

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 639 733**

51 Int. Cl.:

H01L 21/78 (2006.01)

B23K 26/40 (2014.01)

B23K 26/06 (2014.01)

B28D 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.03.2003 E 11182633 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2017 EP 2400539**

54 Título: **Método de división de sustrato**

30 Prioridad:

12.03.2002 JP 2002067289

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

30.10.2017

73 Titular/es:

**HAMAMATSU PHOTONICS K.K. (100.0%)
1126-1, Ichino-cho Higashi-ku
Hamamatsu-shi, Shizuoka 435-8558, JP**

72 Inventor/es:

**FUJII, YOSHIMARO;
FUKUYO, FUMITSUGU;
FUKUMITSU, KENSHI y
UCHIYAMA, NAOKI**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 639 733 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de división de sustrato

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un método de división de sustrato usado para dividir un sustrato tal como un sustrato semiconductor en una etapa de fabricación de un dispositivo semiconductor o similar.

10 Antecedentes de la técnica

Ya que los dispositivos semiconductores se han ido reduciendo en los últimos años, hay casos en los que un sustrato semiconductor se adelgaza hasta un espesor de varias decenas de micrómetros en una etapa de fabricación de un dispositivo semiconductor. Por tanto, cuando se corta y se divide con una cuchilla un sustrato semiconductor adelgazado, se produce astillado y craqueo más que en el caso en el que un sustrato semiconductor es más grueso, causando de este modo un problema que disminuye el rendimiento de los chips semiconductores obtenidos dividiendo el sustrato semiconductor.

Los métodos de división de sustratos semiconductores que pueden resolver dicho problema son los descritos en la Solicitudes de Patentes Japonesas abiertas a la inspección pública N.º SHO 64-38209 y SHO 62-4341.

En los métodos descritos en estas publicaciones, un sustrato semiconductor que tiene una cara frontal formada con un dispositivo funcional está inscrito con una ranura por una cuchilla en el lado de la cara frontal, a continuación una hoja adhesiva está unida a la cara frontal, para mantener el sustrato semiconductor y la cara posterior del sustrato semiconductor es rectificadora hasta que se expone la ranura formada de antemano, adelgazando de este modo el sustrato semiconductor y dividiendo el sustrato semiconductor.

El documento EP1022778A1 describe un método de división de una oblea y un método de fabricación de un dispositivo semiconductor en el que las ranuras se forman en una superficie de una oblea, en el que los elementos semiconductores de la superficie se forman, a lo largo de líneas divisorias en cubos o líneas de separación de chips sobre la oblea. Las ranuras son más profundas que el espesor de un chip acabado. Una hoja de sujeción está unida en esa superficie de la oblea en la que se forman los elementos semiconductores. La superficie inferior de la oblea se lapa y se rectifica hasta el espesor del chip acabado, dividiendo de este modo la oblea en chips. Cuando la oblea se divide en chips, el lapeado y el rectificado continúan hasta que el espesor de la oblea se iguala al espesor del chip acabado, incluso después de que la oblea se haya dividido en chips por el lapeado y el rectificado.

Descripción de la Invención

Sin embargo, si el rectificado de la cara posterior del sustrato semiconductor se realiza mediante rectificado superficial en los métodos descritos en las publicaciones anteriormente mencionadas, puede producirse astillado y craqueo en las caras laterales de la ranura formada de antemano en el sustrato semiconductor cuando la cara superficie-ranura alcanza la ranura.

A la vista de tal circunstancia, es un objeto de la presente invención proporcionar un método de división de sustrato que pueda evitar que se produzca astillado y craqueo y adelgazar y dividir un sustrato.

Para conseguir el objeto anteriormente mencionado, el método de división de sustrato de acuerdo con la presente invención se define en la reivindicación 1.

En la etapa de rectificado del sustrato, se rectifica el sustrato de tal manera que el sustrato alcanza un espesor predeterminado después de que se forme la región de punto de partida para el corte. En el presente documento, incluso cuando la superficie del suelo alcanza la fractura generada desde la región de punto de partida para el corte que actúa como punto de inicio, las superficies de corte del sustrato cortadas por la fractura permanecen en estrecho contacto entre sí, mediante las cuales puede evitarse que el sustrato se astille y craquee después del rectificado.

Esto puede evitar que se produzca el astillado y craqueo y puede adelgazar y dividir el sustrato.

En el presente documento, el punto de convergencia de la luz se refiere a un emplazamiento en el que la luz láser es convergente. El rectificado abarca raspado, rectificado, grabado al aguafuerte químico y similares. La región de punto de partida para el corte se refiere a una región que pasa a ser un punto de inicio para el corte cuando se corta el sustrato. Por lo tanto, la región de punto de partida para el corte es una parte a cortar en la que se va a realizar el corte en el sustrato. La región de punto de partida para el corte puede producirse formando continuamente una región modificada o formando intermitentemente una región modificada.

El sustrato abarca sustratos semiconductores tales como sustratos de silicio y sustratos de GaAs. Ya que el sustrato puede rectificarse después de formar el dispositivo funcional, se obtiene, por ejemplo, un chip

adelgazado para ajustarse a un tamaño menor de un dispositivo semiconductor. En el presente documento, el dispositivo funcional se refiere a dispositivos receptores de luz tales como fotodiodos, dispositivos emisores de luz tales como diodos, dispositivos de circuito formados como circuitos, etc.

- 5 Preferentemente, la etapa de rectificar el sustrato incluye una etapa de someter la cara posterior del sustrato a un grabado al aguafuerte químico. Cuando la cara posterior del sustrato se somete a grabado al aguafuerte químico, la cara posterior del sustrato se vuelve más lisa de forma natural. También, ya que las superficies de corte del sustrato cortadas por la fractura generada desde la región de punto de partida para el corte que actúa como punto de inicio permanecen en estrecho contacto entre sí, solo las partes de borde en la cara posterior de las superficies de corte son grabadas al aguafuerte selectivamente, para ser achaflanadas. Esto puede mejorar la resistencia a la rotura transversal de los chips obtenidos dividiendo el sustrato y evitar que se produzca astillado y craqueo en los chips.

Breve descripción de los dibujos

- 15 La Figura 1 es una vista en planta de un objeto a procesar durante el procesamiento láser en el método de procesamiento láser de acuerdo con una realización de la presente invención;
 la Figura 2 es una vista en sección del objeto a procesar tomada a lo largo de la línea II-II de la Figura 1;
 la Figura 3 es una vista en planta del objeto a procesar después del procesamiento láser mediante el método de procesamiento láser de acuerdo con la realización;
 20 la Figura 4 es una vista en sección del objeto a procesar tomada a lo largo de la línea IV-IV de la Figura 3;
 la Figura 5 es una vista en sección del objeto a procesar tomada a lo largo de la línea V-V de la Figura 3;
 la Figura 6 es una vista en planta del objeto a procesar cortado por el método de procesamiento láser de acuerdo con la realización;
 la Figura 7 es un gráfico que muestra la relación entre la intensidad de campo eléctrico y el tamaño de punto de fisura en el método de procesamiento láser de acuerdo con la realización;
 25 la Figura 8 es una vista en sección del objeto a procesar en una primera etapa del método de procesamiento láser de acuerdo con la realización;
 la Figura 9 es una vista en sección del objeto a procesar en una segunda etapa del método de procesamiento láser de acuerdo con la realización;
 30 la Figura 10 es una vista en sección del objeto a procesar en una tercera etapa del método de procesamiento láser de acuerdo con la realización;
 la Figura 11 es una vista en sección del objeto a procesar en una cuarta etapa del método de procesamiento láser de acuerdo con la realización;
 la Figura 12 es una vista que muestra una fotografía de una sección de corte en una parte de una oblea de silicio cortada mediante el método de procesamiento láser de acuerdo con la realización;
 35 la Figura 13 es un gráfico que muestra las relaciones entre la longitud de onda de la luz láser y la transmitancia interna de un sustrato de silicio en el método de procesamiento láser de acuerdo con la realización;
 la Figura 14 es un diagrama esquemático del aparato de procesamiento láser de acuerdo con el Ejemplo 1;
 la Figura 15 es un diagrama de flujo para explicar el método de procesamiento láser de acuerdo con el Ejemplo 1;
 40 la Figura 16 es una vista que muestra el sustrato semiconductor después de una etapa de formar una región de punto de partida para el corte de acuerdo con el Ejemplo 1;
 la Figura 17 es una vista para explicar una etapa de unir una película protectora de acuerdo con el Ejemplo 1;
 la Figura 18 es una vista para explicar una etapa de rectificar el sustrato semiconductor de acuerdo con el Ejemplo 1;
 45 la Figura 19 es una vista para explicar una etapa de unir una película de expansión de acuerdo con el Ejemplo 1;
 la Figura 20 es una vista para explicar una etapa de pelar la película protectora de acuerdo con el Ejemplo 1;
 la Figura 21 es una vista para explicar una etapa de expandir la película de expansión y recoger los chips semiconductores de acuerdo con el Ejemplo 1;
 50 la Figura 22 es una vista que muestra los chaflanes formados en las partes de borde en el lado de la cara posterior de las superficies de corte de los chips semiconductores después de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor de acuerdo con el Ejemplo 1;
 la Figura 23A es una vista para explicar un caso en el que una región procesada fundida permanece en una superficie de corte de un chip semiconductor después de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor de acuerdo con el Ejemplo 1, mientras que una fractura alcanza la cara frontal antes de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor;
 55 la figura 23B es una vista para explicar un caso en el que una región procesada fundida permanece en una superficie de corte de un chip semiconductor después de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor de acuerdo con el Ejemplo 1, mientras que una fractura no alcanza la cara frontal antes de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor;
 60 la Figura 24A es una vista para explicar un caso en el que una región procesada fundida no permanece en una superficie de corte de un chip semiconductor después de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor de acuerdo con el Ejemplo 1, mientras que una fractura alcanza la cara frontal antes de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor;
 65 la Figura 24B es una vista para explicar un caso en el que una región procesada fundida no permanece en una superficie de corte de un chip semiconductor después de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor de

acuerdo con el Ejemplo 1, mientras que una fractura no alcanza la cara frontal antes de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor;

la Figura 25A es una vista para explicar un caso en el que una región procesada fundida permanece en una parte de borde en el lado de la cara posterior de una superficie de corte de un chip semiconductor después de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor de acuerdo con el Ejemplo 1, mientras que una fractura alcanza la cara frontal antes de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor;

la Figura 25B es una vista para explicar un caso en el que una región procesada fundida permanece en una parte de borde en el lado de la cara posterior de una superficie de corte de un chip semiconductor después de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor de acuerdo con el Ejemplo 1, mientras que una fractura no alcanza la cara frontal antes de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor;

la Figura 26A es una vista en sección de una parte marginal del sustrato semiconductor antes de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor de acuerdo con el Ejemplo 1;

la Figura 26B es una vista en sección de la parte marginal del sustrato semiconductor después de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor de acuerdo con el Ejemplo 1;

Mejores modos de realización de la invención

A continuación, se explicará en detalle una realización preferente de la presente invención con referencia a los dibujos. El método de división de sustratos de acuerdo con este método comprende las etapas de irradiar un sustrato con luz láser mientras que posiciona un punto de convergencia de luz dentro del sustrato, para formar una región modificada debido a la absorción multifotón dentro del sustrato, formando de este modo una región de punto de partida par el corte; y después rectificar el sustrato de tal manera que el sustrato alcance un espesor predeterminado.

En primer lugar, se explicará un método de procesamiento láser llevado a cabo en la etapa de formación de la región de punto de partida para el corte, un método de procesamiento láser llevado a cabo en la etapa de formación de la región de punto de partida para el corte, la absorción multifotón en particular.

Un material se vuelve ópticamente transparente si su banda de absorción EG es mayor que la energía de un fotón hv. Por lo tanto, la condición bajo la cual la absorción se produce en el material es $hv > EG$. Sin embargo, incluso cuando es ópticamente transparente, el material produce absorción en la condición de $hv > EG$ ($n = 2, 3, 4, \dots$) si la intensidad de luz láser es muy alta. Este fenómeno se conoce como absorción multifotón. En el caso de las ondas de pulso, la intensidad de la luz láser viene determinada por la densidad de potencia máxima (W/cm^2) de la luz láser en un punto de convergencia de luz del mismo. La absorción multifotón se produce, por ejemplo, a una densidad de potencia máxima (W/cm^2) de 1×10^8 (W/cm^2) o superior. La densidad de potencia máxima viene determinada por (energía por pulso de luz láser en el punto de convergencia de la luz)/(área transversal puntual del haz de luz láser por ancho de pulso). En el caso de una onda continua, la intensidad de la luz láser viene determinada por la intensidad del campo eléctrico (W/cm^2) de la luz láser en el punto de convergencia de la luz.

El principio de procesamiento láser de acuerdo con la realización que utiliza tal absorción multifotón se explicará con referencia a las Figuras 1 a 6. La Figura 1 es una vista en planta de un sustrato 1 durante el procesamiento láser; la Figura 2 es una vista en sección del sustrato 1 tomada a lo largo de la línea II-II de la Figura 1; la Figura 3 es una vista en planta del sustrato 1 después del procesamiento láser; la Figura 4 es una vista en sección del sustrato 1 tomada a lo largo de la línea IV-IV de la Figura 3; la Figura 5 es una vista en sección del sustrato 1 tomada a lo largo de la línea V-V de la Figura 3; y la Figura 6 es una vista en planta del sustrato cortado 1.

Como se muestra en las Figuras 1 y 2, la cara frontal 3 del sustrato 1 tiene una línea deseable 5 a lo largo de la cual el sustrato debe cortarse para cortar el sustrato 1. La línea 5 a lo largo de la cual debe cortarse el sustrato es una línea virtual que se extiende linealmente (el sustrato 1 también puede estar formado con una línea real que actúa como la línea 5 a lo largo de la cual debe cortarse el sustrato). En el procesamiento láser de acuerdo con la presente realización, el sustrato 1 es irradiado con luz láser L de tal manera que un punto de convergencia de la luz P se posiciona dentro del sustrato semiconductor 1 en una condición que provoca absorción multifotón, para formar una región modificada 7. En el presente documento, el punto de convergencia de la luz es un lugar donde la luz láser L es convergente.

La luz láser L se desplaza relativamente a lo largo de la línea 5 a lo largo de la cual debe cortarse el sustrato (en la dirección de la flecha A), para desplazar el punto de convergencia de la luz P a lo largo de la línea 5 a lo largo de la cual debe cortarse el sustrato. Esto forma la región modificada 7 a lo largo de la línea 5 a lo largo de la cual el sustrato debe cortarse solamente dentro del sustrato 1 como se muestra en las Figuras 3 a 5 y la región modificada 7 forma una región 8 de punto de partida para el corte (parte a cortar). En el método de procesamiento láser de acuerdo con la presente realización, no se forma ninguna región modificada 7 al calentar el sustrato 1 haciendo que el sustrato 1 absorba la luz láser L. En su lugar, la luz láser L se transmite a través del sustrato semiconductor 1, para generar absorción multifotón dentro del sustrato semiconductor 1, formando de este modo la región modificada 7. Por lo tanto, la luz láser L es difícilmente absorbida por la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1, por lo que la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1 no se funde.

Si existe un punto de inicio en un emplazamiento para cortar cuando se corta el sustrato 1, el sustrato 1 se fractura desde este punto de inicio y por tanto puede cortarse con una fuerza relativamente pequeña como se muestra en la Figura 6. Esto hace posible cortar el sustrato 1 sin generar fracturas innecesarias en la cara frontal 3 del sustrato 1.

- 5 Parece que hay las siguientes dos formas de cortar el sustrato desde la región de punto de partida para el corte que actúa como punto de inicio. El primer caso es donde, después de formar la región de punto de partida para el corte, se aplica una fuerza artificial al sustrato, de modo que el sustrato se fractura desde la región de punto de inicio para el corte que actúa como punto de inicio, a través del cual se corta el sustrato. Este es el corte en el caso en el que el sustrato tiene un gran espesor, por ejemplo. La aplicación de una fuerza artificial abarca la aplicación de esfuerzo de flexión y esfuerzo de cizallamiento a lo largo de la región de punto de partida para el corte del sustrato, y el ejercicio de una diferencia de temperatura sobre el sustrato para generar tensión térmica, por ejemplo. El otro caso es donde se forma una región de punto de partida para el corte, de manera que el sustrato se fractura naturalmente en una dirección transversal (dirección del espesor) del sustrato desde la región de punto de partida para el corte que actúa como punto de inicio, a través del cual se corta el sustrato. Esto se logra, por ejemplo, formando la región de punto de partida para el corte por una única fila de regiones modificadas cuando el sustrato tiene un espesor pequeño y por una pluralidad de filas de regiones modificadas alineadas en la dirección del espesor cuando el sustrato tiene un gran espesor. Incluso en el caso de fracturación natural, las fracturas no se extienden hasta la cara frontal en un emplazamiento no formado con la región de punto de partida para el corte en la parte a cortar, por lo que solo la parte correspondiente al emplazamiento formado con la región de punto de partida para el corte puede fracturarse. Por lo tanto, la fractura puede ser regulada bien. Tal método de fracturación con controlabilidad favorable es bastante eficaz, ya que los sustratos semiconductores tales como obleas de silicio han sido recientemente aptos para volverse más delgados.

La región modificada formada por absorción multifotón en este ejemplo incluye los siguientes casos (1) a (3). Los casos (1) y (3) no se refieren a la presente invención:

(1) Caso en que la región modificada es una región de fisura que incluye una o una pluralidad de fisuras

Se irradia un sustrato (por ejemplo, vidrio o un material piezoeléctrico fabricado con LiTaO₃) con luz láser mientras que un punto de convergencia de luz se posiciona dentro del mismo en una condición con una intensidad de campo eléctrico de al menos 1×10^8 (W/cm²) en el punto de convergencia de la luz y un ancho de pulso de 1 μ s o menos. Esta anchura de pulso es una condición bajo la cual se puede formar una región de fisura solamente dentro del sustrato mientras se genera absorción multifotón sin causar daños innecesarios al sustrato. Esto genera un fenómeno de daño óptico debido a la absorción multifotón dentro del sustrato. Este daño óptico induce distorsión térmica dentro del sustrato, formando de este modo una región de fisura en su interior. El límite superior de la intensidad de campo eléctrico es 1×10^{12} (W/cm²), por ejemplo. El ancho de pulso es preferentemente de 1 ns a 200 ns, por ejemplo. La formación de una región de fisura debido a la absorción multifotón se describe, por ejemplo, en "Internal Marking of Glass Substrate by Solid-state Laser Harmonics", Actas de la 45ª conferencia de procesamiento de material láser (diciembre de 1998), págs. 23-28.

Los inventores determinaron la relación entre la intensidad del campo eléctrico y la magnitud de la fisura mediante un experimento. La condiciones para el experimento son las siguientes:

- (A) Sustrato: vidrio Pyrex (marca comercial registrada) (que tiene un espesor de 700 μ m)
 (B) Láser

Fuente de luz: láser semiconductor de bombeo
 láser Nd:YAG
 Longitud de onda: 1064 nm
 Área transversal puntual de luz láser: $3,14 \times 10^{-8}$ cm²
 Modo de oscilación: pulso Q-switch
 Frecuencia de repetición: 100 kHz
 Ancho de pulso: 30 ns
 Salida: salida < 1 mJ/pulso
 Calidad de la luz láser: TEM₀₀
 Características de polarización: polarización lineal

- (C) Lente de convergencia de la luz
 Transmitancia con respecto a la longitud de onda de luz láser: 60 %
 (D) Velocidad de desplazamiento de una mesa de montaje que monta el sustrato: 100 mm/seg

En el presente documento, la calidad de la luz láser que es TEM₀₀ indica que la convergencia de la luz es tan alta que la luz puede converger hasta aproximadamente la longitud de onda de la luz láser.

La Figura 7 es un gráfico que muestra los resultados del experimento anteriormente mencionado. La abscisa indica la densidad de potencia máxima. Ya que la luz láser es luz láser de pulso, su intensidad de campo eléctrico está

representada por la densidad de potencia máxima. La ordenada indica el tamaño de una parte de la fisura (punto de fisura) formada dentro del sustrato procesado por un pulso de luz láser. los puntos de fisura se reúnen, para formar una región de fisura. El tamaño de un punto de fisura se refiere al de la parte de las dimensiones del punto de fisura que produce la longitud máxima. Los datos indicados con círculos negros en el gráfico se refieren a un caso en el que la lente de convergencia de la luz (C) tiene un aumento de x 100 y una abertura numérica (AN) de 0,80. Por otra parte, los datos indicados con círculos blancos en el gráfico se refieren a un caso en el que la lente de convergencia de la luz (C) tiene un aumento de x 50 y una abertura numérica (AN) de 0,55. Se observa que comienzan a producirse puntos de fisura dentro del sustrato cuando la densidad de potencia máxima alcanza aproximadamente 1011 (W/cm²) y se hacen mayores a medida que disminuye la densidad de potencia máxima.

Un mecanismo mediante el cual se corta el sustrato tras la formación de una región de fisura en el procesamiento láser de acuerdo con la presente realización se explicará con referencia a las Figuras 8 a 11. Como se muestra en la Figura 8, el sustrato 1 es irradiado con luz láser L mientras que posiciona el punto de convergencia de la luz P dentro del sustrato 1 en una condición en la que se produce la absorción multifotón, para formar una región de fisura 9 dentro del mismo a lo largo de la línea a lo largo de la cual debe cortarse el sustrato. La región de fisura 9 es una región que incluye uno o una pluralidad de puntos de fisura. La región de fisura 9 forma una región de punto de partida para el corte. Como se muestra en la Figura 9, la fisura crece adicionalmente mientras se usa la región de fisura 9 como punto de inicio (es decir, usando la región de punto de partida para el corte como punto de inicio). Como se muestra en la Figura 10, la fisura alcanza la cara frontal 3 y la cara posterior 21 del sustrato 1. Como se muestra en la Figura 11, el sustrato 1 se rompe, para ser cortado. La fisura que alcanza la cara frontal y la cara posterior del sustrato puede crecer naturalmente o crecer cuando se aplica una fuerza al sustrato.

(2) Caso en el que la región modificada es una región procesada fundida

Se irradia un sustrato (por ejemplo, un material semiconductor tal como silicio) con luz láser mientras que un punto de convergencia de luz se posiciona dentro del mismo en una condición con una intensidad de campo eléctrico de al menos 1×10^8 (W/cm²) en el punto de convergencia de la luz y un ancho de pulso de 1 μ s o menos. Como consecuencia, el interior del sustrato se calienta localmente por absorción multifotón. Este calentamiento forma una región procesada fundida dentro del sustrato. La región procesada fundida se refiere a una región una vez fundida y luego re-solidificada, una región justo en estado fundido o una región en el procedimiento de re-solidificación desde su estado fundido, y también puede definirse como una región de cambio de fase o una región que ha cambiado su estructura cristalina. La región procesada fundida también puede considerarse como una región en la que una cierta estructura se ha transformado en otra estructura en estructuras monocristal, amorfas y policristalinas. Es decir, se refiere a una región en la que una estructura monocristal se ha transformado en una estructura amorfa, una región en la que una estructura monocristal se ha transformado en una estructura policristalina y una región en la que una estructura monocristal se ha transformado en una estructura que incluye una estructura amorfa y una estructura policristalina, por ejemplo. Cuando el sustrato es una estructura monocristal de silicio, la región procesada fundida es una estructura de silicio amorfo, por ejemplo. El límite superior de la intensidad de campo eléctrico es 1×10^{12} (W/cm²), por ejemplo. El ancho de pulso es preferentemente de 1 ns a 200 ns, por ejemplo.

Mediante un experimento, los inventores han verificado que se forma una región procesada fundida dentro de una oblea de silicio.

La condiciones para el experimento son las siguientes:

- (A) Sustrato: oblea de silicio (que tiene un espesor de 350 μ m y un diámetro exterior de 10,2 cm (4 pulgadas))
- (B) Láser

Fuente de luz: láser semiconductor de bombeo
 láser Nd:YAG
 Longitud de onda: 1064 nm
 Área transversal puntual de luz láser: $3,14 \times 10^{-8}$ cm²
 Modo de oscilación: pulso Q-switch
 Frecuencia de repetición: 100 kHz
 Ancho de pulso: 30 ns
 Salida: 20 μ J/pulso
 Calidad de la luz láser: TEM00
 Características de polarización: polarización lineal

- (C) Lente de convergencia de la luz
 Aumento: x50
 AN: 0,55

Transmitancia con respecto a la longitud de onda de luz láser: 60 %

- (D) Velocidad de desplazamiento de un mesa de montaje que monta el sustrato: 100 mm/seg

La Figura 12 es una vista que muestra una fotografía de una sección de corte en una parte de una oblea de silicio cortada por procesamiento láser en las condiciones anteriormente mencionadas. Se forma una región 13 procesada fundida dentro de una oblea 11 de silicio. El tamaño de la región 13 procesada fundida formada en las condiciones anteriormente mencionadas es de aproximadamente 100 μm en la dirección del espesor.

5 Se explicará el hecho de que la región 13 procesada fundida se forme por absorción multifotón. La Figura 13 es un gráfico que muestra las relaciones entre la longitud de onda de la luz láser y la transmitancia dentro del sustrato de silicio. En el presente documento, se eliminan los respectivos componentes reflectantes en el lado de la cara frontal y en el lado de la cara posterior del sustrato de silicio, por lo que solo se representa la transmitancia dentro de la misma. Las relaciones anteriormente mencionadas se muestran en los casos en los que el espesor t del sustrato de silicio sea de 50 μm , 100 μm , 200 μm , 500 μm y 1000 μm , respectivamente.

15 Por ejemplo, se observa que la luz láser transmite a través del sustrato de silicio en al menos un 80 % a 1064 nm, donde está situada la longitud de onda del láser Nd: YAG, cuando el sustrato de silicio tiene un espesor de 500 μm o menos. Ya que la oblea 11 de silicio mostrada en la Figura 12 tiene un espesor de 350 μm , la región 13 procesada fundida debido a la absorción multifotón se forma cerca del centro de la oblea de silicio, es decir, en una parte separada de la cara frontal por 175 μm . La transmitancia en este caso es 90 % o mayor con referencia a una oblea de silicio que tiene un espesor de 200 μm , por lo que la luz láser es absorbida solo ligeramente dentro de la oblea 11 de silicio y se transmite sustancialmente a través de la misma. Esto significa que la región 13 procesada fundida no se forma por absorción de luz láser dentro de la oblea 11 de silicio (es decir, no se forma por calentamiento usual con luz láser), sino por absorción multifotón. La formación de una región procesada fundida por absorción multifotón se describe, por ejemplo, en "Processing Characteristic Evaluation of Silicon by Picosecond Laser", pre-publicación del encuentro nacional de la sociedad de soldadura de Japón, n.º 66 (abril de 2000), págs 72-73.

25 En el presente documento, se genera una fractura en la dirección transversal mientras se usa una región procesada fundida como punto de inicio, por lo que la oblea de silicio se corta cuando la fractura alcanza la cara frontal y la cara posterior de la oblea de silicio. La fractura que alcanza la cara frontal y la cara posterior de la oblea de silicio puede crecer naturalmente o crecer cuando se aplica una fuerza a la oblea de silicio. La fractura crece naturalmente desde la región de punto de partida para cortar a la cara frontal y a la cara posterior de la oblea de silicio en cualquiera de los casos en los que la fractura crece desde la región procesada fundida en un estado fundido y en los que la fractura crece desde la región procesada fundida en el procedimiento de re-solidificación desde el estado fundido. En cualquiera de estos casos, la región procesada fundida se forma solamente dentro de la oblea de silicio. En la sección de corte después de cortar, la región procesada fundida se forma solamente dentro de la misma como se muestra en la Figura 12. Cuando se forma una región procesada fundida dentro del sustrato, las fracturas innecesarias que se desvían desde una línea a lo largo de la cual debe cortarse el sustrato son difíciles de que se produzcan en el momento de la fractura, lo que facilita el control de la fractura.

(3) Caso en el que la región modificada es una región de cambio del índice de refracción (no referida a la invención).

40 Se irradia un sustrato (por ejemplo vidrio) con luz láser mientras que un punto de convergencia de luz se posiciona dentro del mismo en una condición con una intensidad de campo eléctrico de al menos 1×10^8 (W/cm²) en el punto de convergencia de la luz y un ancho de pulso de 1 ns o menos. Cuando se genera absorción multifotón dentro del sustrato con un ancho de pulso muy corto, la energía causada por la absorción multifotón no se transforma en energía térmica, de modo que se induce un cambio estructural permanente tal como cambio de valencia iónica, cristalización u orientación de polarización dentro del sustrato, por lo que se forma una región de cambio del índice de refracción. El límite superior de la intensidad de campo eléctrico es 1×10^{12} (W/cm²), por ejemplo. El ancho de pulso es preferentemente 1 ns o menos, más preferentemente 1 ps o menos, por ejemplo. La formación de una región de cambio del índice de refracción por absorción multifotón se describe, por ejemplo, en "Formation of Photoinduced Structure within Glass by Femtosecond Laser Irradiation", Actas de la 42ª conferencia de procesamiento de materiales láser (noviembre de 1997), págs 105-111.

Los casos de (1) a (3) se explican como regiones modificadas formadas por absorción multifotón en lo anterior. Cuando una región de punto de partida para el corte se forma como sigue en vista de la estructura cristalina del sustrato, su propiedad de escisión y similares, el sustrato se puede cortar con una fuerza menor y una mayor precisión mientras se usa la región de punto de partida para el corte como punto de inicio.

60 Es decir, en el caso de un sustrato hecho de un semiconductor monocristalino que tiene una estructura de diamante tal como silicio, la región de punto de partida para el corte se forma preferentemente en una dirección a lo largo del plano (111) (primer plano de escisión) o plano (110) (segundo plano de escisión). En el caso de un sustrato hecho de un semiconductor de un compuesto de la familia III-V que tiene una estructura tipo zinc tal como GaAs, la región de punto de partida para el corte se forma preferentemente en una dirección a lo largo del plano (110). En el caso de un sustrato que tiene una estructura cristalina hexagonal tal como zafiro (Al₂O₃), una región de punto de partida para el corte se forma preferentemente en una dirección a lo largo del plano (1120) (plano A) o plano (1100) (plano M) mientras se usa el plano (0001) (plano C) como plano principal.

65 Cuando el sustrato se forma con una orientación plana a lo largo de una dirección a formar con la región de punto de

partida para el corte (por ejemplo, en una dirección a lo largo del plano (111) en el sustrato de silicio monocristal) o una dirección ortogonal a la dirección a formar con la región de punto de partida para el corte, la región de punto de partida para el corte que se extiende a lo largo de la dirección a formar con la región de punto de partida para el corte puede formarse en el sustrato de una manera fácil y precisa con referencia a la orientación plana.

5

A continuación, la presente invención se explicará más específicamente con referencia a los Ejemplos.

Ejemplo 1

10 Se explicará el Ejemplo 1 del método de división de sustrato de acuerdo con la presente invención. El ejemplo 1 se refiere a un caso en el que el sustrato 1 es una oblea de silicio (que tiene un espesor de 350 μm y un diámetro exterior de (10,2 cm (4 pulgadas)) (el "sustrato 1" se denominará en lo sucesivo en el presente documento "sustrato semiconductor 1" en el Ejemplo 1), mientras que la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1 está formada con una pluralidad de dispositivos funcionales en un procedimiento de fabricación de dispositivos.

15

En primer lugar, antes de explicar una etapa de formación de una región de punto de partida para el corte dentro del sustrato semiconductor 1, se explicará un aparato de procesamiento láser empleado en la etapa de formación de una región de punto de partida para el corte con referencia a la Figura 14. La Figura 14 es un diagrama esquemático del aparato 100 de procesamiento láser.

20

El aparato 100 de procesamiento láser comprende una fuente 101 de luz láser para generar luz láser L; Un controlador 102 de fuente de luz láser para controlar la fuente 101 de luz láser para regular la salida, la anchura de pulso, etc., de la luz láser L y similares; un espejo dicróico 103, dispuesto para cambiar la orientación del eje óptico de la luz láser L en 90°; que tiene una función de reflejar la luz láser L; una lente 105 de convergencia de luz para converger la luz láser L reflejada por el espejo dicróico 103; una mesa de montaje 107 para montar un sustrato semiconductor 1 irradiado con la luz láser L convergente por la lente 105 de convergencia de la luz; una etapa 109 de eje X para mover la mesa de montaje 107 en la dirección del eje X; una etapa 111 de eje Y para mover la mesa de montaje 107 en la dirección del eje Y ortogonal a la dirección del eje X; una etapa 113 de eje Z para mover la mesa de montaje 107 en la dirección del eje Z ortogonal a las direcciones de los ejes X e Y; y un controlador 115 de etapa para controlar el movimiento de estas tres etapas 109, 111 y 113.

25

La dirección del eje Z es una dirección ortogonal a la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1 y, por tanto, se convierte en la dirección de profundidad focal de la luz láser L incidente sobre el sustrato semiconductor 1. Por lo tanto, mover la etapa 113 del eje Z en la dirección del eje Z puede posicionar el punto de convergencia de la luz P de la luz láser L dentro del sustrato semiconductor 1. Este movimiento del punto de convergencia de la luz P en la dirección del eje X(Y) se efectúa moviendo el sustrato semiconductor 1 en la dirección del eje X(Y) por la etapa 109 (111) del eje X(Y).

30

La fuente 101 de luz láser es un láser Nd:YAG que genera luz láser de pulso. Otros tipos de láser utilizables como la fuente 101 de la luz láser incluyen el láser Nd:YVO₄, láser Nd:YLF y láser de zafiro de titanio. Para la formación de una región procesada fundida, se emplean preferentemente el láser Nd:YAG, láser Nd:YVO₄ y láser Nd:YLF. Aunque la luz láser de pulso se usa para procesar el sustrato semiconductor 1 en el Ejemplo 1, se puede usar luz láser de onda continua siempre que pueda darse absorción multifotón.

35

El aparato 100 de procesamiento láser comprende adicionalmente una fuente 117 de luz de observación para generar un haz de luz visible para irradiar el sustrato semiconductor 1 montado sobre la mesa de montaje 107 y un divisor 119 de rayos de luz visible dispuesto sobre el mismo eje óptico que el del espejo dicróico 103 y la lente 105 de convergencia de luz. El espejo dicróico 103 se dispone entre el divisor de rayos 119 y la lente 105 de convergencia de luz. El divisor de rayos 119 tiene una función de reflejar aproximadamente la mitad de un haz de luz visual y transmitir la mitad restante a través del mismo, y está dispuesto de manera que cambia la orientación del eje óptico del haz de luz visual en 90°. Aproximadamente una media del haz de luz visible generado desde la fuente 117 de luz de observación se refleja por el divisor de rayos 119, y por tanto, el haz de luz visible reflejado se transmite a través del espejo dicróico 103 y la lente 105 de convergencia de luz, para iluminar la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1 incluyendo la línea 5 a lo largo de la cual el sustrato debe cortarse y similares.

40

El aparato 100 de procesamiento láser comprende además un dispositivo 121 de captación de imágenes y una lente 123 de formación de imágenes que están dispuestos en el mismo eje óptico que el del divisor de rayos 119, el espejo dicróico 103 y la lente 105 de convergencia de la luz. Un ejemplo del dispositivo 121 de captación de imágenes es una cámara CCD. La luz reflejada del haz de luz visual que ha iluminado la cara frontal 3 incluyendo la línea 5 a lo largo de la cual el sustrato debe cortarse y similares se transmite a través de la lente 105 de convergencia de la luz, el espejo dicróico 103, y el divisor de rayos 119 y forma una imagen por medio de la lente 123 de formación de imágenes, mientras que la imagen formada de este modo es capturada por el dispositivo 121 de captación de imágenes, para producir datos de formación de imágenes.

45

50

El aparato 100 de procesamiento láser comprende además un procesador 125 de datos de formación de imágenes para introducir los datos de formación de imágenes emitidos desde el dispositivo 121 de captación de imágenes, un

55

controlador global 127 para controlar el aparato 100 de procesamiento láser como un todo y un monitor 129. De acuerdo con los datos de formación de imágenes, el procesador 125 de datos de formación de imágenes calcula los datos del punto focal para posicionar el punto focal de la luz visible generada desde la fuente 117 de luz de observación sobre la cara frontal 3. De acuerdo con los datos del punto focal, el controlador 115 de etapa controla el movimiento de la etapa 113 de eje Z, de modo que el punto focal de luz visible esté posicionado en la cara frontal 3. Por lo tanto, el procesador 125 de datos de formación de imágenes funciona como una unidad de enfoque automático. También, de acuerdo con los datos de formación de imágenes, el procesador 125 de datos de formación de imágenes calcula los datos de formación de imágenes tales como una imagen ampliada de la cara frontal 3. Los datos de las imágenes se envían al controlador global 127, sometido a diversos tipos de procesamiento en el mismo, y luego se envían al monitor 129. Como consecuencia, se muestra una imagen ampliada en el monitor 129.

Los datos del controlador 115 de etapa, datos de imágenes del procesador 125 de datos de formación de imágenes y similares se introducen en el controlador global 127. De acuerdo con estos datos también, el controlador global 127 regula el controlador 102 de fuente de luz láser, la fuente 117 de luz de observación y el controlador 115 de etapa, controlando de este modo el aparato 100 de procesamiento láser como un todo. Por lo tanto, el controlador global 127 funciona como una unidad de control.

Con referencia a las Figuras 14 y 15, se explicará una etapa de formación de una región de punto de partida para el corte en el caso usando el aparato 100 de procesamiento láser anteriormente mencionado. La Figura 15 es un diagrama de flujo para explicar la etapa de formación de una región de punto de partida para el corte.

Las características de absorción de luz del sustrato semiconductor 1 se determinan mediante un espectrofotómetro o similares, el cual no está representado. De acuerdo con los resultados de la medición, se elige una fuente 101 de luz láser que genera luz láser L que tiene una longitud de onda a la cual el sustrato semiconductor 1 es transparente o muestra una baja absorción (S101). Posteriormente, se mide el espesor del sustrato semiconductor 1. De acuerdo con el resultado de la medición del espesor y el índice de refracción del sustrato semiconductor 1, se determina la cantidad de movimiento del sustrato semiconductor 1 en la dirección del eje Z (S103). Esta es una cantidad de movimiento del sustrato semiconductor 1 en la dirección del eje Z con referencia al punto de convergencia de la luz P de la luz láser L posicionado en la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1 con el fin de que el punto de convergencia de la luz P de la luz láser L se posicione dentro del sustrato semiconductor 1. Esta cantidad de movimiento se introducirá en el controlador global 127.

El sustrato semiconductor 1 se monta sobre la mesa de montaje 107 del aparato 100 de procesamiento láser. Posteriormente, se genera luz visible a partir de la fuente 117 de luz de observación, para iluminar el sustrato semiconductor 1 (S105). La cara 3 iluminada frontal del sustrato semiconductor 1 incluyendo la línea 5 a lo largo de la cual el sustrato debe cortarse es capturada por el dispositivo 121 de captación de imágenes. La línea 5 a lo largo de la cual el sustrato debe cortarse es una línea virtual deseable para cortar el sustrato semiconductor 1. En el presente documento, con el fin de evitar obtener chips semiconductores dividiendo el sustrato semiconductor 1 en los dispositivos funcionales formados sobre su cara frontal 3, la línea 5 a lo largo de la cual el sustrato debe cortarse se fija como una rejilla que discurre entre los dispositivos funcionales adyacentes entre sí. Los datos de formación de imágenes capturados por el dispositivo 121 de formación de imágenes se envían al procesador 125 de datos de formación de imágenes. De acuerdo con los datos de formación de imágenes, el procesador 125 de datos de formación de imágenes calcula dichos datos de punto focal en el que el punto focal de la luz visible de la fuente 117 de luz de observación se posiciona en la cara frontal 3 (S107).

Los datos del punto focal se envían al controlador 115 de etapa. De acuerdo con los datos del punto focal, el controlador 115 de etapa mueve la etapa 113 del eje Z en la dirección del eje Z (S109). Como consecuencia, el punto focal de luz visible de la fuente 117 de luz de observación está situado en la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1. De acuerdo con los datos de formación de imágenes, el procesador 125 de datos de formación de imágenes calcula los datos de formación de imágenes ampliadas de la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1 que incluye la línea 5 a lo largo de la cual debe cortarse el sustrato. Los datos de imágenes ampliadas se envían al monitor 129 por medio del controlador global 127, por lo que una imagen ampliada de la línea 5 a lo largo de la cual debe cortarse el sustrato y su vecindad se muestra en el monitor 129.

Los datos de cantidad de movimiento determinados en la etapa S103 se han introducido de antemano en el controlador global 127 y se envían al controlador 115 de etapa. De acuerdo con los datos de cantidad de movimiento, el controlador 115 de etapa hace que la etapa 113 de eje Z mueva el sustrato 1 en la dirección del eje Z hasta una posición en la que el punto de convergencia de la luz P de la luz láser L esté posicionado dentro del sustrato semiconductor 1 (S111).

Posteriormente, la luz láser L se genera desde la fuente 101 de luz láser, para irradiar la línea 5 a lo largo de la cual el sustrato debe cortarse en la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1. Después, la etapa 109 del eje X y la etapa 111 del eje Y se desplazan a lo largo la línea 5 a lo largo de la cual el sustrato debe cortarse, para formar una región procesada fundida en la línea 5 a lo largo de la cual el sustrato debe cortarse, formando de este modo una región de punto de partida para el corte dentro del sustrato semiconductor 1 en la línea 5 a lo largo de la cual debe cortarse el sustrato (S113).

Lo anterior completa la etapa de formar una región de punto de partida para el corte, formando de este modo la región de punto de partida para el corte dentro del sustrato semiconductor 1. Cuando se forma la región de punto de partida para el corte dentro del sustrato semiconductor 1, se genera una fractura en la dirección del espesor del sustrato semiconductor 1 desde la región de punto de partida para el corte que actúa como punto de inicio naturalmente o con una fuerza relativamente pequeña ejercida sobre el mismo.

En el Ejemplo 1, la región de punto de partida para el corte se forma en una posición próxima al lado de la cara frontal 3 dentro del sustrato semiconductor 1 en la etapa anteriormente mencionada de formar una región de punto de partida para el corte y se genera una fractura en la dirección del espesor del sustrato semiconductor 1 desde la región de punto de partida para el corte que actúa como punto de inicio. La Figura 16 es una vista que muestra el sustrato semiconductor 1 después de que se forma la región de punto de partida para el corte. Como se muestra en la Figura 16, las fracturas 15 generadas desde la región de punto de partida para el corte que actúa como punto de inicio se forman como una rejilla a lo largo de las líneas a cortar y alcanzan solamente la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1 pero no su cara posterior 21. Es decir, las fracturas 15 generadas en el sustrato semiconductor 1 separan una pluralidad de dispositivos funcionales 19 formados como una matriz en la cara frontal del sustrato semiconductor 1 entre sí. Las superficies de corte del sustrato semiconductor 1 cortadas por las fracturas 15 están en estrecho contacto entre sí.

En el presente documento, "la región de punto de partida para el corte se forma en una posición próxima al lado de la cara frontal 3 dentro del sustrato semiconductor 1" significa que una región modificada tal como una región procesada fundida que constituye una región de punto de partida para el corte se forma para desplazarse desde la posición central en la dirección del espesor del sustrato semiconductor 1 (es decir, posición de medio espesor) hacia la cara frontal 3. Es decir, se refiere a un caso en el que la posición central de la anchura de la región modificada en la dirección del espesor del sustrato semiconductor 1 es desplazada hacia la cara frontal 3 desde la posición central en la dirección del espesor del sustrato semiconductor 1 y no está limitada al caso en el que la región modificada entera esté situada en el lado de la cara frontal 3 desde la posición central en la dirección del espesor del sustrato semiconductor 1.

La etapa de rectificar el sustrato semiconductor 1 se explicará con referencia a las Figuras 17 a 21. Las Figuras 17 a 21 son vistas para explicar las etapas respectivas que incluyen la etapa de rectificar el sustrato semiconductor. En el Ejemplo 1, el sustrato semiconductor 1 se adelgaza desde el espesor de 350 µm hasta un espesor de 50 µm.

Como se muestra en la Figura 17, una película protectora 20 se fija a la cara frontal 3 del sustrato semiconductor después de que se forma la región de punto de partida para el corte. La película protectora 20 se usa para proteger los dispositivos funcionales 19 formados en la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1 y que mantienen el sustrato semiconductor 1. Posteriormente, como se muestra en la Figura 18, la cara posterior 21 del sustrato semiconductor 1 se somete a rectificado superficial y a continuación a grabado al agua fuerte químico, por lo que el sustrato semiconductor 1 se adelgaza hasta el espesor de 50 µm. Como consecuencia, es decir, debido al rectificado de la cara posterior 21 del sustrato semiconductor 1, la cara posterior 21 alcanza las fracturas 15 generadas desde la región de punto de partida para el corte que actúa como punto de inicio, por lo que el sustrato semiconductor 1 está dividido en chips semiconductores 25 que tienen los respectivos dispositivos funcionales 19. Ejemplos del grabado al agua fuerte químico incluyen grabado al agua fuerte en húmedo (HF·HNO₃) y grabado al agua fuerte con plasma (HBr·Cl₂).

Después, como se muestra en la Figura 19, se fija una película de expansión 23 para cubrir las caras posteriores de todos los chips semiconductores 25. A continuación, como se muestra en la Figura 20, la película protectora 20 fijada para cubrir los dispositivos funcionales de todos los chips semiconductores 25 se desprende. Posteriormente, como se muestra en la Figura 21, la película de expansión 23 se expande, de modo que los chips semiconductores 25 se separan entre sí, y una placa 27 metálica circular de succión recoge los chips semiconductores 25.

Como se ha explicado anteriormente, el método de división del sustrato de acuerdo con el Ejemplo 1 puede rectificar la cara posterior 21 del sustrato semiconductor 1 después de formar los dispositivos funcionales 19 en la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1 en el procedimiento de fabricación del dispositivo. También, debido a los siguientes efectos expuestos respectivamente por la etapa de formar una región de punto de partida para el corte y la etapa de rectificar el sustrato semiconductor, los chips semiconductores 25 adelgazados para responder al tamaño más pequeño de dispositivos semiconductores pueden obtenerse con un rendimiento favorable.

Es decir, la etapa de formar una región de punto de partida para el corte puede evitar fracturas innecesarias y la fusión desviada de una línea deseable a lo largo de la cual debe cortarse el sustrato para cortar el sustrato semiconductor 1 y, por tanto, evitar que se produzcan fracturas innecesarias y fusión en los chips semiconductores 25 obtenidos dividiendo el sustrato semiconductor 1.

La etapa de formación de una región de punto de partida para el corte no funde la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1 en la línea a lo largo de la cual el sustrato debe cortarse y, por tanto, puede estrechar el hueco entre los dispositivos funcionales 19 adyacentes entre sí, haciendo posible de este modo aumentar el número de chips semiconductores 25 separados de un sustrato semiconductor 1.

Por otra parte, la etapa de rectificado del sustrato semiconductor somete la cara posterior 21 del sustrato semiconductor 1 al rectificado superficial de tal manera que el sustrato semiconductor 1 alcance un espesor predeterminado después de que se forme la región de punto de partida para el corte dentro del sustrato semiconductor 1. En el presente documento, incluso si la cara posterior 21 alcanza las fracturas 15 generadas desde la región de punto de partida para el corte que actúa como punto de inicio, las superficies de corte del sustrato semiconductor 1 cortadas por las fracturas 15 están en estrecho contacto entre sí, por lo que se puede evitar que el sustrato semiconductor 1 se astille y se craquee debido al rectificado superficial. Por lo tanto, el sustrato semiconductor 1 puede hacerse más delgado y dividido, evitando al mismo tiempo que se produzca el astillado y el craqueo.

El estrecho contacto de las superficies de corte en el sustrato semiconductor 1 también es eficaz para evitar que el polvo de la molienda provocado por el rectificado superficial entre en las fracturas 15 y evita la contaminación de los chips semiconductores 25 obtenidos dividiendo el sustrato semiconductor 1 con el polvo de la molienda. De forma análoga, el estrecho contacto de las superficies de corte en el sustrato semiconductor 1 es eficaz para reducir el desprendimiento de los chips semiconductores 25 causado por el rectificado superficial en comparación con el caso en el que los chips semiconductores 25 están separados entre sí. Es decir, como película protectora 20, se puede usar una con una potencia de retención baja.

Ya que la cara posterior 21 del sustrato semiconductor 1 está sometida a grabado al agua fuerte químico, las caras posteriores de los chips semiconductores 25 obtenidos dividiendo el sustrato semiconductor 1 pueden hacerse más suaves. Además, ya que las superficies de corte del sustrato semiconductor 1 causadas por las fracturas 15 generadas desde la región de punto de partida para el corte que actúa como punto de inicio están en estrecho contacto entre sí, solo las partes de borde de las superficies de corte en el lado de la cara posterior se graban al agua fuerte selectivamente como se muestra en la Figura 22, por lo que se forman los chaflanes 29. Por lo tanto, se puede mejorar la resistencia a la rotura transversal de los chips semiconductores 25 obtenidos dividiendo el sustrato semiconductor 1 y se puede evitar que se produzca el astillado y el craqueo en los chips semiconductores 25.

La relación entre el chip semiconductor 25 y la región 13 procesada fundida después de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor incluye las mostradas en las Figuras 23A a 25B. Los chips semiconductores 25 mostrados en estos dibujos tienen sus respectivos efectos explicados más adelante, y por tanto pueden usarse de acuerdo con diversas finalidades. La Figura 23A, 24A y 25A muestran el caso en el que la fractura 15 alcanza la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1 antes de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor, mientras que las Figuras 23B, 24B y 25b muestra el caso en el que la fractura 15 no alcanza la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1 antes de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor. Incluso en el caso de las Figuras 23B, 24B y 25B, la fractura 15 alcanza la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1 después de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor.

En el chip semiconductor 25 que tiene la región 13 procesada fundida que permanece dentro de la superficie de contacto como se muestra en las Figuras 23A y 23B, la superficie de corte está protegida por la región 13 procesada fundida, por lo que mejora la resistencia a la rotura transversal del chip semiconductor 25.

El chip semiconductor 25 en el que la región 13 procesada fundida no permanece dentro de la superficie de corte como se muestra en las Figuras 24A y 24B es eficaz en el caso en el que la región 13 procesada fundida no influye favorablemente en el dispositivo semiconductor.

En el chip semiconductor 25 en el que la región 13 procesada fundida permanece en una parte de borde en el lado de la cara posterior de la superficie de corte como se muestra en las Figuras 25A y 25B, la parte de borde está protegida por la región 13 procesada fundida, por lo que se puede evitar que se produzca el astillado y el craqueo en la parte de borde como en el caso en que la parte de borde del chip semiconductor 25 está achaflana.

La rectilinearidad de la superficie de corte obtenida después de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor mejora más en el caso en el que la fractura 15 no alcanza la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1 antes de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor como se muestra en las Figuras 23B, 24B y 25B que en el caso en el que la fractura 15 alcanza la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1 antes de la etapa de rectificado del sustrato semiconductor como se muestra en las Figuras 23A, 24A y 25A.

Si la fractura alcanza o no la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1 depende no solo de la profundidad de la región 13 procesada fundida desde la cara frontal 3, sino también del tamaño de la región 13 procesada fundida. Es decir, cuando la región 13 procesada fundida se hace más pequeña, la fractura 15 no alcanza la cara frontal 3 del sustrato semiconductor 1 incluso si la profundidad de la región 13 procesada fundida desde la cara frontal 3 es pequeña. El tamaño de la región 13 procesada fundida puede ser controlado por la salida de la luz láser de pulso en la etapa de formación de una región de punto de partida para el corte, por ejemplo, y se hace mayor y menor a medida que la salida de la luz láser de pulso es más alta e inferior, respectivamente.

En vista de un espesor predeterminado del sustrato semiconductor 1 adelgazado en la etapa de rectificar el sustrato semiconductor, se prefiere que las partes marginales (partes periféricas exteriores) del sustrato semiconductor 1 se redondeen al menos en el grosor predeterminado mediante biselado de antemano (por ejemplo, antes de la etapa de

- formar una región de punto de partida para el corte). Las Figuras 26A y 26B son respectivas vistas en sección de una parte marginal del sustrato semiconductor 1 antes y después de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor de acuerdo con el Ejemplo 1. El espesor del semiconductor 1 mostrado en la Figura 26A antes de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor es de 350 μm , mientras que el espesor del semiconductor 1 mostrado en la
- 5 Figura 26B después de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor es de 50 μm . Como se muestra en la Figura 26A, una pluralidad de porciones redondeadas (siete aquí) se forman de antemano en la parte marginal del sustrato semiconductor 1 mediante biselado con un espesor de 50 μm cada uno, es decir, se hace que la parte marginal del sustrato semiconductor 1 tenga una forma ondulada. Como consecuencia, la parte marginal del sustrato semiconductor 1 después de la etapa de rectificar el sustrato semiconductor 1 alcanza un estado redondeado por
- 10 biselado como se muestra en la Figura 26B, por lo que se puede evitar que el astillado y el craqueo se produzcan en la parte marginal, y la manipulación puede facilitarse debido a una mejora de la resistencia mecánica.

Aplicabilidad industrial

- 15 Como se ha explicado anteriormente, la presente invención puede adelgazar y dividir el sustrato evitando al mismo tiempo que se produzca el astillado y el craqueo.

REIVINDICACIONES

1. Un método de división de sustrato que comprende las etapas de:

5 irradiar un sustrato semiconductor (1), teniendo el sustrato semiconductor (1) una cara frontal (3) sobre la que se forman una pluralidad de dispositivos funcionales, con luz láser (L) mientras que se posiciona un punto de convergencia de luz (P) dentro del sustrato semiconductor (1) para formar una región procesada fundida (7, 13) debido a absorción multifotón solamente dentro del sustrato semiconductor (1), formando la región procesada fundida (7, 13) una región de punto de partida para el corte a lo largo de una línea a lo largo de la cual el sustrato semiconductor (1) debe cortarse, dentro del sustrato semiconductor (1), una distancia predeterminada desde una cara incidente de luz láser del sustrato;

10 colocar una película protectora (20) sobre la cara frontal (3) del sustrato semiconductor (1) después de dicha etapa de irradiación, para mantener el sustrato semiconductor (1);

15 rectificar y a continuación grabar al aguafuerte una cara posterior (21) del sustrato semiconductor (1) después de la etapa de colocar la película protectora (19) sobre la cara frontal (3) del sustrato semiconductor (1) hasta alcanzar un espesor predeterminado, tras lo cual el sustrato semiconductor (1) está dividido en una pluralidad de chips por fracturas (15) generadas desde la región procesada fundida (7, 13) a lo largo de la línea a lo largo de la cual el sustrato semiconductor (1) debe cortarse y que alcanzan la cara frontal (3) y la cara posterior (21) del sustrato semiconductor (3);

20 fijar una película de expansión (23) a las caras posteriores de los chips después de la etapa de dividir el sustrato semiconductor (1) en los chips;

retirar la capa protectora (19) de la cara frontal (3) del sustrato semiconductor (1); y

expandir la película de expansión (23) después de la etapa de fijar la película de expansión (23) para separar los chips entre sí.

25 2. Un método de división de sustrato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que después de formarse la región procesada fundida (7, 13) y antes de rectificar la cara posterior (21) del sustrato (1), el sustrato semiconductor (1) está dividido por fracturas (15) generadas desde la región procesada fundida (7, 13) en una pluralidad de chips a lo largo de la línea a lo largo de la cual el sustrato semiconductor (1) debe cortarse.

30 3. Un método de división de sustrato de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que la etapa de rectificar la cara posterior (21) del sustrato semiconductor (1) incluye una etapa de rectificar la etapa posterior (21) del sustrato semiconductor (1) de modo que la región procesada fundida (7, 13) permanezca en el sustrato semiconductor (1).

35 4. Un método de división de sustrato de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que la etapa de rectificar la cara posterior (21) del sustrato semiconductor (1) incluye una etapa de rectificar la cara posterior (21) del sustrato semiconductor (1) de modo que la región procesada fundida (7, 13) no permanezca en el sustrato semiconductor (1).

Fig.1

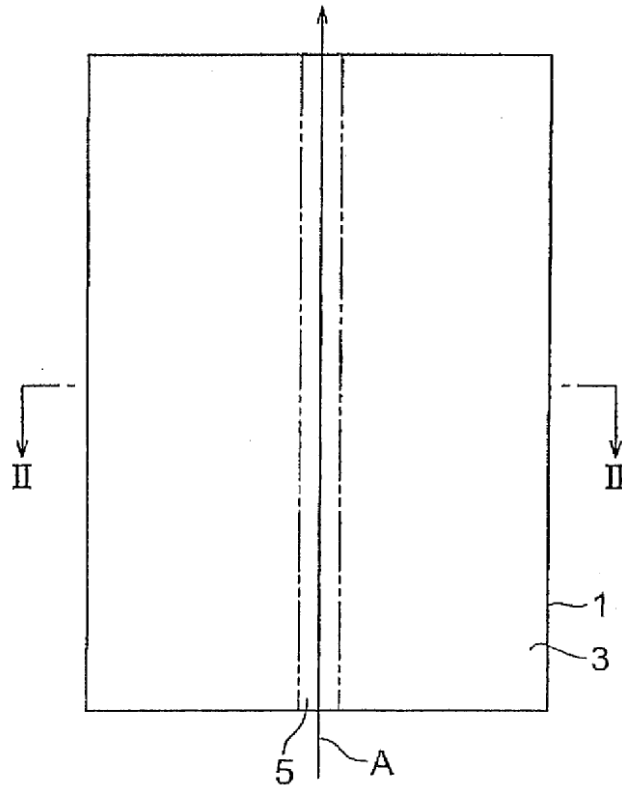


Fig.2

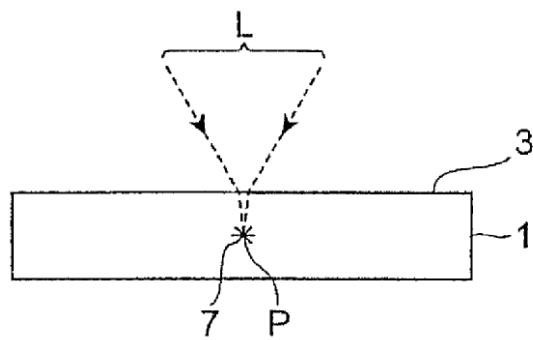


Fig.3

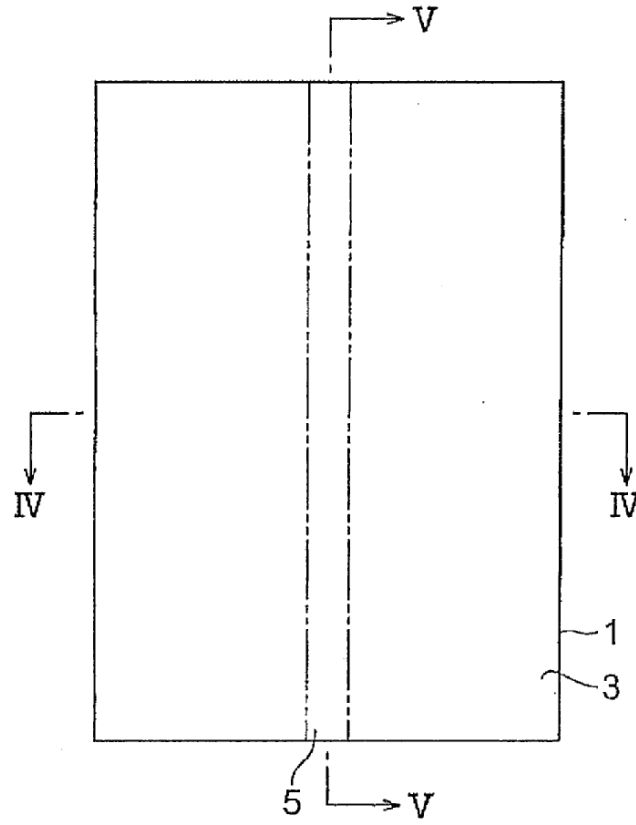


Fig.4

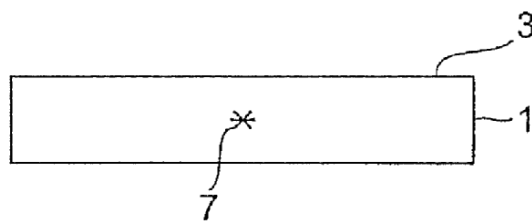


Fig.5

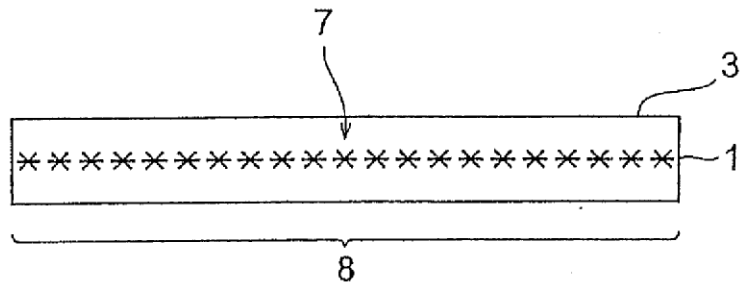
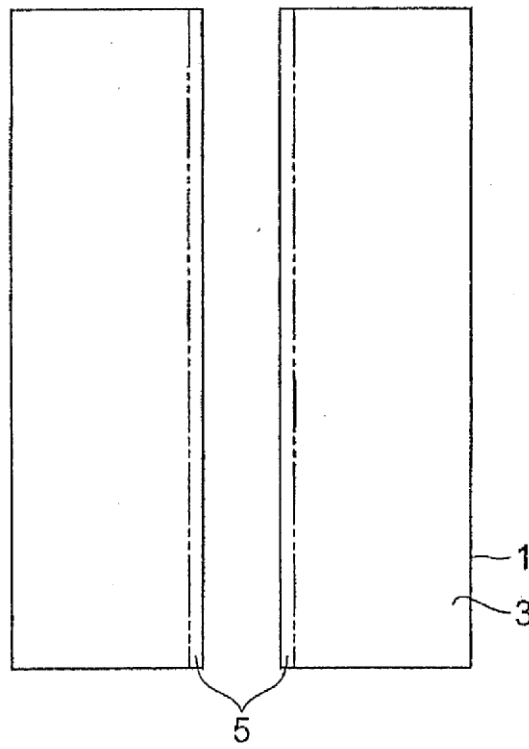


Fig.6



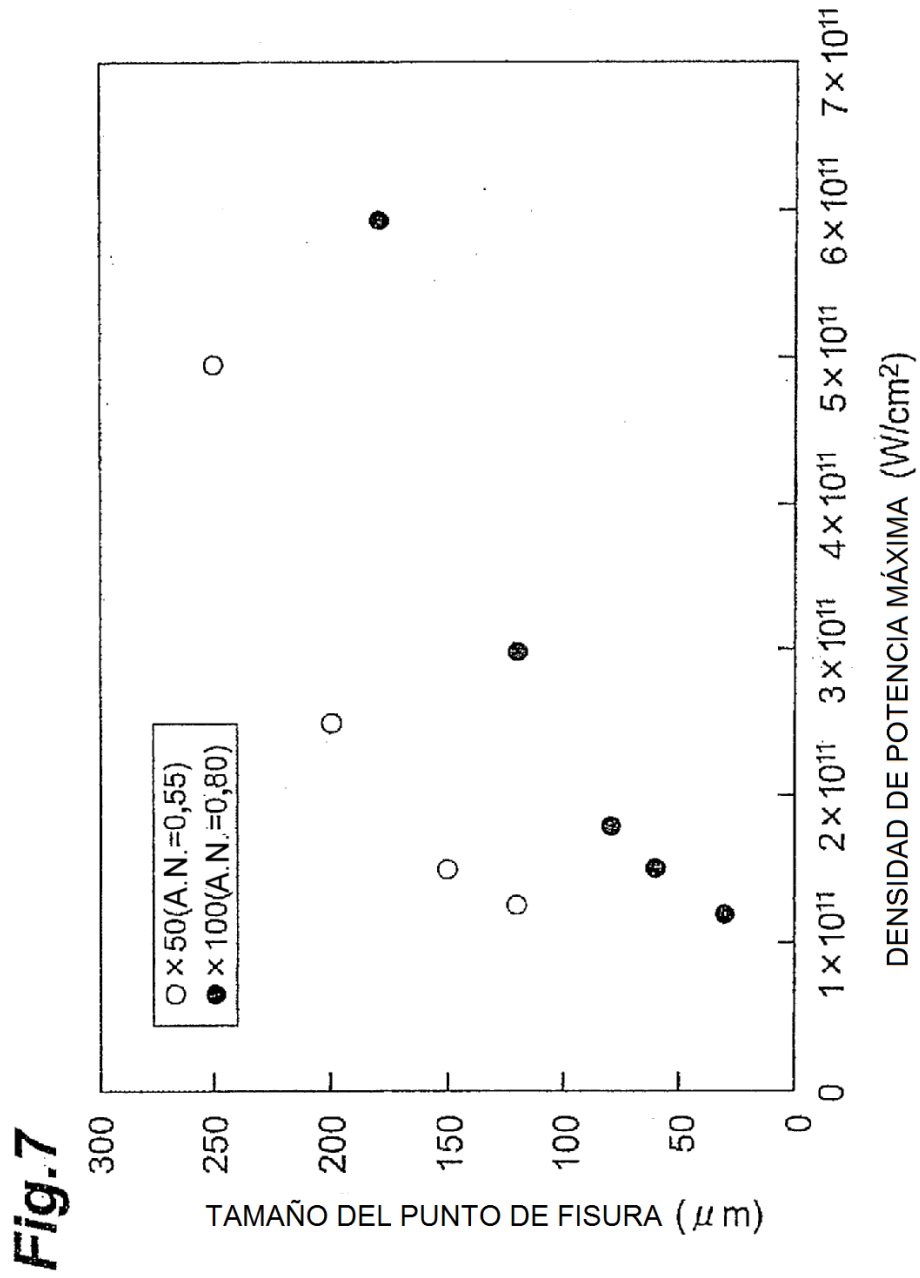


Fig.8

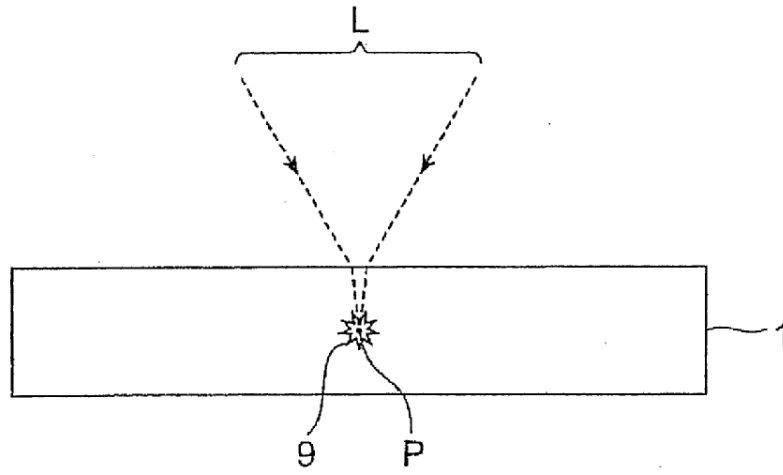


Fig.9

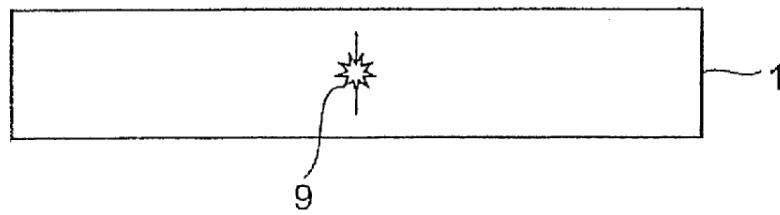


Fig.10

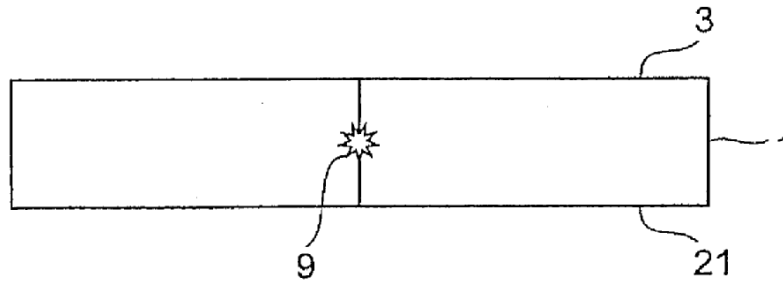
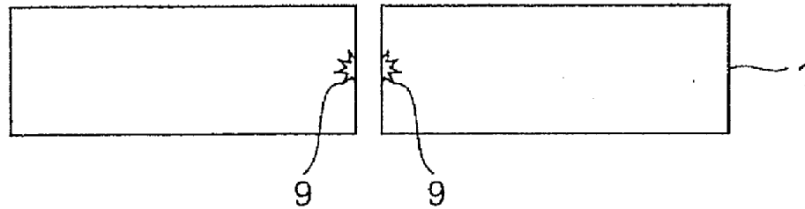


Fig.11



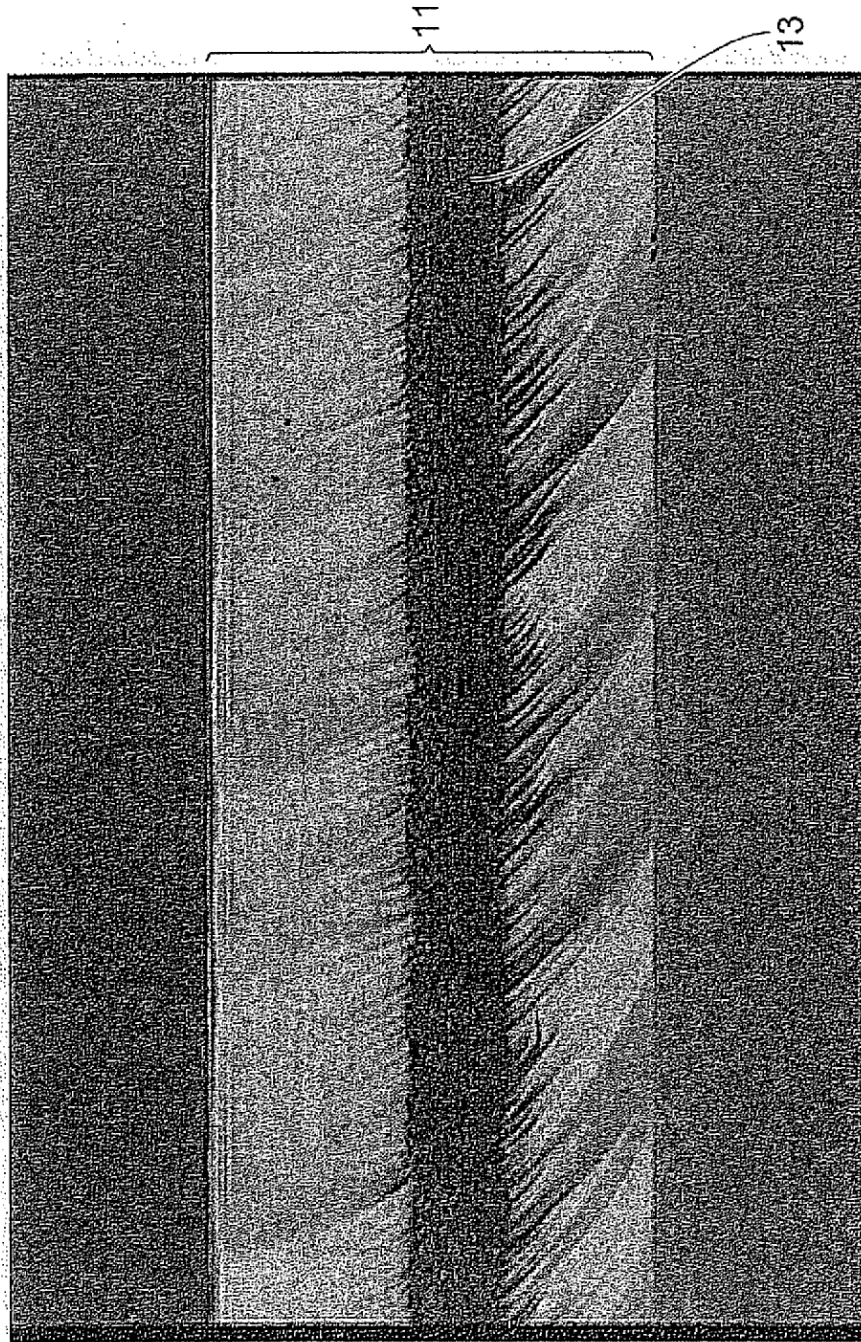
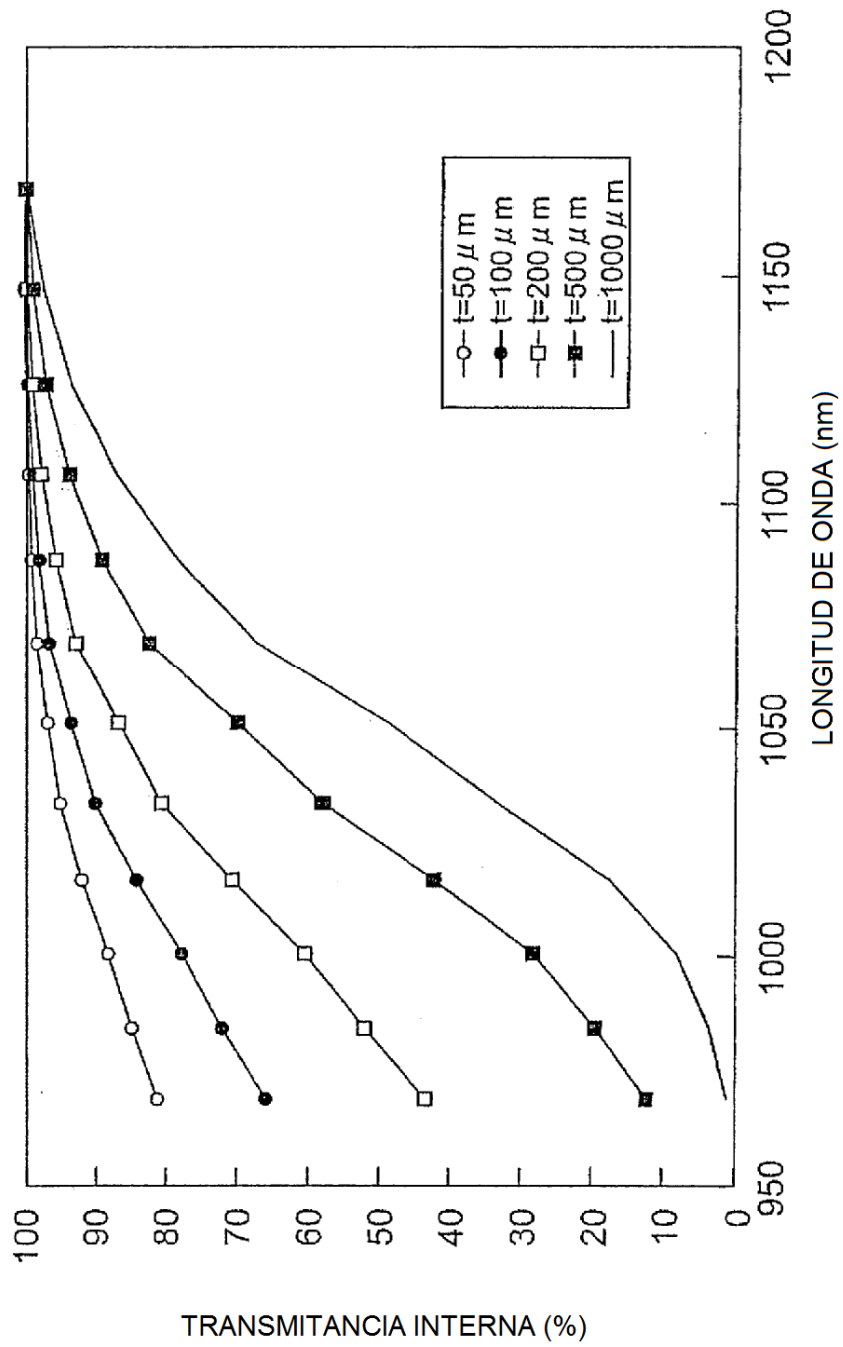


Fig.12

Fig.13



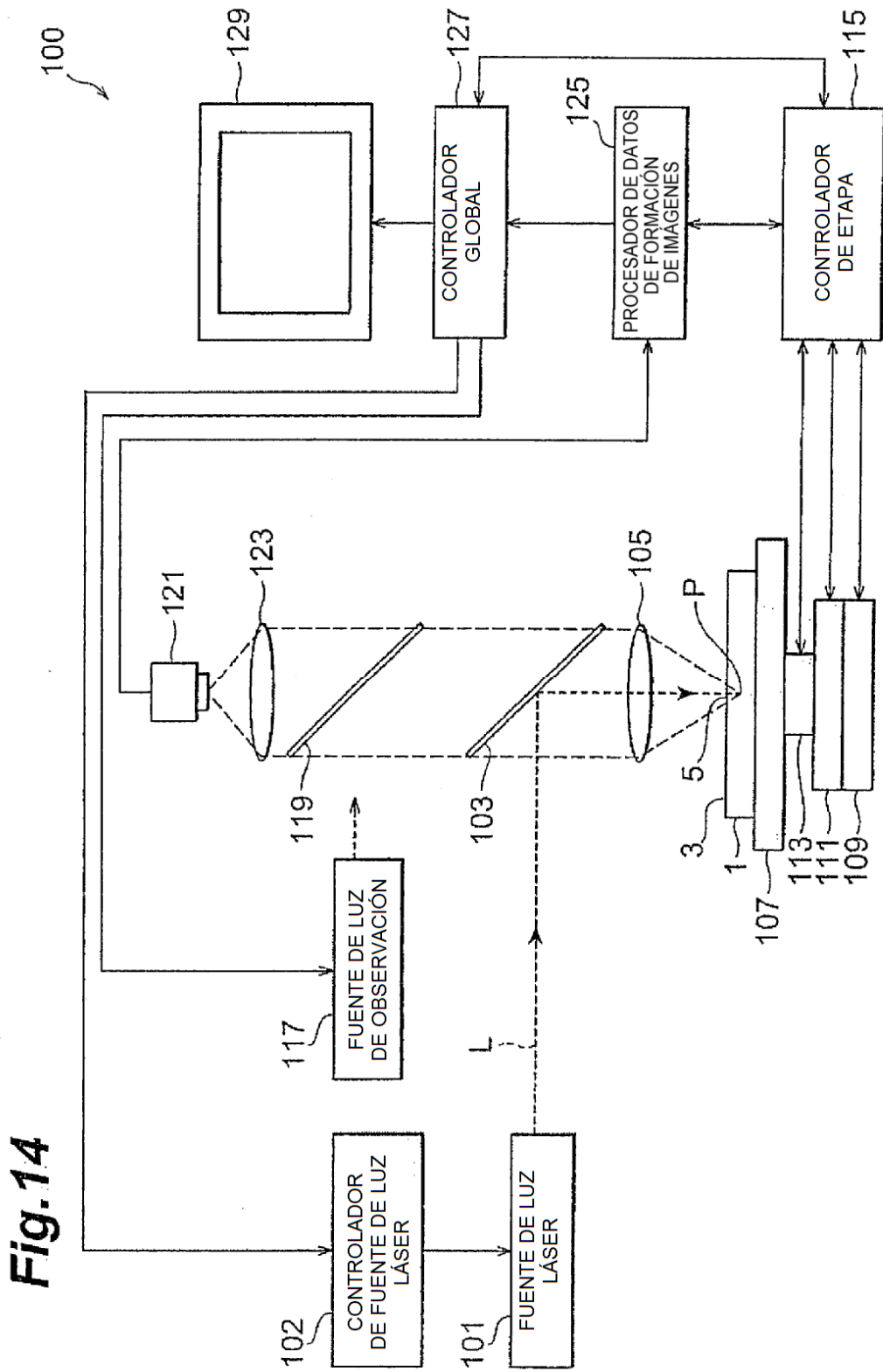


Fig.15

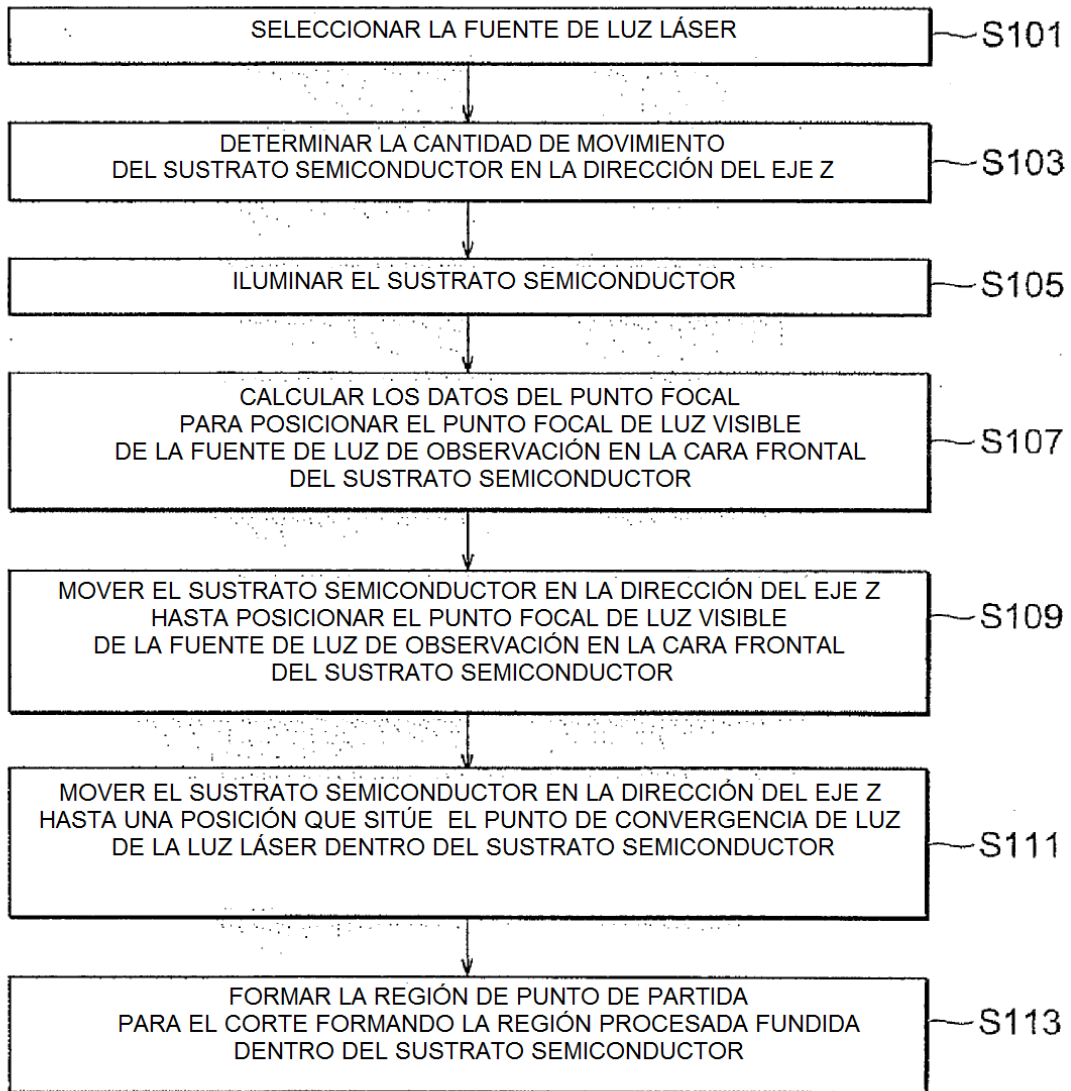


Fig.16

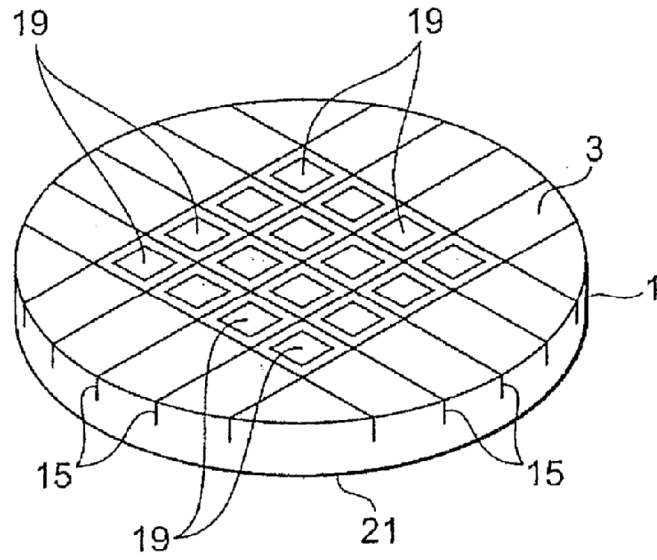


Fig.17

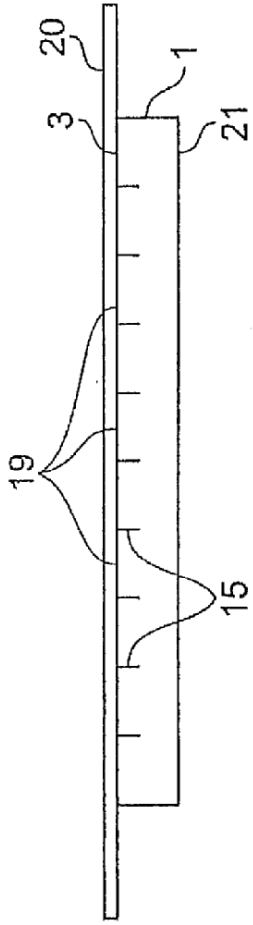


Fig.18

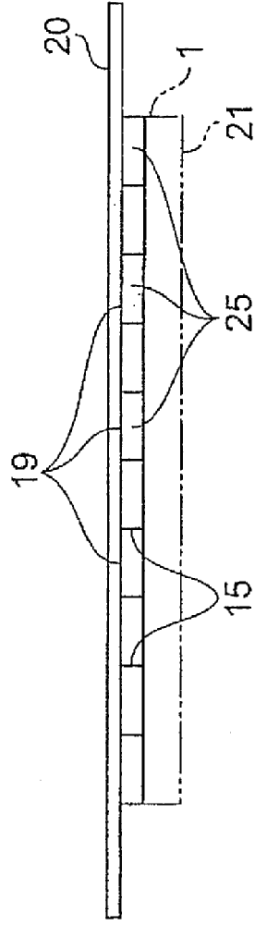


Fig.19

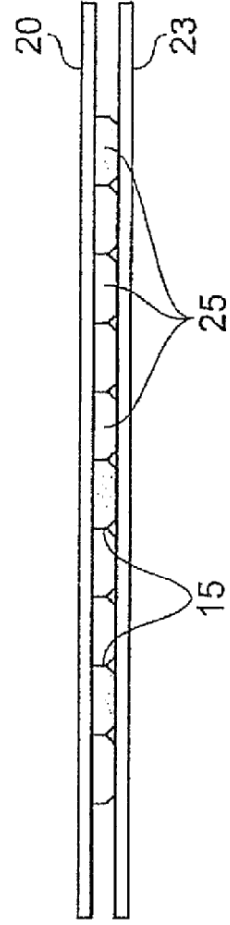


Fig.20

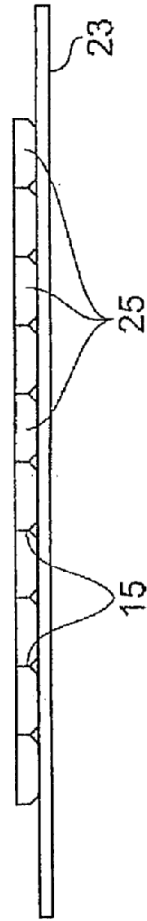


Fig.21

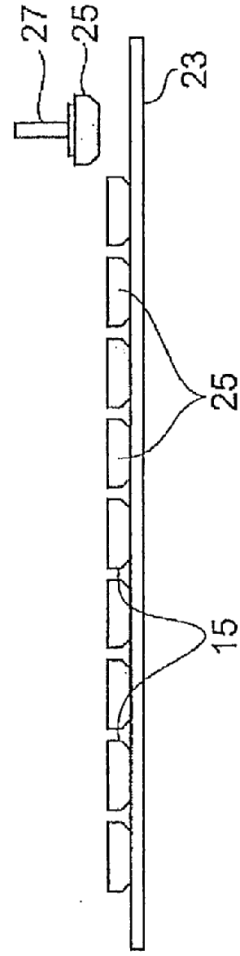


Fig.22

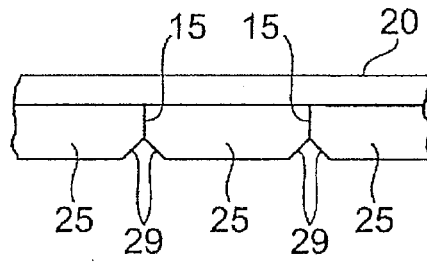


Fig.23A

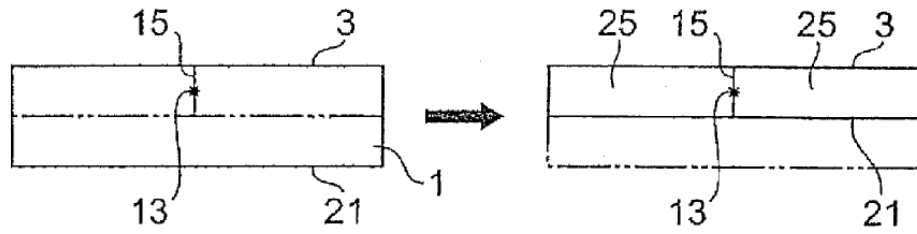


Fig.23B

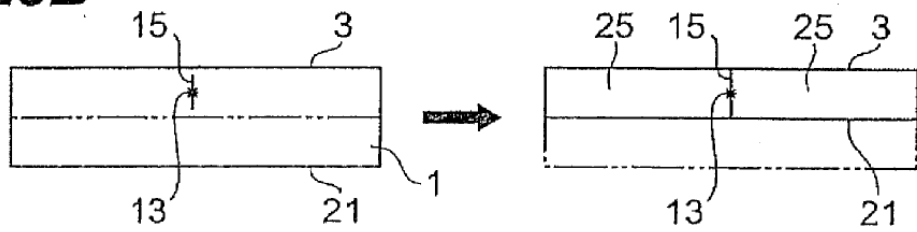


Fig.24A

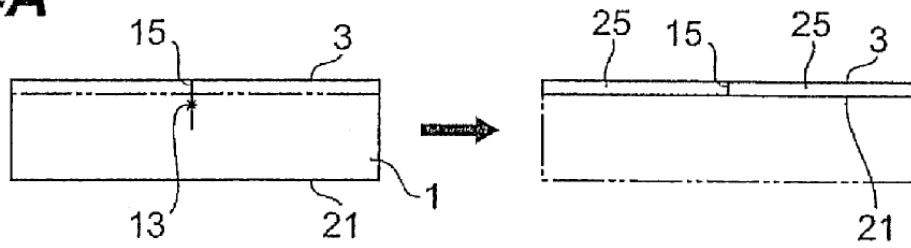


Fig.24B

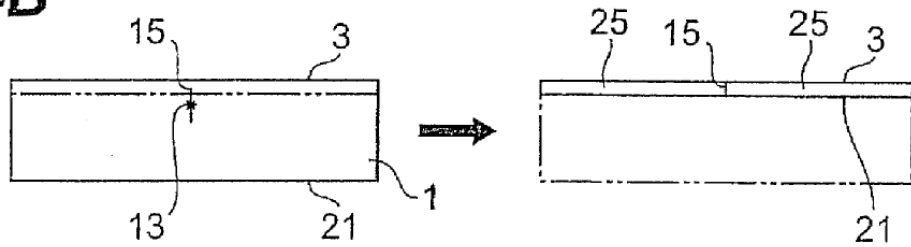


Fig.25A

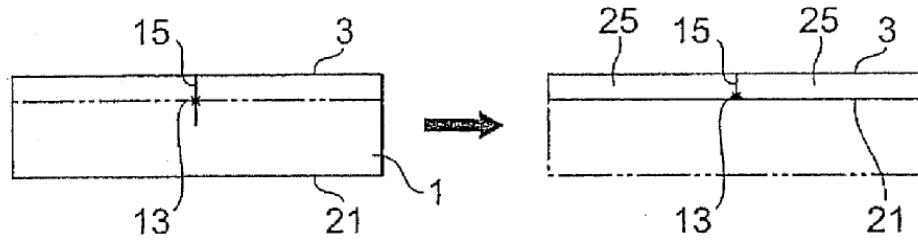


Fig.25B

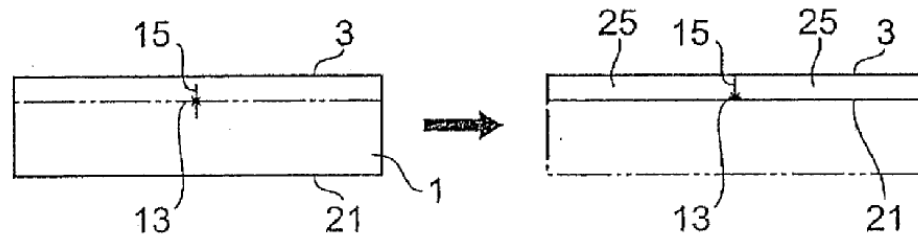


Fig.26A

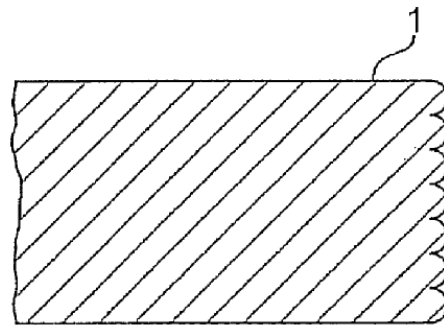


Fig.26B

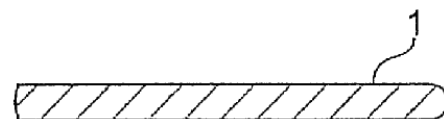


Fig.27

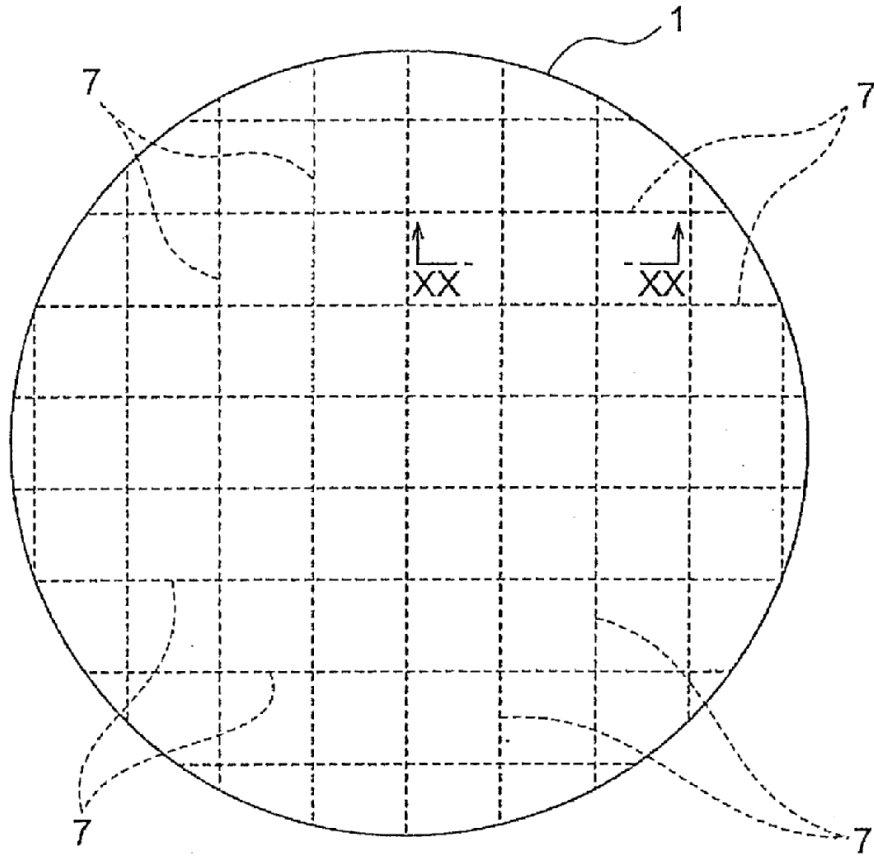


Fig.28

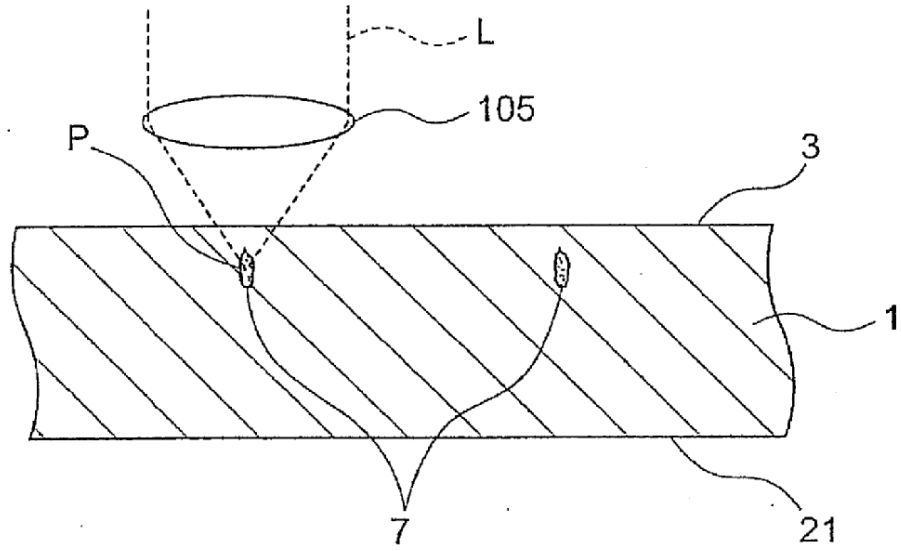


Fig.29

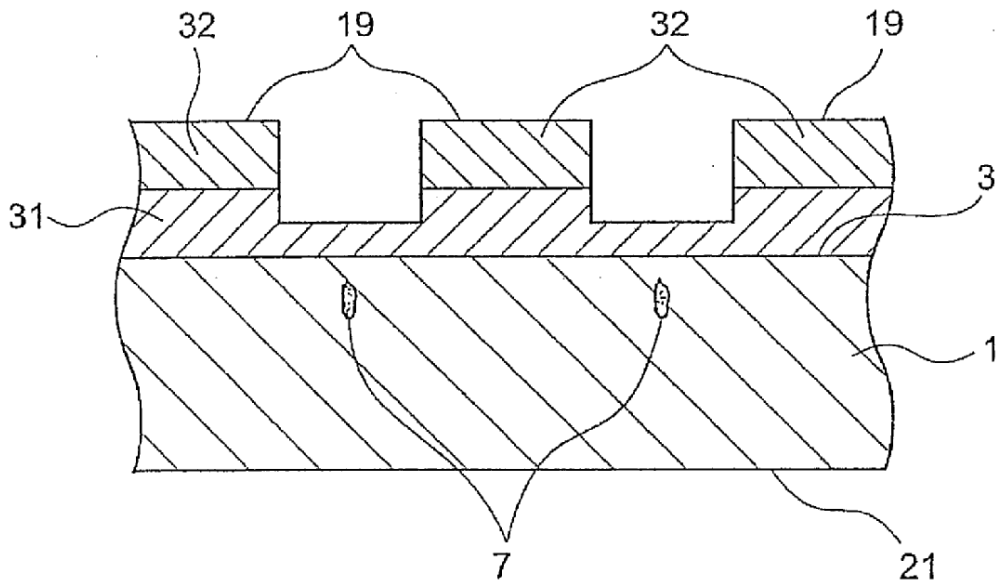


Fig.30

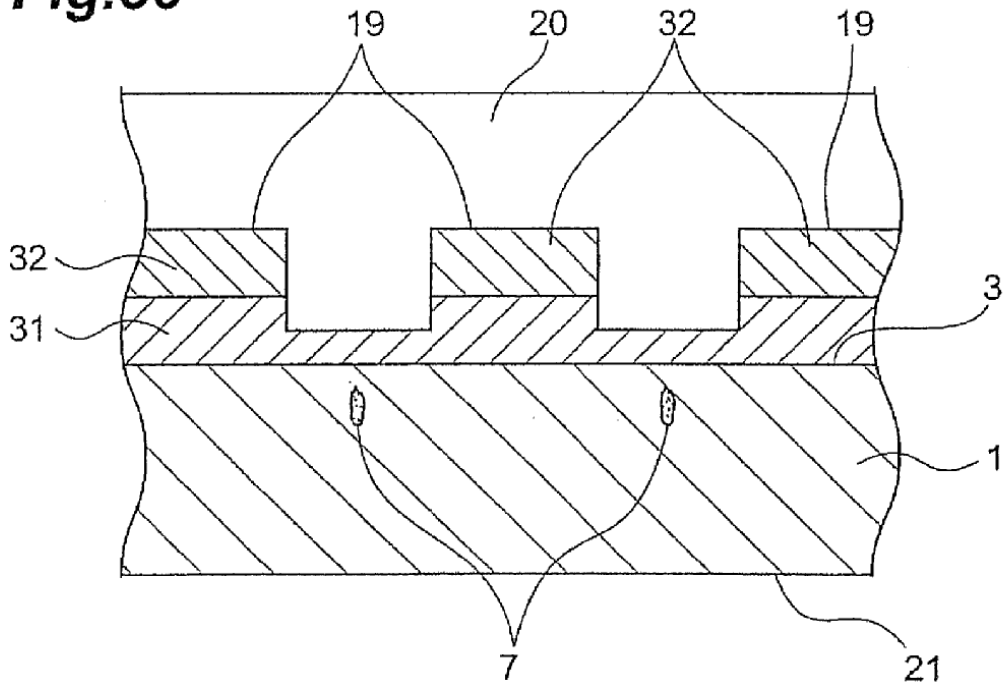


Fig.31

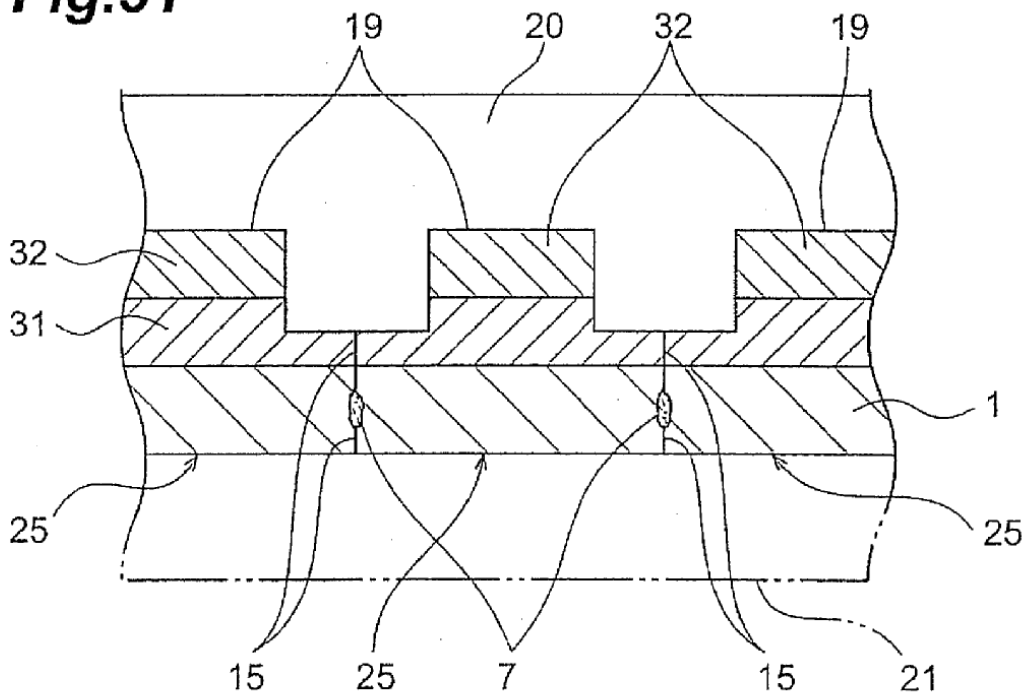


Fig.32

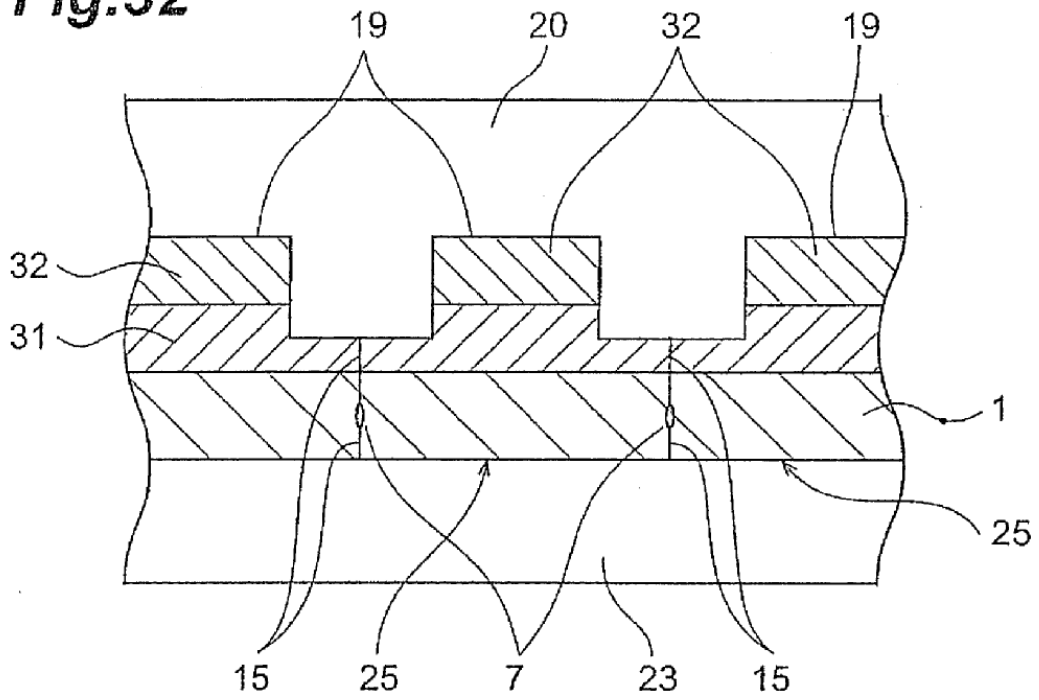


Fig.33

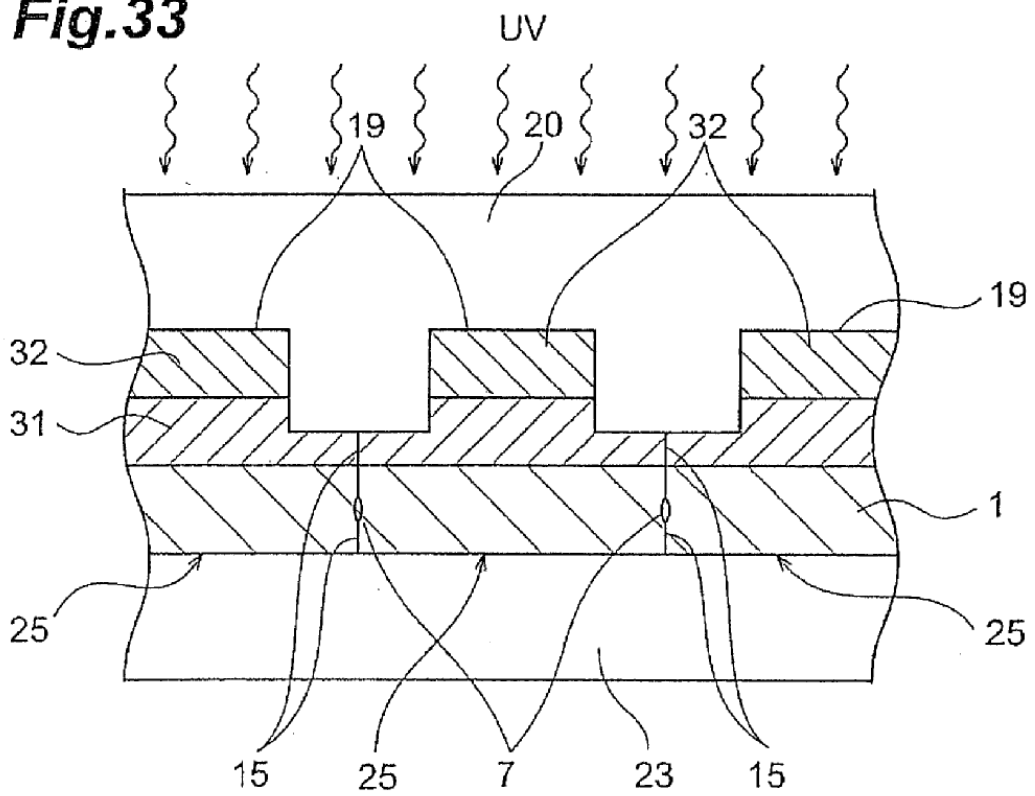


Fig.34

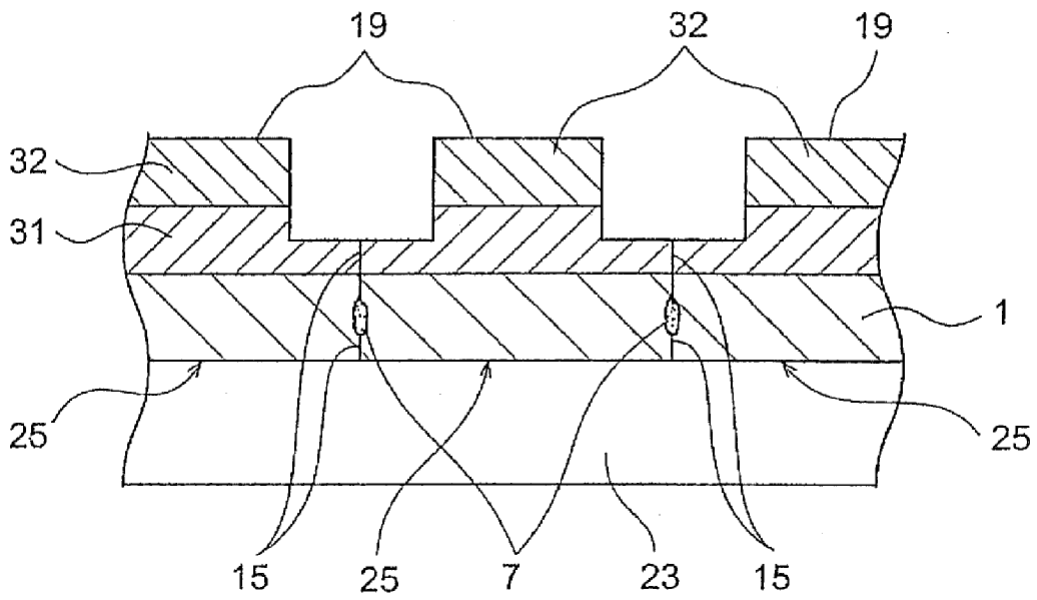


Fig.35

