corporation y el fluido de dilución de ZEP-A fabricado por Japan Zeon Corporation que se mezclan en una proporción de **1:1,4** se pueden usar como material de la capa de resistencia **132**.

A continuación, como se muestra en la **figura 3(c)**, una máscara de plantilla **134** se establece con una separación desde la máscara de resistencia **132**. La separación entre la máscara de resistencia **132** y la máscara de plantilla **134** es de **1,0**  $\mu\text{m}$  a **100**  $\mu\text{m}$ . La máscara de plantilla **134** consiste, por ejemplo, en material tal como diamante, SiC, etc. El espesor de la máscara de plantilla **134** es arbitrario y, por ejemplo, es de **500** nm a **100**  $\mu\text{m}$ . La máscara de plantilla **134** tiene aberturas **134a** que un haz de electrones transmite selectivamente.

La máscara de plantilla **134** se forma a partir de una forma de placa delgada que tiene un espesor constante y es posible que el espesor sea parcialmente el espesor, por ejemplo, proporcionando una parte gruesa en forma de celosía o en forma de línea para proporcionar resistencia. En esta realización, las porciones cóncavas **102c** que corresponden a una pluralidad de los elementos emisores de luz **100** están formados sobre el sustrato de zafiro **102**

conformado como una oblea y una pluralidad de los elementos emisores de luz **100** se fabrican cortándolo después de un crecimiento epitaxial del semiconductor de nitruro del grupo III. Por lo tanto, la parte gruesa de la máscara de plantilla **134** puede formarse en una posición de paso correspondiente de una cuchilla de cortar en cubitos. La parte gruesa se puede proyectar al lado del sustrato de zafiro **102**, al lado opuesto del sustrato de zafiro **102**, o a ambos lados. En caso de proyectarse hacia el lado del sustrato de zafiro **102**, contacta con un borde superior de la parte gruesa con la capa de resistencia **132** para proporcionar la función de separador a la parte gruesa.

Después de eso, como se muestra en la **figura 15(c)**, un haz de electrones se irradia a la máscara de plantilla **134** y la capa de resistencia **132** se expone a un haz de electrones de transmisión de las aberturas **134a** de la máscara de plantilla **134**. Concretamente, un patrón de la máscara de plantilla **134** se imprime en la capa de resistencia **132**, por ejemplo, usando un haz de electrones de **10 a 100**  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ . Un haz de electrones se irradia con una forma puntual a la máscara de plantilla **134** y, en realidad, mediante el barrido de un haz de electrones, se irradia un haz de electrones a toda la superficie de la máscara de plantilla **134**. La capa de resistencia **132** es de tipo positivo y la solubilidad a la solución en desarrollo aumenta cuando se expone. La capa de resistencia **132** puede ser de tipo negativo. Aunque el solvente incluido en la capa de resistencia **132** se volatiliza cuando la capa de resistencia **132** está expuesta, los componentes de volatilización son fáciles de difundirse por la separación entre la capa de resistencia **132** y la máscara de plantilla **134** y se evita que la máscara de plantilla **134** se contamine por los componentes de volatilización.

Después de que un haz de electrones haya sido irradiado, la capa de resistencia **132** se desarrolla mediante el uso de fluido de desarrollo predeterminado. De esta manera, como se muestra en la **figura 15(d)**, una parte que irradia un haz de electrones se eluye en el fluido en desarrollo y una parte que un haz de electrones no irradia permanece, y así se forman las aberturas **132a**. En el caso de usar ZPE fabricado por Japan Zeon Corporation como capa de resistencia **132**, por ejemplo, se puede usar acetato de amilo como fluido de desarrollo. Es arbitrario si se limpia o no mediante fluido de aclarado después del desarrollo, en caso de usar ZPE fabricado por Japan Zeon Corporation como capa de resistencia **132**, por ejemplo, se puede usar IPA (alcohol isopropílico) como fluido de aclarado.

A continuación, como se muestra en la **figura 15(e)**, una segunda capa de máscara **136** se forma sobre la primera capa de máscara **130** que modela la capa protectora **132**. De esta manera, la segunda capa de máscara **132** se modela sobre la primera capa de máscara **130** mediante irradiación con haz de electrones. La segunda capa de máscara **136** consiste en, por ejemplo, Ni y está formada por un método de bombardeo iónico, método de evaporación al vacío, método CVD, etc. El espesor de la segunda capa de máscara **136** es arbitrario y, por ejemplo, es de **20 nm**. La segunda capa de máscara puede estar formada, por ejemplo, por un sistema de pulverización catódica de magnetrones, así como la primera capa de máscara.

La **figura 16** es un dibujo explicativo para procesar un sustrato de zafiro, y **(a)** muestra un sustrato en el que una capa de resistencia se elimina por completo, **(b)** muestra un sustrato en el que se graba una primera capa usando una segunda capa de máscara como máscara, **(c)** muestra un sustrato en el que se retira una segunda capa de máscara, **(d)** muestra un sustrato en el que se graba una cara de difracción utilizando una primera capa de máscara como máscara y **(e)** muestra un sustrato en el que se elimina una primera capa de máscara.

Como se muestra en la **figura 16(a)**, la capa de resistencia **132** se elimina mediante el uso de un agente de separación. Por ejemplo, puede retirarse en la condición de que la capa de resistencia **132** se emulsione en el agente de separación y la onda ultrasónica se irradie durante un tiempo predeterminado. Concretamente, por ejemplo, puede usarse dietilcetona como agente de separación. Es arbitrario si se limpia o no mediante el fluido de aclarado después de eliminar la capa de resistencia **132**, por ejemplo, se puede usar acetona, metanol, etc. como fluido de aclarado. De esta manera, se forma un patrón de la segunda capa de máscara **136** que tiene una forma que el patrón de aberturas **134a** de la máscara de plantilla **134** se invierte en la primera capa de máscara **130**.

Como se muestra en la **figura 16(b)**, la primera capa de máscara **130** es grabada en seco mediante el uso de la segunda capa de máscara **136** como una máscara. De esta manera, las aberturas **130a** están formadas en la primera capa de máscara **130** y se forma un patrón de la primera capa de máscara **130**. En ese momento, se usa gas de grabado que tiene tolerancia de que el sustrato de zafiro **102** y la primera capa de máscara **130** son mayores que la segunda capa de máscara **136**. Por ejemplo, en caso de que la primera capa de máscara **130** sea de  $\text{SiO}_2$  y la segunda capa de máscara **136** sea de Ni, si se utiliza gas en serie de flúor, el patrón de la primera capa de máscara **130** puede estar formada con precisión, ya que Ni tiene una selectividad de grabado de aproximadamente **100** en  $\text{SiO}_2$ .

Después de eso, como se muestra en la **figura 16(c)**, se retira la segunda capa de máscara **136** sobre la primera capa de máscara **130**. En caso de que la primera capa de máscara **130** sea de  $\text{SiO}_2$  y la segunda capa de máscara **136** sea de Ni, Ni se puede retirar mediante inmersión en ácido clorhídrico y ácido nítrico, que se mezclan en una proporción de **1:1** y se diluyen con agua o grabado en seco utilizando gas argón.

Después de eso, como se muestra en la **figura 16(d)**, el sustrato de zafiro **102** se graba en seco mediante el uso de la primera capa de máscara **130** como una máscara. En ese momento, se transcribe un patrón inverso de aberturas **134a** de la máscara de plantilla **134** sobre el sustrato de zafiro **102**, ya que solo una parte de la cual se retira la primera capa de máscara **130** en el sustrato de zafiro **102** se expone a gas de grabado. En ese momento, una parte

que no está cubierta por la primera capa de máscara **130** puede ser grabada selectivamente, ya que la primera capa de máscara **130** tiene una mayor tolerancia al gas de grabado que el sustrato de zafiro **102**. El grabado finaliza cuando una profundidad de grabado del sustrato de zafiro **102** alcanza la profundidad predeterminada. En esta realización, aunque las aberturas **130a** transcritas en la primera capa de máscara **130** en la fase temprana de grabado tienen un diámetro de **50** nm, dado que el grabado lateral progresa con la progresión del grabado en la dirección de profundidad, se forma finalmente la porción cóncava **102c** que tiene una forma de cono circular cuyo diámetro de la sección del extremo de base es de **150** nm. En esta realización, los puntos de contacto de la primera capa de máscara **130** y el sustrato de zafiro **102** se pierden con la progresión del grabado y la primera capa de máscara **130** se retira de un borde exterior. Por ejemplo, gas en serie de cloro tal como  $\text{BCl}_3$ , etc. se usa como gas de grabado. En el caso de la combinación de la primera capa de máscara **130** y el gas de grabado sin grabado lateral, se diseña un patrón inverso de aberturas **134a** de la máscara de plantilla **134**, de modo que la forma es igual que la sección de extremo de base de cada porción cóncava **102c**.

Después de eso, como se muestra en la **figura 16(e)**, la primera capa de máscara **130** a la izquierda en el sustrato de zafiro **102** se retira mediante el uso de un agente de separación predeterminado. Por ejemplo, en caso de que la primera capa de máscara **130** sea  $\text{SiO}_2$ , se puede usar ácido fluorhídrico diluido como agente de separación.

Un semiconductor de nitruro del grupo III se obtiene por crecimiento epitaxial mediante el uso de un crecimiento lateral en la cara de difracción **102a** del sustrato de zafiro **102** como se hizo anteriormente y el elemento emisor de luz **100** está fabricado dividiendo a una pluralidad el elemento emisor de luz **100** cortando en cubitos después de formar cada electrodo.

En el elemento emisor de luz **100** fabricado mediante los procesos anteriores, aunque las porciones cóncavas **102c** se forman en la cara de difracción **102a** del sustrato de zafiro **102**, ya que se genera un extremo de dislocaciones cuando el semiconductor de nitruro del grupo III se aplatina mediante un crecimiento lateral, se obtiene un cristal que tiene una densidad de dislocación relativamente baja en el semiconductor de nitruro del grupo III. Como resultado, el cristal tiene una densidad de dislocación relativamente baja en la capa activa de pozos cuánticos múltiples **114** y la eficiencia de emisión no disminuye formando la porción cóncava **102c** en la cara de difracción **102a**.

La longitud de onda de emisión de luz de la capa activa **114** y el período de la cara de difracción **102a** en la realización anterior son arbitrarias, en caso de que la capa activa **114** emita luz azul, se puede obtener una alta eficiencia de extracción de luz cuando el período de la cara de difracción **102a** es igual o mayor que **300** nm e igual o menor que **1500** nm.

En la realización anterior, aunque se muestra que el elemento emisor de luz **100** es de tipo flip-chip, por ejemplo, como se muestra en la **figura 17**, el elemento emisor de luz **100** puede ser de tipo boca arriba. El elemento emisor de luz **200** en la **figura 17** tiene una capa de amortiguación **210**, una capa de GaN de tipo n **212**, una capa activa de pozos cuánticos múltiples **214**, una capa de bloqueo de electrones **216** y una capa de GaN de tipo p **218** en este orden sobre el sustrato de zafiro **202**, y un electrodo transparente del lado p **220** que consiste, por ejemplo, en ITO (óxido de estaño de indio) está formado en la capa de GaN de tipo p **218** y el electrodo del lado n **224** está formado en la capa de GaN de tipo n **212**. Una película de reflexión **226** que consiste, por ejemplo, en Al está formada en el lado posterior del sustrato de zafiro **202**. En este elemento emisor de luz **200**, una cara en el lado del sustrato de zafiro **200** de la película de reflexión **226** es una cara de reflexión **228** y la luz emitida desde la capa activa **214** se transmite a través de la cara de difracción **202a** por un efecto de difracción y la luz transmitida se refleja en la cara de reflexión **228**. De esta manera, la luz puede ser extraída en multimodo, ya que la luz que se transmite mediante un efecto de difracción es incidente en la cara de difracción **202a** y se transmite a través de la cara de difracción **202a** de nuevo mediante un efecto de difracción en la cara de difracción **202a**.

Además, en la realización anterior, la cara de difracción **102a** está formada en una interfaz del sustrato de zafiro **102** y semiconductor de nitruro del grupo III, por ejemplo, como se muestra en la **figura 18**, una cara de difracción **312a** puede estar formada en una superficie del elemento emisor de luz **300**. El elemento emisor de luz **300** es un diodo emisor de luz de tipo de película delgada y tiene un electrodo de lado p **320**, una capa de GaN de tipo p **318**, una capa de bloqueo de electrones **316**, una capa activa de pozos cuánticos múltiples **314** y una capa de GaN de tipo n **312** en este orden sobre un sustrato conductor **302**. Un electrodo de tipo n **324** está formado en el centro de la superficie de la capa de GaN de tipo n **312** y una parte que no forma el electrodo de tipo n **324** en la capa de GaN de tipo n **312** es una superficie del elemento y la cara de difracción **312a** está formada en esta parte. En este elemento emisor de luz **300**, la cara de difracción **312a** y la cara de reflexión **322** del electrodo del lado p **320** están dispuestas en el lado opuesto intercalando la capa activa **314**. Este elemento emisor de luz **300** tiene la cara de difracción **312a** que es una interfaz de la capa de GaN de tipo n **312** y el medio del exterior del elemento, y se puede obtener un efecto de difracción en esta interfaz.

Además, en la realización anterior, aunque una pluralidad de porciones cóncavas **102c** están formadas en la cara de difracción **102a**, por ejemplo, como se muestra en la **figura 19**, una pluralidad de porciones convexas **402c** se pueden formar en la cara de difracción **402a** del sustrato de zafiro **402**. El elemento emisor de luz **400** en la **figura 19** cuya cara de difracción **402a** del elemento emisor de luz **200** en la **figura 17** se modifica, tiene porciones convexas **402c** que están alineadas en intersecciones de cuadrícula hipotética cuadrada con un período predeterminado. Además, las porciones cóncavas o las porciones convexas se pueden formar con un cono

poligonal, como un cono triangular o un cono cuadrado, y otras estructuras de detalles concretas se pueden cambiar arbitrariamente.

**Aplicabilidad industrial**

5 Como el elemento emisor de luz semiconductor de la presente invención aumenta la eficiencia de extracción de luz, es útil industrialmente.

**Lista de signos de referencia**

- 1 Elemento emisor de luz
- 2 Sustrato de zafiro
- 2a Cara de difracción
- 10 2b Parte plana
- 2c Porción convexa
- 2d Superficie lateral
- 2e Porción curvada
- 2f Superficie superior
- 15 10 Capa de amortiguación
- 12 Capa de GaN de tipo n
- 14 Capa activa de múltiples pozos cuánticos
- 16 Capa de bloqueo de electrones
- 18 Capa de GaN de tipo p
- 20 20 Electrodo del lado p
- 20a Cara de difracción
- 22 Cara de reflexión
- 24 Electrodo del lado n
- 26 Película de reflexión
- 25 28 Cara de reflexión
- 30 Primera capa de máscara
- 30a Abertura
- 32 Capa de resistencia
- 32a Abertura
- 30 34 Máscara de plantilla
- 34a Abertura
- 36 Segunda capa de máscara
- 100 Elemento emisor de luz
- 102 Sustrato de zafiro
- 35 102a Cara de difracción
- 102b Parte plana
- 102c Porción cóncava

	110	Capa de amortiguación
	112	Capa de GaN de tipo n
	114	Capa activa de múltiples pozos cuánticos
	116	Capa de bloqueo de electrones
5	118	Capa de GaN de tipo p
	119	Parte de pila de capas semiconductoras
	120	Electrodo del lado p
	122	Cara de reflexión
	124	Electrodo del lado n
10	130	Primera capa de máscara
	130a	Abertura
	132	Capa de resistencia
	132a	Abertura
	134	Máscara de plantilla
15	134a	Abertura
	136	Segunda capa de máscara
	200	Elemento emisor de luz
	202	Sustrato de zafiro
	202a	Cara de difracción
20	210	Capa de amortiguación
	212	Capa de GaN de tipo n
	214	Capa activa de múltiples pozos cuánticos
	216	Capa de bloqueo de electrones
	218	Capa de GaN de tipo p
25	220	Electrodo transparente del lado p
	224	Electrodo del lado n
	226	Película reflectante
	228	Cara de reflexión
	300	Elemento emisor de luz
30	302	Sustrato conductor
	310	Capa de amortiguación
	312	Capa de GaN de tipo n
	312a	Cara de difracción
	314	Capa activa de múltiples pozos cuánticos
35	316	Capa de bloqueo de electrones
	318	Capa de GaN de tipo p
	320	Electrodo del lado p

- 322 Cara de reflexión
- 400 Elemento emisor de luz
- 402a Cara de difracción
- 402c Porción convexa

5

## REIVINDICACIONES

1. Un elemento emisor de luz semiconductor (1; 100; 200; 300; 400) que comprende; una parte de pila de semiconductores (19) que incluye una capa emisora de luz; una cara de difracción (2a) en un lado de superficie principal al que incide la luz emitida desde la capa emisora de luz, en el que en dicha cara de difracción (2a) las porciones convexas (2c) se forman en un período que es más largo que una longitud de onda óptica de la luz y es más corto que una longitud coherente de la luz, en el que la cara de difracción refleja la luz incidente en multimodo de acuerdo con la condición de difracción de Bragg y transmite la luz incidente en multimodo de acuerdo con la condición de difracción de Bragg; y una cara de reflexión (22; 28; 122; 228; 322) que refleja la luz multimodo difractada en la cara de difracción (2a) y deja que esta luz incida de nuevo sobre la cara de difracción (2a), en el que la parte de pila de semiconductores (19) está formada en la cara de difracción (2a); **caracterizado por que** la cara de reflexión (22; 28; 122; 228; 322) está formada como una cara de reflexión interna (22; 28; 122; 228; 322) y las porciones convexas (2c) tienen una superficie lateral (2d) y una porción curvada (2e) que se curva y se extiende hacia el lado central de las porciones convexas (2c) desde el extremo superior de la superficie lateral (2d) y una superficie superior (2f) que es plana y se forma continuamente desde la porción curvada (2e), en el que la superficie superior plana (2f) es paralela al lado de la superficie principal.
2. El elemento emisor de luz semiconductor (1; 100; 200; 300; 400) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el período de las porciones convexas (2c) es más largo que el doble de la longitud de onda óptica.
3. El elemento emisor de luz semiconductor (1; 100; 200; 300; 400) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el período de las porciones convexas (2c) es igual o menor que la mitad de la longitud coherente.
4. El elemento emisor de luz semiconductor (1; 100; 200; 300; 400) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la capa emisora de luz emite luz azul y el período es igual o superior a 300 nm y es igual a o menos de 1500 nm.
5. El elemento emisor de luz semiconductor (1; 100; 200; 300; 400) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la cara de difracción (2a) se proporciona en una interfaz de materiales cuya diferencia de índice de difracción es igual o mayor que 0,5.
6. Un método para fabricar el elemento emisor de luz semiconductor (1; 100; 200; 300; 400) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que incluye: formar porciones convexas (2c) que están formadas por una esquina hecha por una superficie lateral (2d) y una superficie superior (2f) en una cara de difracción (2a); **caracterizado por** formar una porción curvada (2e) redondeando la esquina mediante grabado.

FIG. 1

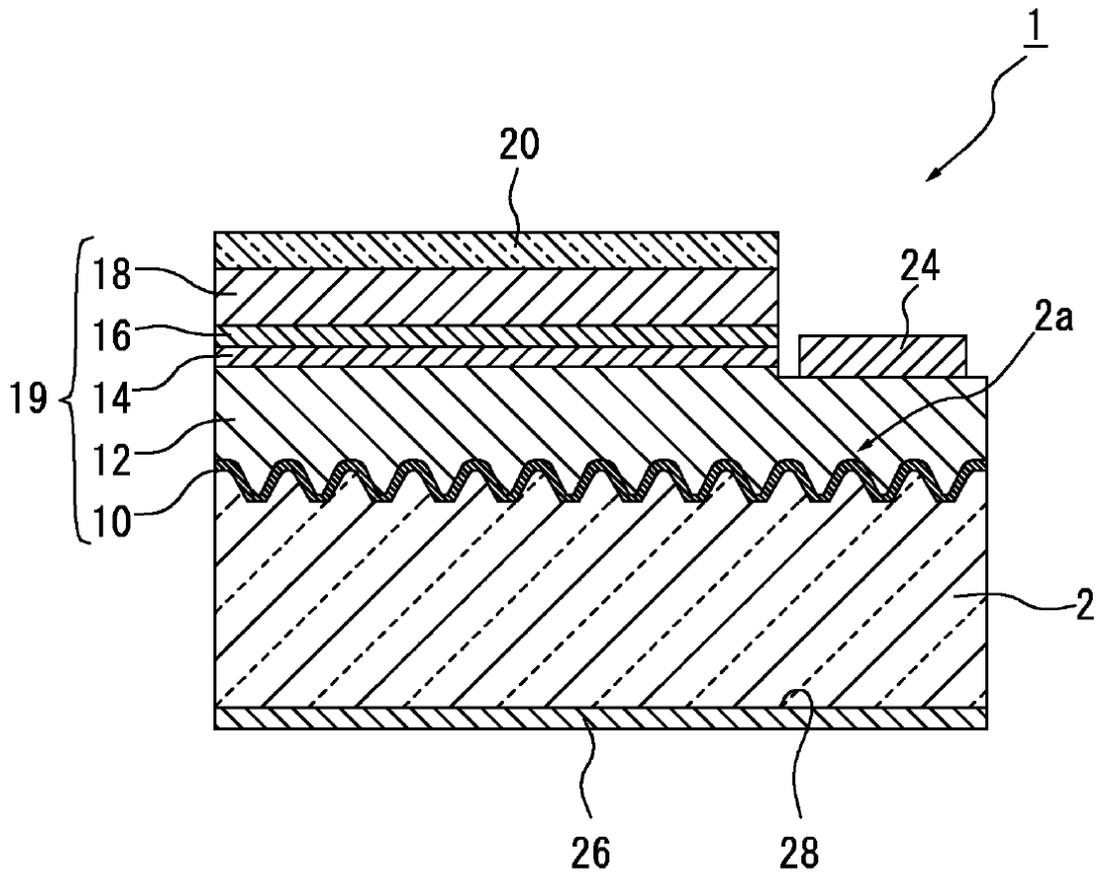
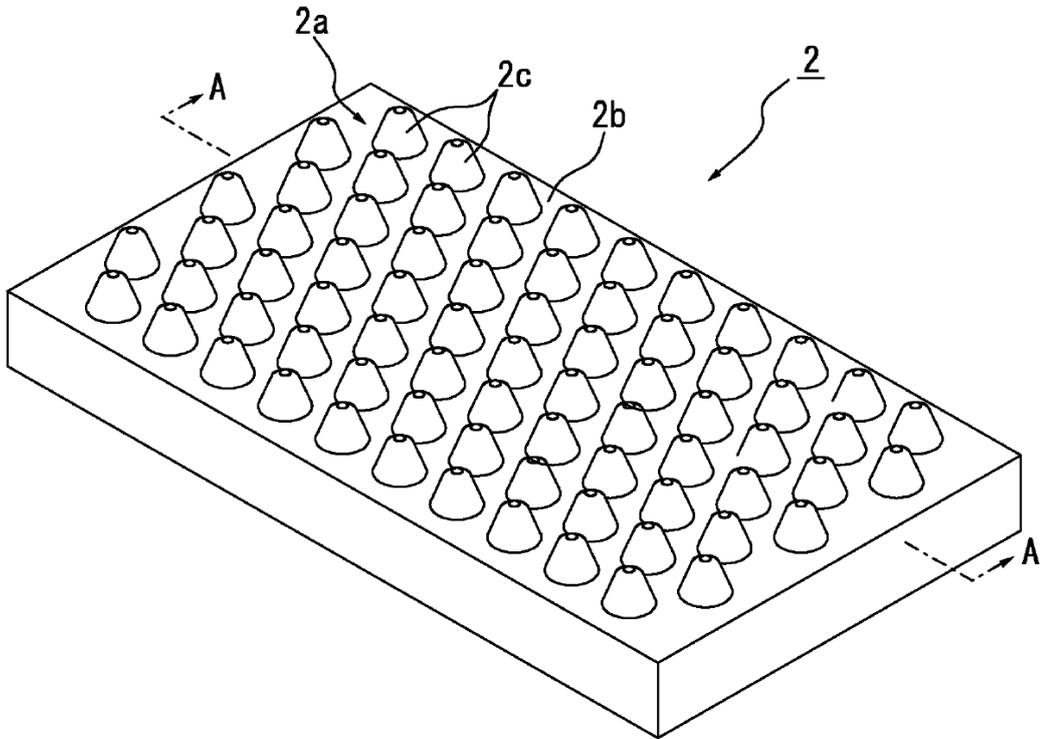
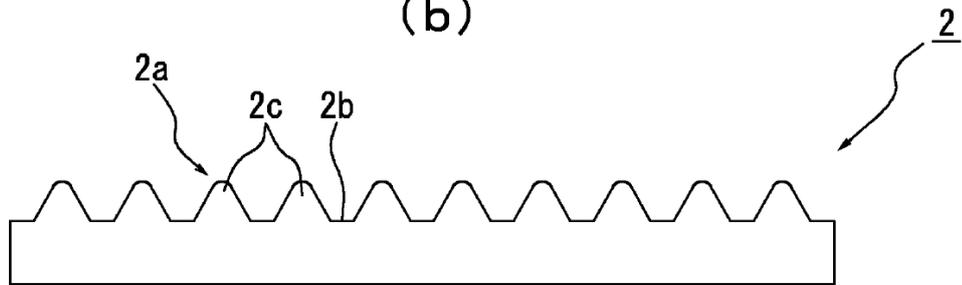


FIG. 2

(a)



(b)



(c)

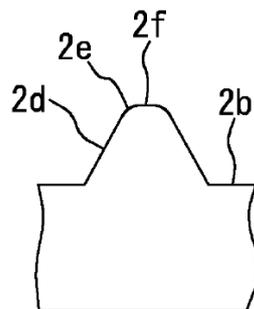


FIG. 3

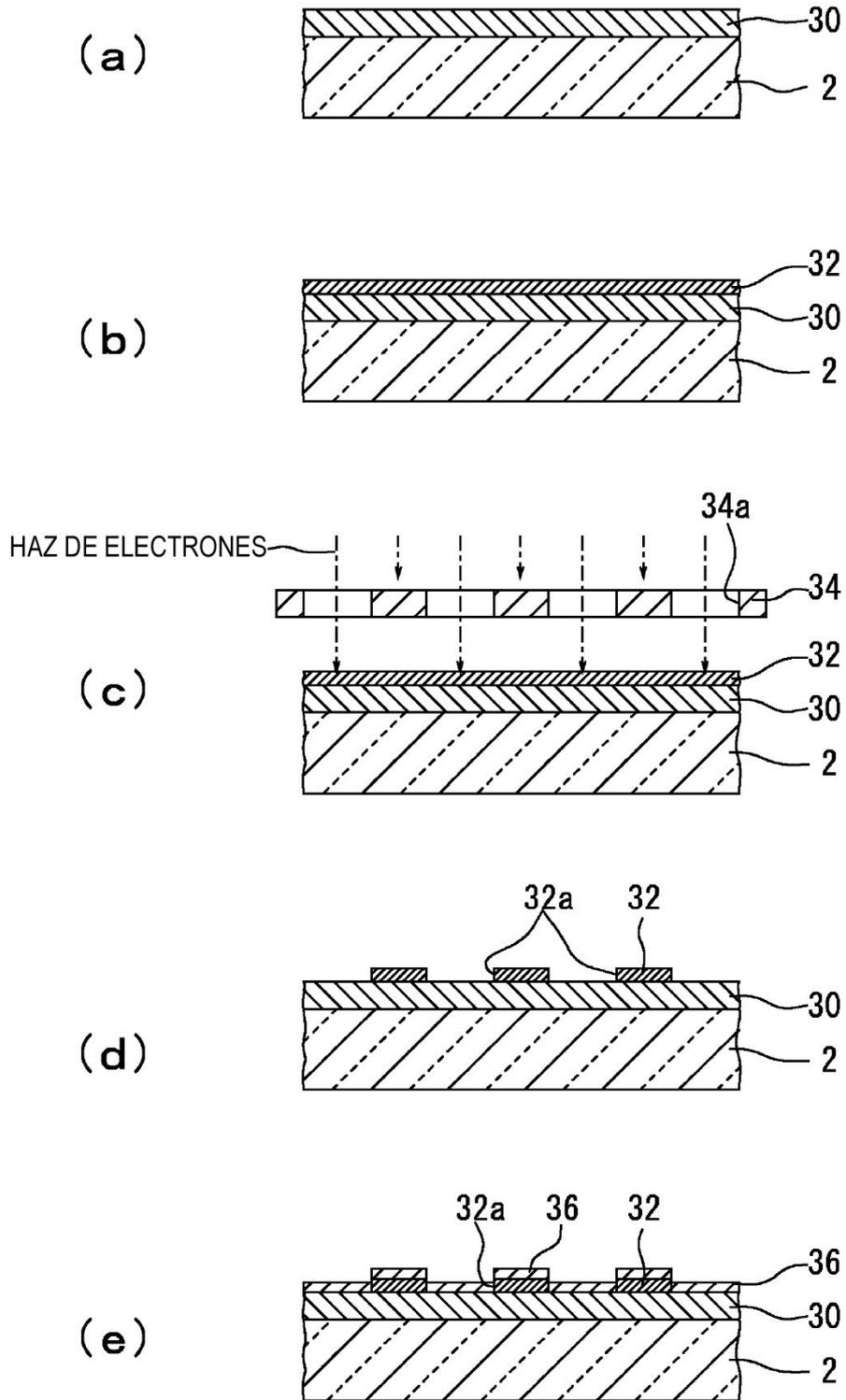


FIG. 4

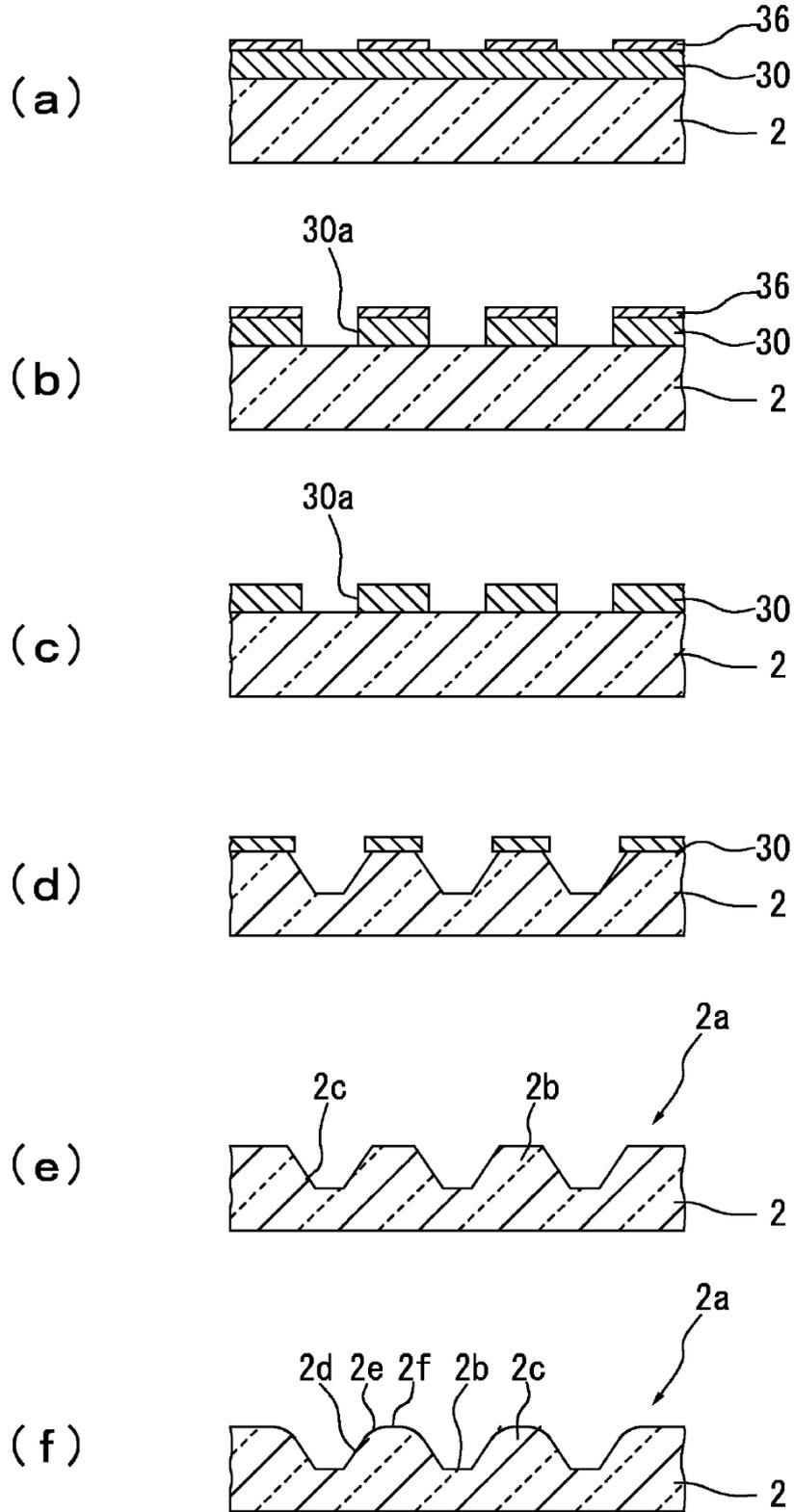


FIG. 5

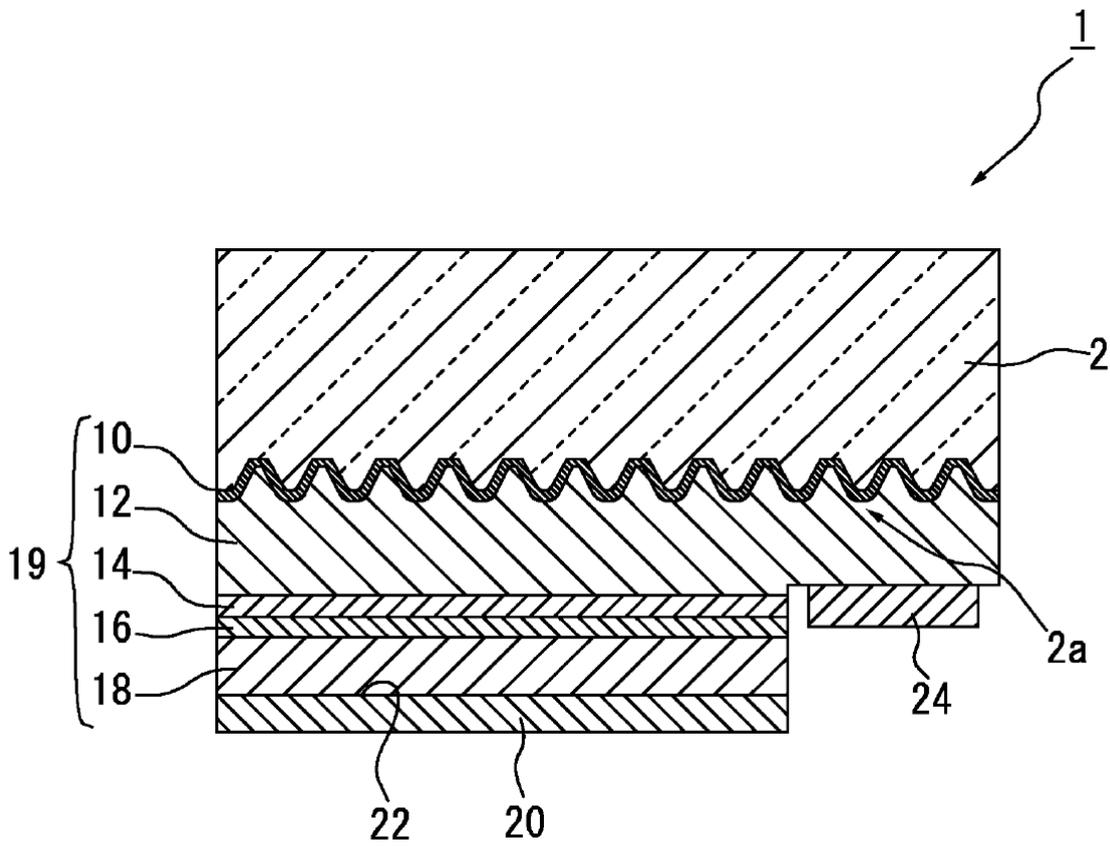


FIG. 6

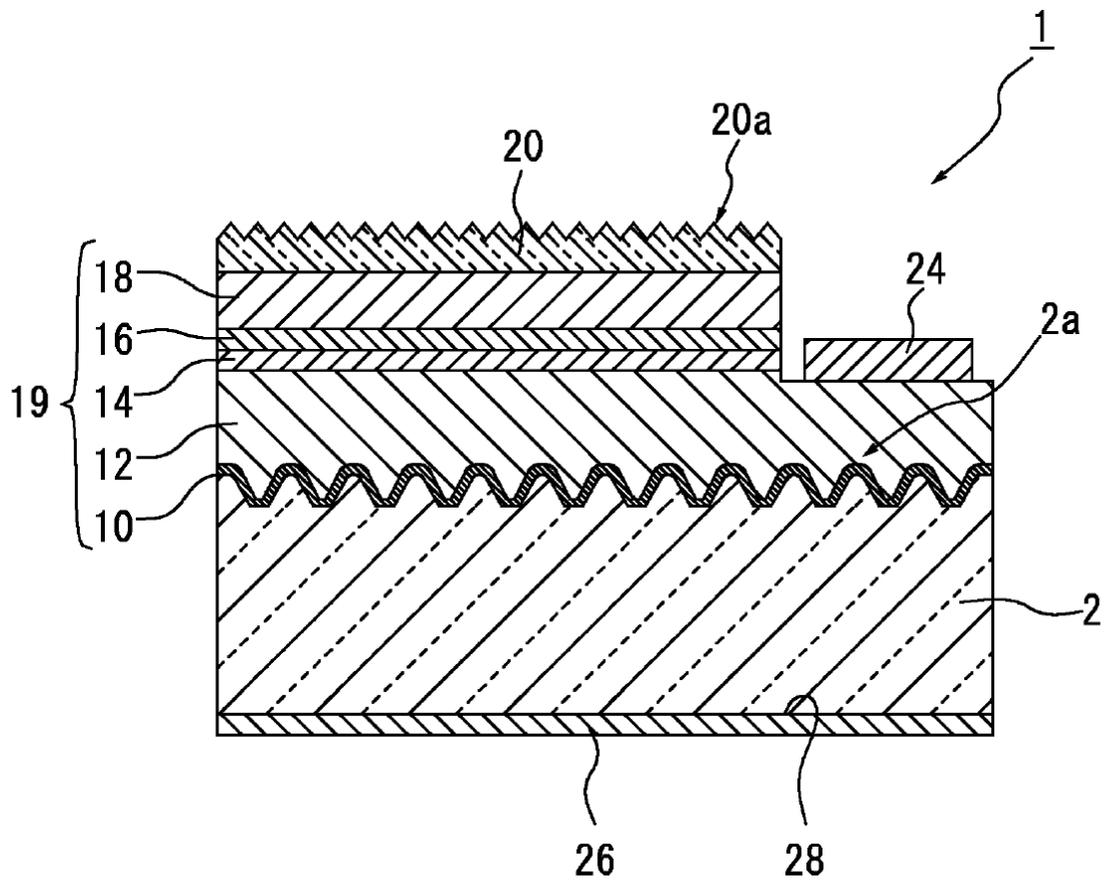
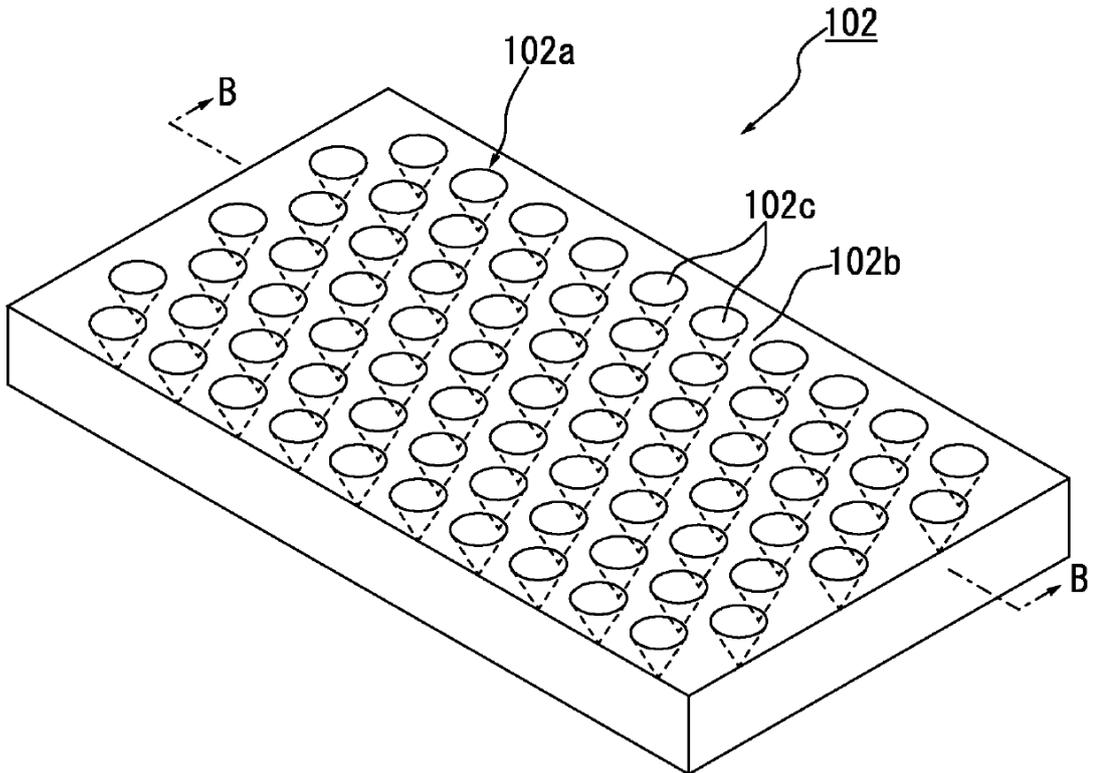




FIG. 8

(a)



(b)

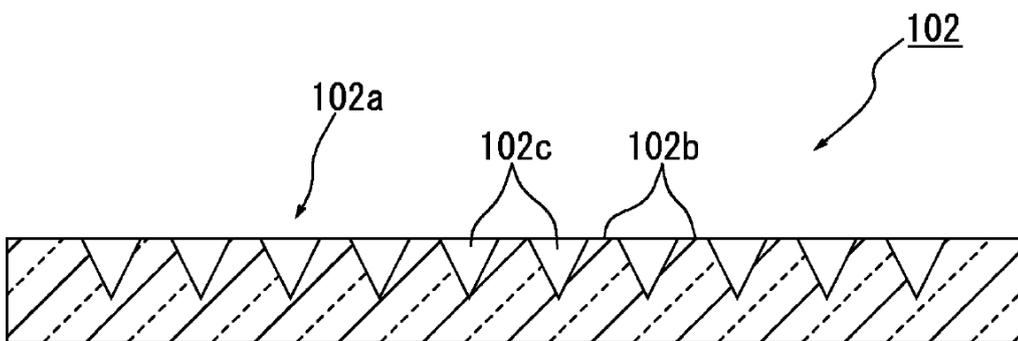


FIG. 9

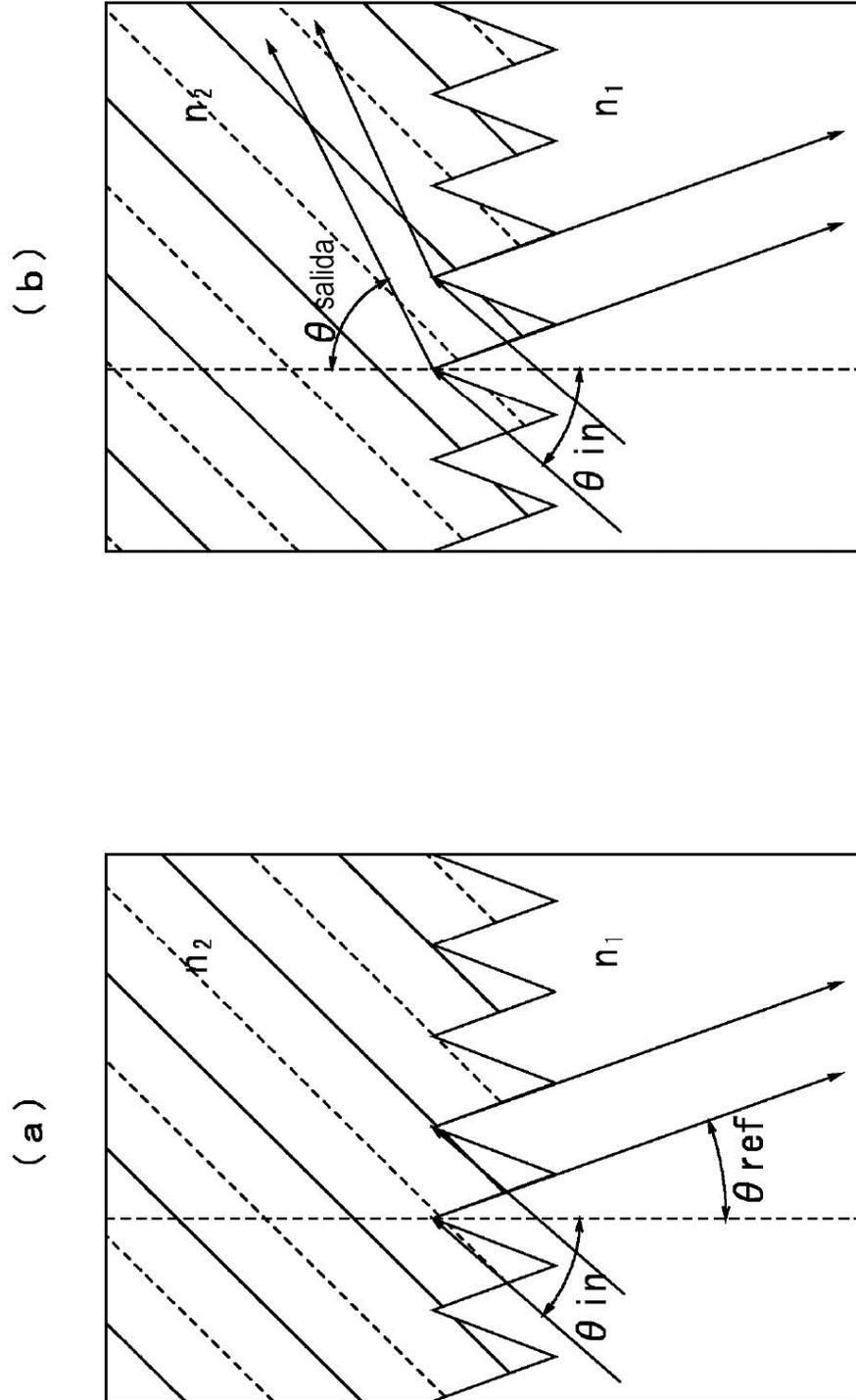


FIG. 10

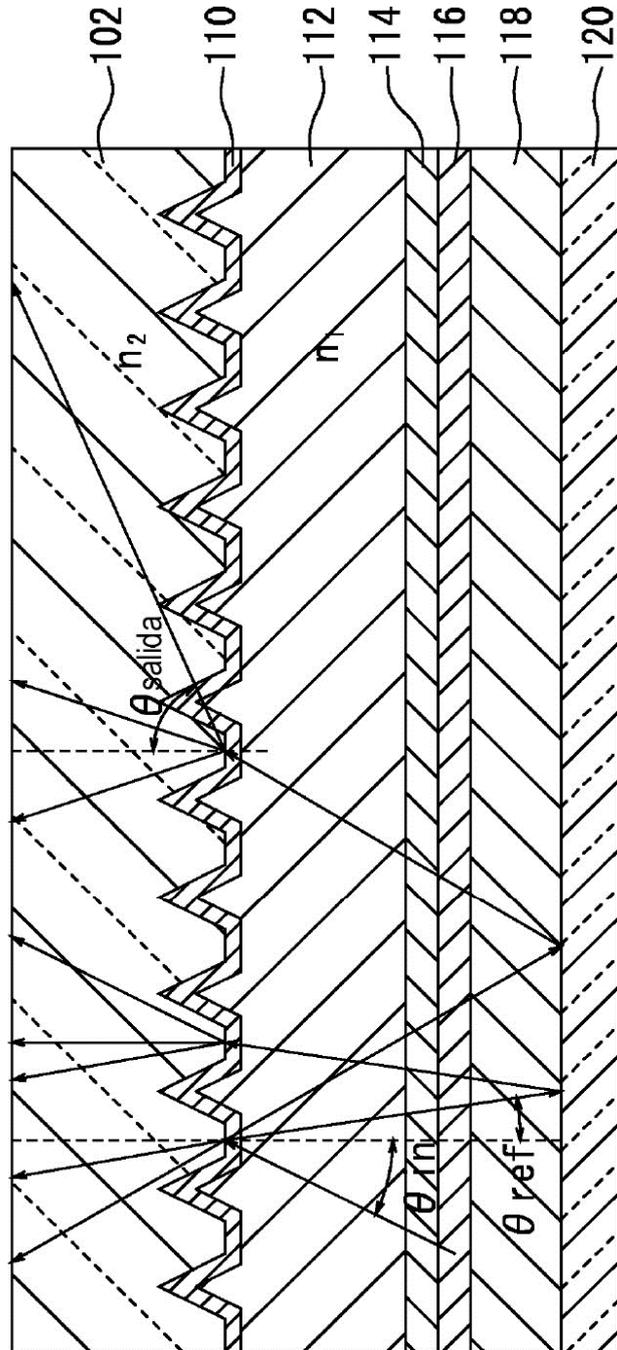


FIG. 11

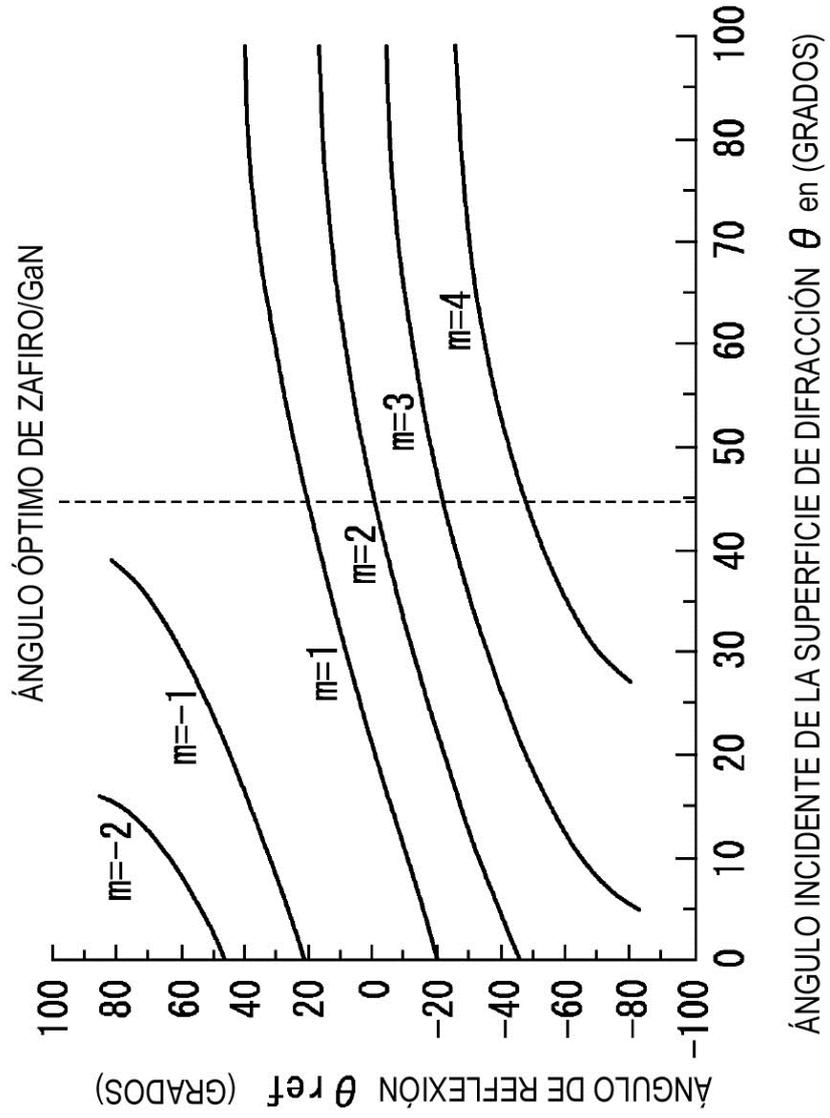


FIG. 12

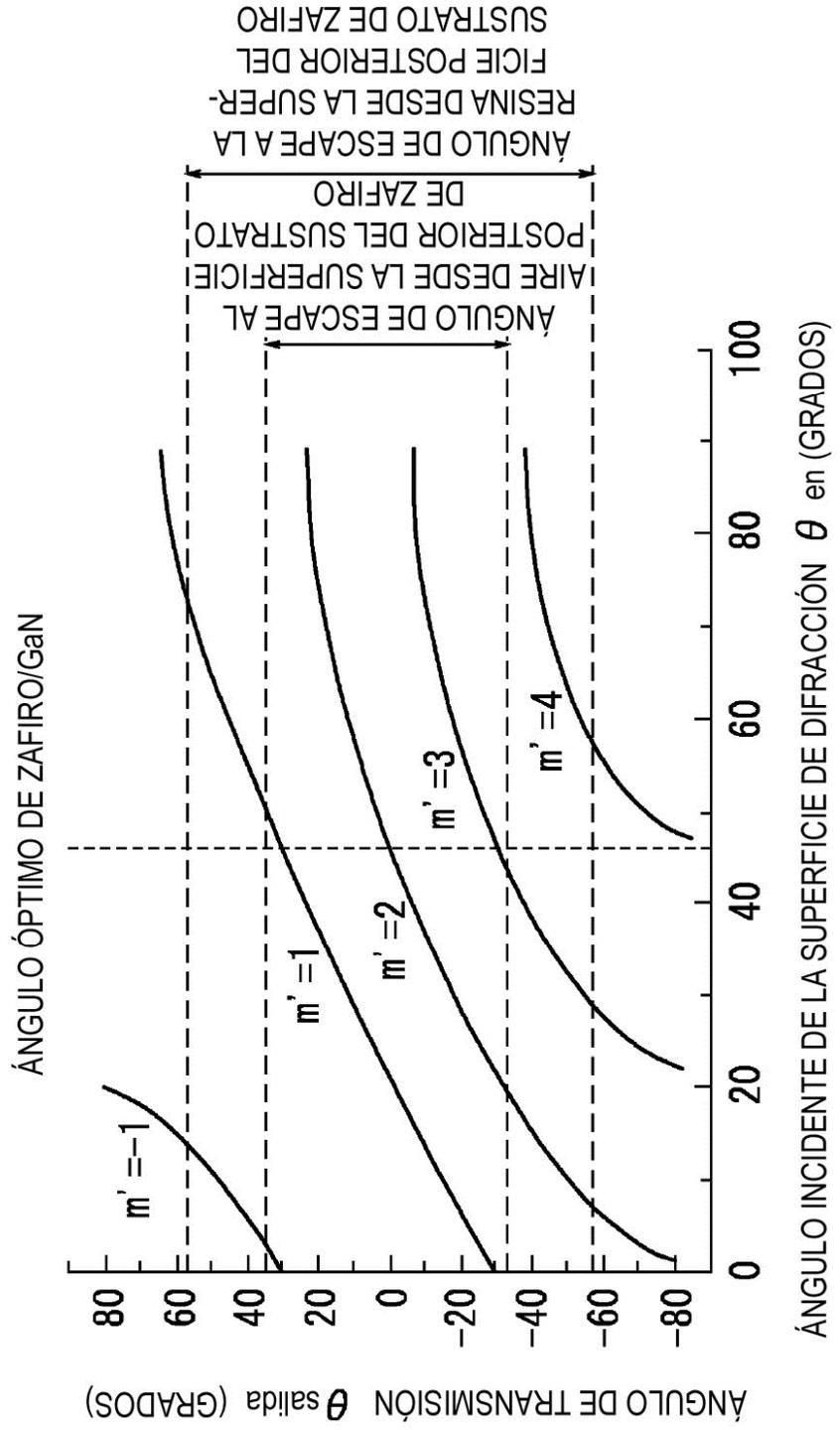


FIG. 13

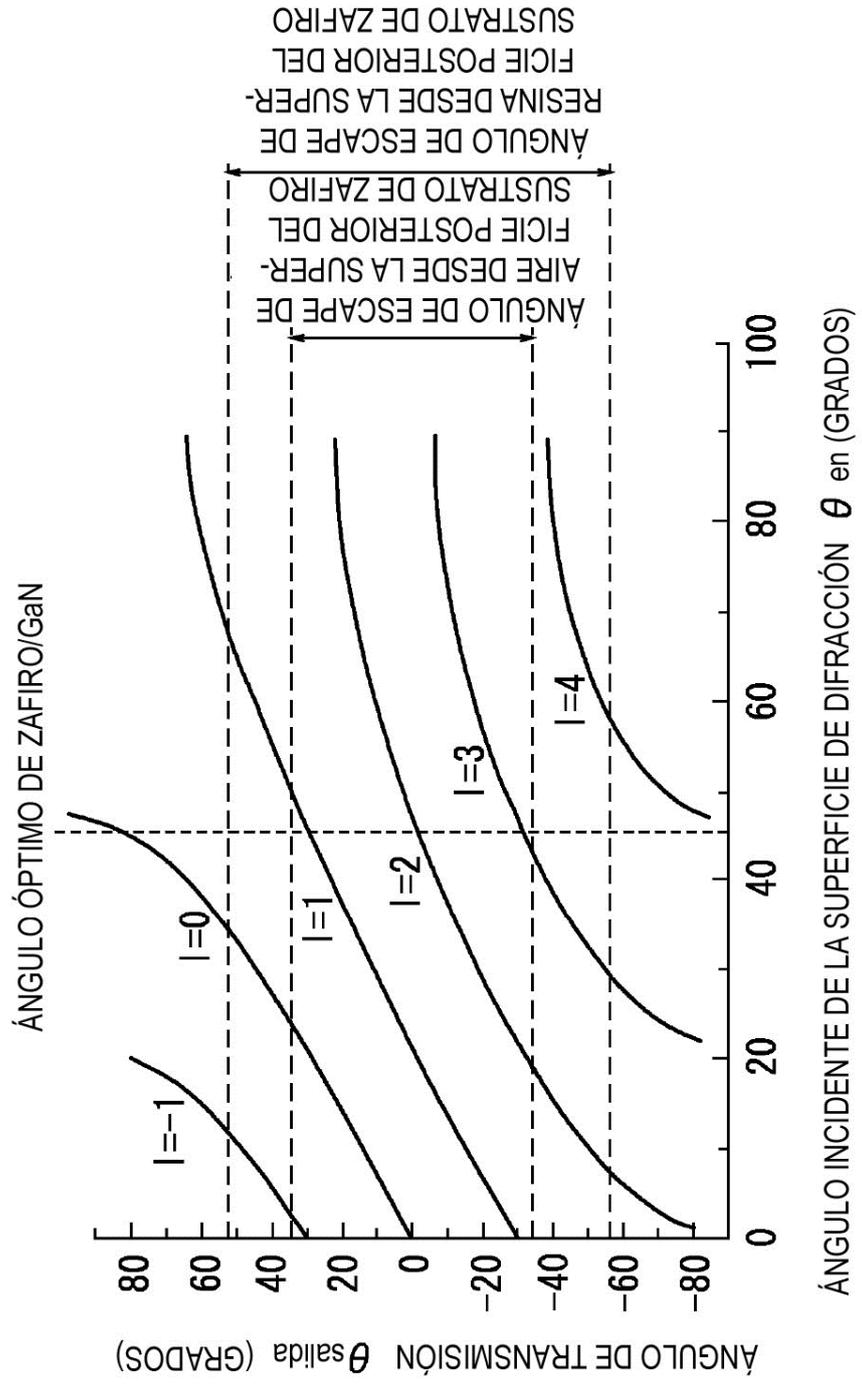


FIG. 14

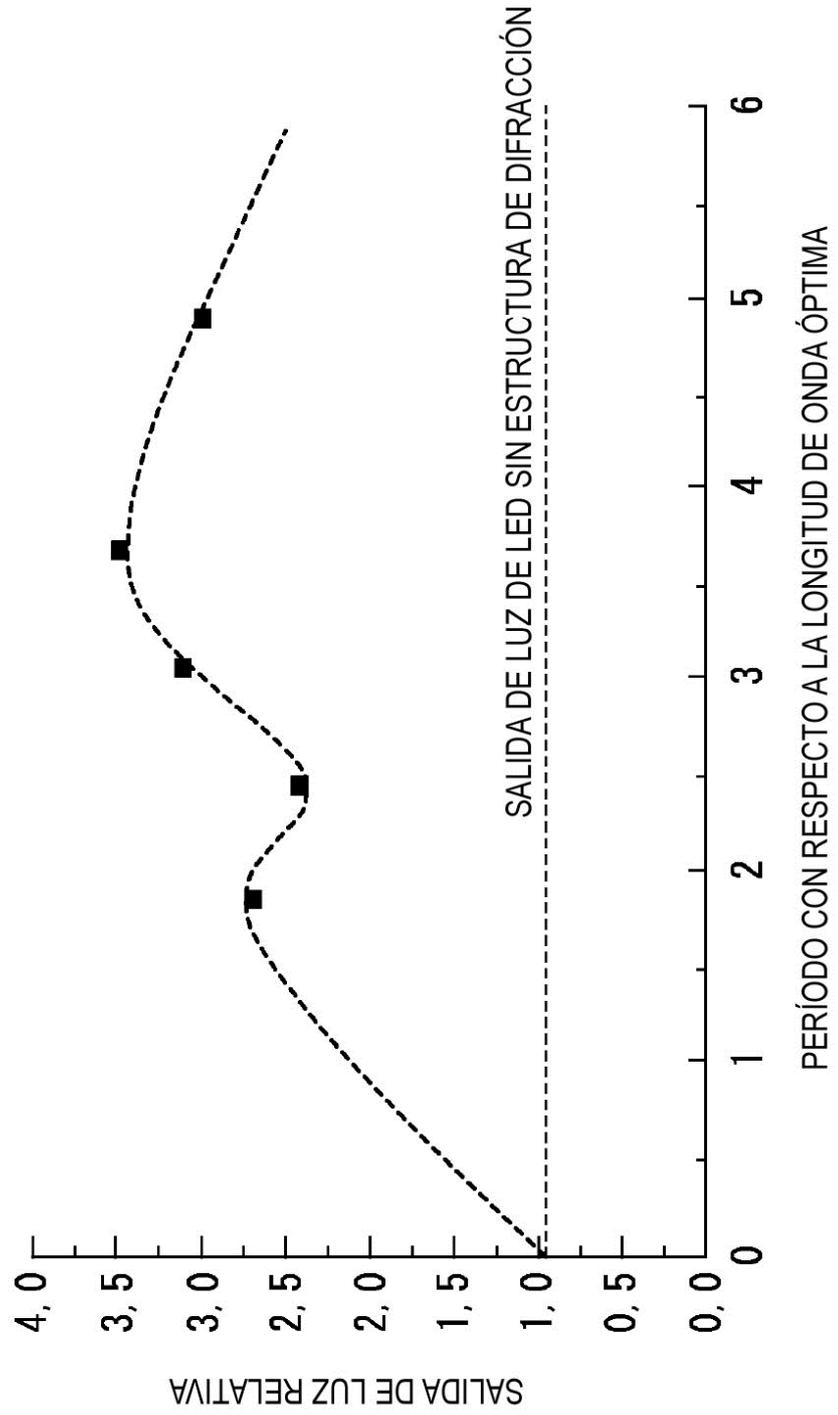


FIG. 15

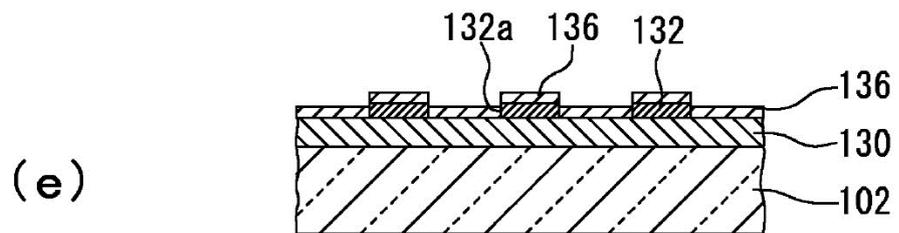
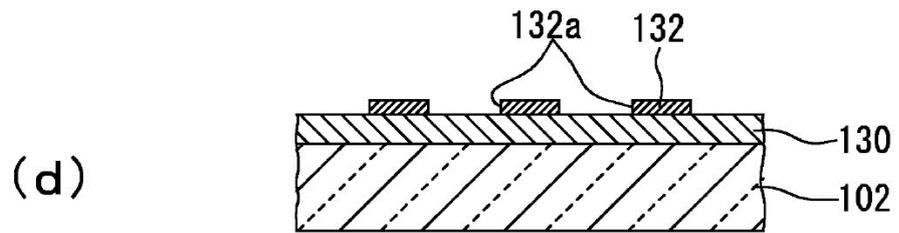
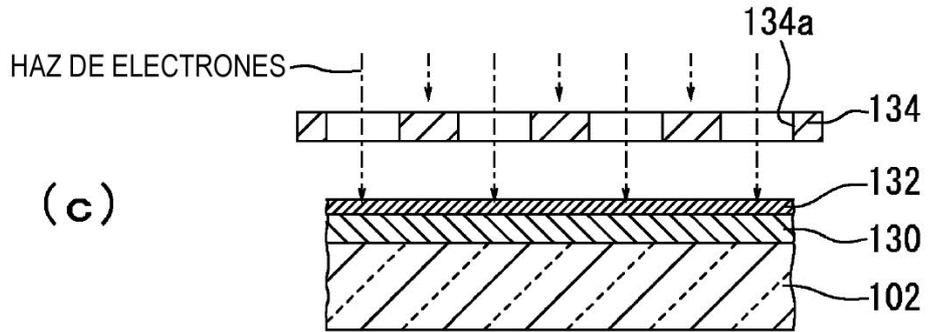
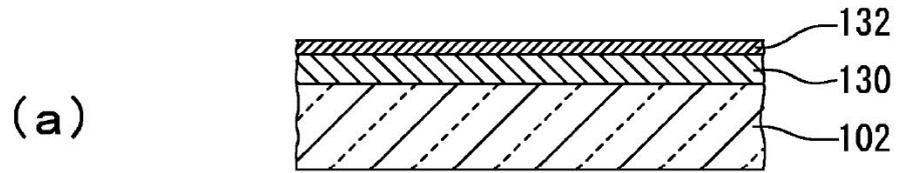
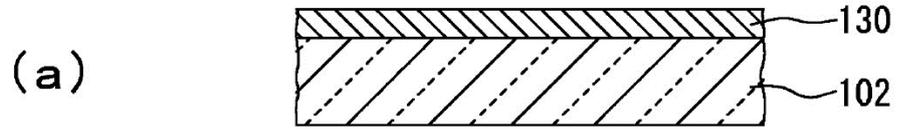


FIG. 16

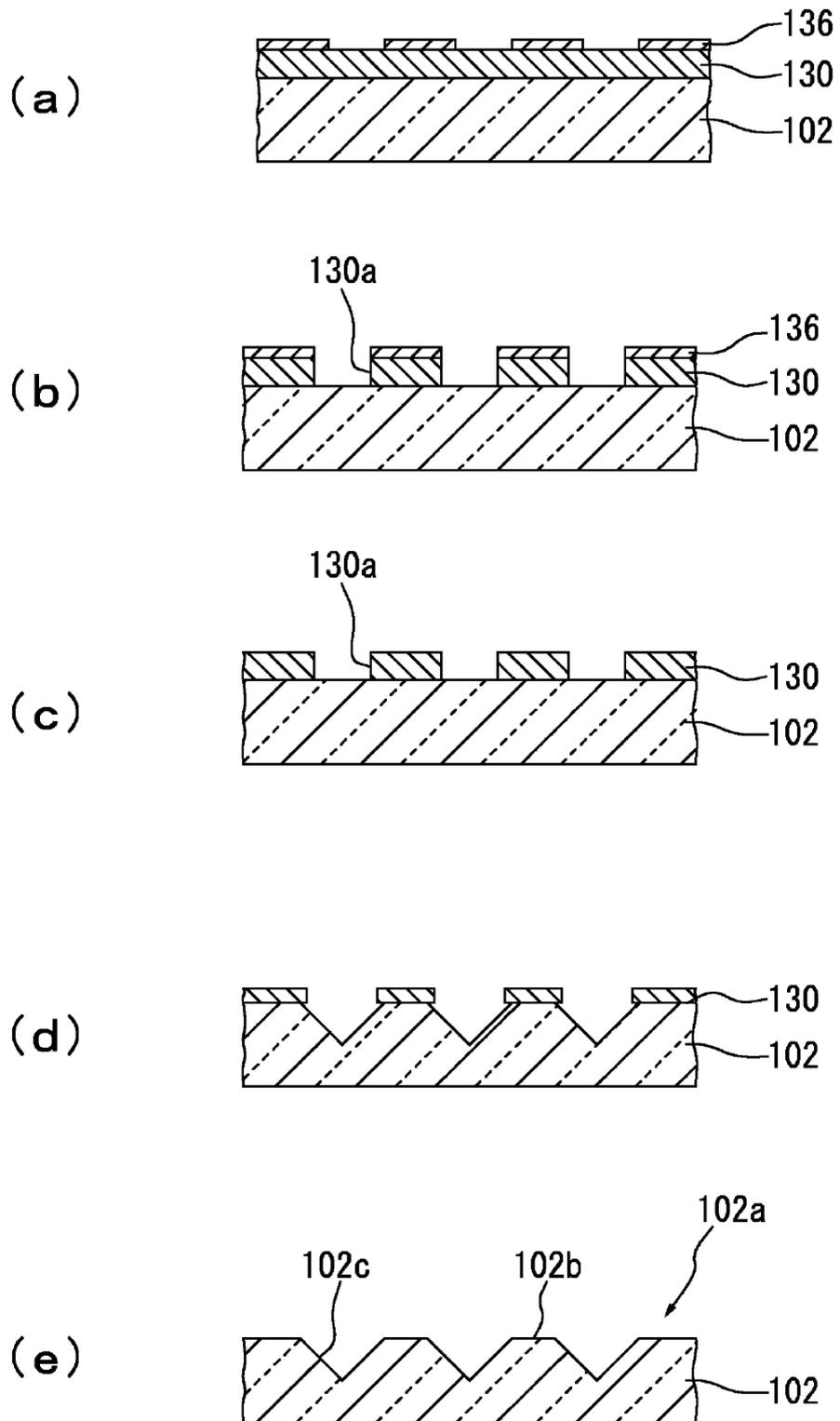


FIG. 17

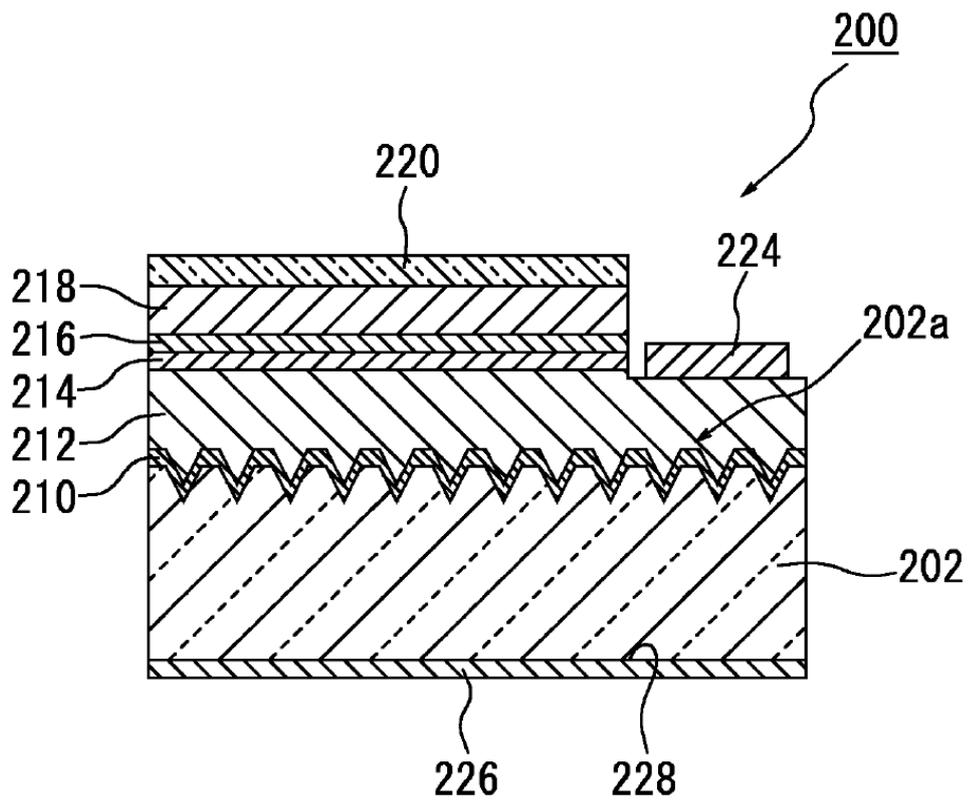


FIG. 18

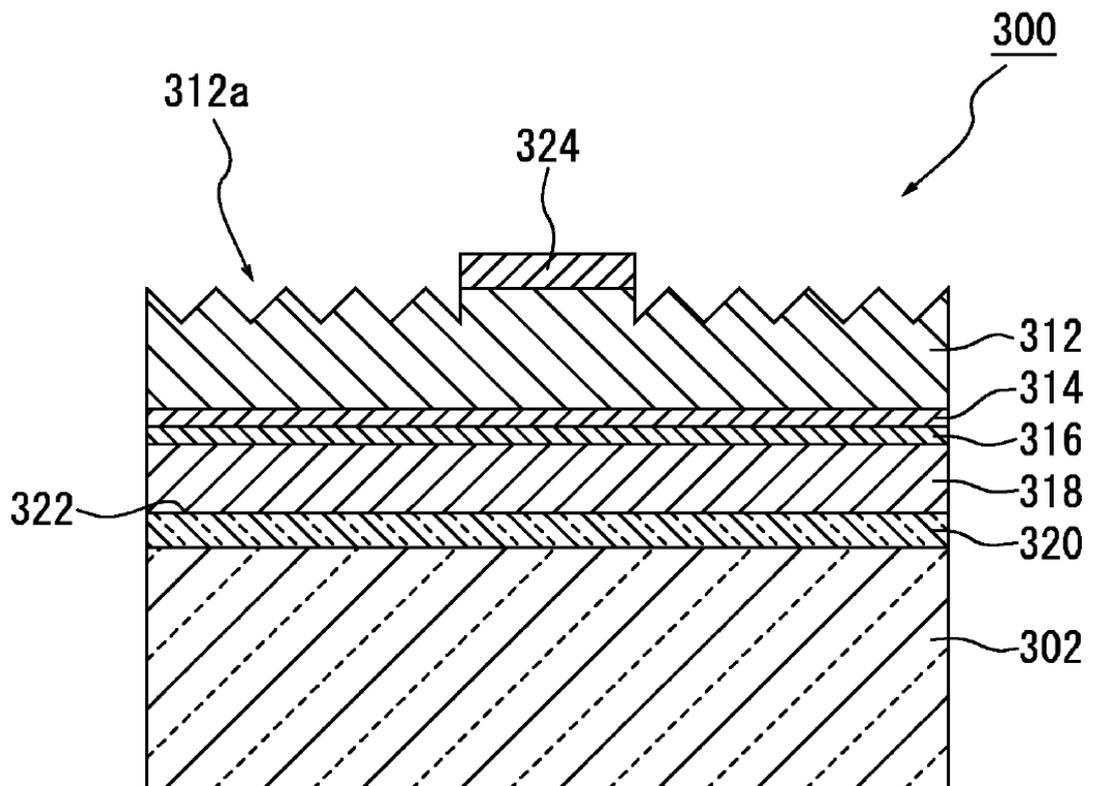


FIG. 19

