(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 437 192**

(51) Int. Cl.:

H01L 21/301 (2006.01)
B28D 5/00 (2006.01)
B23K 26/40 (2006.01)
B23K 101/40 (2006.01)
B23K 26/08 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2003** **E 10009049 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2013** **EP 2249380**

(54) Título: **Procedimiento de corte de un sustrato semiconductor**

(30) Prioridad:

03.12.2002 JP 2002351600

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.01.2014

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

FUKUYO, FUMITSUGU;
FUKUMITSU, KENSHI;
UCHIYAMA, NAOKI y
SUGIURA, RYUJI

(74) Agente/Representante:

MILTENYI, Peter

ES 2 437 192 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

Procedimiento de corte de un sustrato semiconductor

Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento de corte de un sustrato semiconductor que se utiliza para cortar un sustrato semiconductor en los procesos de fabricación de dispositivos semiconductores y similares.

Antecedentes de la técnica

Como técnica convencional de este tipo, la Solicitud de Patente Japonesa Expuesta al Público con Nos. 2002-158.276 y 2000-104040 describe la siguiente técnica. En primer lugar, se adhiere una lámina adhesiva a la cara trasera de una plaqueta semiconductora por medio de una capa de resina de pegado de plaquetas (*die-bonding resin layer*), y se corta la plaqueta semiconductora con una cuchilla mientras se encuentra en un estado en el que la plaqueta semiconductora se sostiene en la lámina adhesiva, con el fin de producir chips semiconductores. Posteriormente, al retirar los chips semiconductores de la lámina adhesiva, la resina de pegado de plaquetas se despega junto con los chips semiconductores individuales. Esto puede pegar los chips semiconductores a un marco de conexión (*lead frame*) omitiéndose la etapa de aplicar un adhesivo a las caras traseras de los chips semiconductores, y así sucesivamente.

Cuando, en la técnica mencionada anteriormente, se corta con la cuchilla la plaqueta semiconductora sostenida en la lámina adhesiva, se necesita, sin embargo, que la capa de resina de pegado de plaquetas que existe entre la plaqueta semiconductora y la lámina adhesiva sea cortada de forma segura sin cortar la lámina adhesiva. Por lo tanto, en dicho caso se debe tener un cuidado especial cuando se corta una plaqueta semiconductora con una cuchilla. El documento WO 02/22301 A, que se considera que es el estado de la técnica más cercano divulga un procedimiento de cortar un sustrato semiconductor que tiene una cara delantera formada por una pluralidad de dispositivos funcionales para dividirlo en cada uno de dichos dispositivos funcionales, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

pegar una lámina a la cara trasera del sustrato semiconductor por medio de una capa de resina adhesiva;
después de pegar la lámina a la cara trasera del sustrato semiconductor, formar unas regiones modificadas dentro del sustrato semiconductor en forma de matriz de modo que las regiones modificadas discurren sólo por debajo de unos espacios entre los dispositivos funcionales adyacentes entre sí irradiando el sustrato semiconductor con una luz láser mientras se utiliza una cara delantera del sustrato semiconductor como superficie de entrada de luz láser, y ubicando un punto de convergencia de luz dentro del sustrato semiconductor, para dividir el sustrato semiconductor en unos chips semiconductores, teniendo cada uno el dispositivo funcional en el mismo.

Descripción de la invención

En vista de tales circunstancias, es un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento de corte de un sustrato semiconductor que puede cortar de manera eficiente un sustrato semiconductor con una capa de resina de pegado de plaquetas.

Para lograr el objeto mencionado anteriormente, en un aspecto, la presente invención proporciona un procedimiento.

El dispositivo funcional se refiere a, por ejemplo, capas operativas semiconductoras formadas por el crecimiento de cristales, dispositivos de recepción de luz tales como fotodiodos, dispositivos emisores de luz tales como diodos láser, y dispositivos de circuito formados como circuitos.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en planta de un sustrato semiconductor durante el procesamiento por láser mediante el procedimiento de procesamiento por láser de acuerdo con una forma de realización;

La figura 2 es una vista en sección del sustrato semiconductor tomada a lo largo de la línea II-II de la figura 1;

La figura 3 es una vista en planta del sustrato semiconductor después del procesamiento por láser mediante el procedimiento de procesamiento por láser de acuerdo con la realización;

La figura 4 es una vista en sección del sustrato semiconductor tomada a lo largo de la línea IV-IV de la figura 3;

La figura 5 es una vista en sección del sustrato semiconductor tomada a lo largo de la línea V-V de la figura 3;

La figura 6 es una vista en planta del sustrato semiconductor cortado por el procedimiento de procesamiento por láser de acuerdo con la realización;

La figura 7 es una vista que muestra una fotografía de una sección transversal de una parte de una plaqueta de silicio cortada por el procedimiento de procesamiento por láser de acuerdo con la realización;

La figura 8 es un gráfico que muestra relaciones entre la longitud de onda de la luz láser y la transmitancia dentro de un sustrato de silicio en el procedimiento de procesamiento por láser de acuerdo con la realización;

La figura 9 es un diagrama esquemático del aparato de procesamiento por láser de acuerdo con una forma de realización;

La figura 10 es un diagrama de flujo para explicar un procedimiento de formación de una parte destinada a ser cortada por el aparato de procesamiento por láser de acuerdo con la realización;

Las figuras 11A y 11B son unas vistas esquemáticas para explicar el procedimiento de corte de una plaqueta de silicio de acuerdo con una forma de realización, en las que la figura 11A muestra un estado en el que una lámina adhesiva está pegada a la plaqueta de silicio, mientras que la figura 11B muestra un estado en el que una parte destinada a ser cortada debida a una región procesada fundida está formada dentro de la plaqueta de silicio;

Las figuras 12A y 12B son unas vistas esquemáticas para explicar el procedimiento de corte de una plaqueta de silicio de acuerdo con la forma de realización, en las que la figura 12A muestra un estado en el que se expande la lámina adhesiva, mientras que la figura 12B muestra un estado en el que la lámina adhesiva se irradia con rayos UV;

Las figuras 13A y 13B son unas vistas esquemáticas para explicar el procedimiento de corte de una plaqueta de silicio de acuerdo con la forma de realización, en las que la figura 13A muestra un estado en el que se recoge un chip semiconductor junto con una capa cortada de resina de pegado de plaquetas, mientras que la figura 13B muestra un estado en el que el chip semiconductor está pegado a un marco de conexión (*lead frame*) por medio de la capa de resina de pegado de plaquetas;

Las figuras 14A y 14B son unas vistas esquemáticas que muestran unas relaciones entre la plaqueta de silicio y una parte destinada a ser cortada en el procedimiento de corte de una plaqueta de silicio de acuerdo con la forma de realización, en las que la figura 14A muestra un estado en el que no se inician fracturas desde la parte destinada a ser cortada, mientras que la figura 14B muestra un estado en el que unas fracturas iniciadas desde la parte destinada a ser cortada han llegado a las caras delantera y trasera de la plaqueta de silicio;

Las figuras 15A y 15B son unas vistas esquemáticas que muestran unas relaciones entre la plaqueta de silicio y una parte destinada a ser cortada en el procedimiento de corte de una plaqueta de silicio de acuerdo con la forma de realización, en las que la figura 15A muestra un estado en el que una fractura iniciada desde la parte destinada a ser cortada ha llegado a la cara delantera de la plaqueta de silicio, mientras que la figura 15B muestra un estado en el que una fractura iniciada desde la parte destinada a ser cortada ha llegado a la cara trasera de la plaqueta de silicio;

Las figuras 16A y 16B son unas vistas esquemáticas para explicar un ejemplo del procedimiento de corte de una plaqueta de silicio de acuerdo con la forma de realización, en las que la figura 16A muestra un estado inmediatamente después de iniciar la expansión de la lámina adhesiva, mientras que la figura 16B muestra un estado durante la expansión de la lámina adhesiva;

Las figuras 17A y 17B son unas vistas esquemáticas para explicar este ejemplo del procedimiento de corte de una plaqueta de silicio de acuerdo con la forma de realización, en las que la figura 17A muestra un estado después de completar la expansión de la lámina adhesiva, mientras que la figura 17B muestra un estado en el momento de recoger un chip semiconductor;

La figura 18 es una vista esquemática para explicar otro ejemplo del procedimiento de corte de una plaqueta de silicio de acuerdo con la realización;

Las figuras 19A y 19B son unas vistas para explicar un caso en el que no se han iniciado fracturas desde una parte destinada a ser cortada en aún otro ejemplo del procedimiento de corte de una plaqueta de silicio de acuerdo con la forma de realización, en las que la figura 19A muestra un estado después de la formación de la parte destinada a ser

cortada debida a una región procesada fundida, mientras que la figura 19B muestra un estado en el que se expande la lámina adhesiva;

Las figuras 20A y 20B son unas vistas para explicar un caso en el que unas fracturas iniciadas desde una parte destinada a ser cortada llegan a las caras delantera y trasera de la plaqueta de silicio en este ejemplo del procedimiento de corte de una plaqueta de silicio de acuerdo con la forma de realización, en las que la figura 20A muestra un estado después de la formación de la parte destinada a ser cortada debida a una región procesada fundida, mientras que la figura 20B muestra un estado en el que se expande la lámina adhesiva;

Las figuras 21A y 21B son unas vistas para explicar un caso en el que una fractura iniciada desde una parte destinada a ser cortada alcanza la cara delantera de la plaqueta de silicio en este ejemplo del procedimiento de corte de una plaqueta de silicio de acuerdo con la forma de realización, en las que la figura 21A muestra un estado después de la formación de la parte destinada a ser cortada debida a una región procesada fundida, mientras que la figura 21B muestra un estado en el que se expande la lámina adhesiva;

Las figuras 22A y 22B son unas vistas para explicar un caso en el que una fractura iniciada desde una parte destinada a ser cortada llega a la cara trasera de la plaqueta de silicio en este ejemplo del procedimiento de corte de una plaqueta de silicio de acuerdo con la forma de realización, en las que la figura 22A muestra un estado después de la formación de la parte destinada a ser cortada debida a una región procesada fundida, mientras que la figura 22B muestra un estado en el que se expande la lámina adhesiva;

La figura 23 es una vista en planta de una plaqueta de silicio a convertir en un objeto para su procesamiento en el procedimiento de corte de un sustrato semiconductor de acuerdo con una forma de realización;

Las figuras 24A a 24C son unas vistas esquemáticas para explicar el procedimiento de corte de un sustrato semiconductor de acuerdo con la forma de realización, en las que la figura 24A muestra un estado en el que una película protectora está pegada a la plaqueta de silicio, la figura 24B muestra un estado en el que se ha reducido el espesor de la plaqueta de silicio, y la figura 24B muestra un estado en el que la película protectora es irradiada con rayos UV;

Las figuras 25A a 25C son unas vistas esquemáticas para explicar el procedimiento de corte de un sustrato semiconductor de acuerdo con la forma de realización, en las que la figura 25A muestra un estado en el que la plaqueta de silicio y la película protectora están fijadas sobre una tabla de soporte, la figura 25B muestra un estado en el que la plaqueta de silicio es irradiada con luz láser, y la figura 25C muestra un estado en el que una región de inicio de corte está formada dentro de la plaqueta de silicio;

Las figuras 26A a 26C son unas vistas esquemáticas para explicar el procedimiento de corte de un sustrato semiconductor de acuerdo con la forma de realización, en las que la figura 26A muestra un estado en el que una película con una película de resina de pegado de plaquetas está pegada a la plaqueta de silicio, la figura 26B muestra un estado en el que la película protectora está retirada de la plaqueta de silicio, y la figura 26C muestra un estado en el que una película expansible es irradiada con rayos UV; y

Las figuras 27A a 27C son unas vistas esquemáticas para explicar el procedimiento de corte de un sustrato semiconductor de acuerdo con la forma de realización, en las que la figura 27A muestra un estado en el que se expande la película expansible, la figura 27B muestra un estado en el que se recoge un chip semiconductor junto con una capa cortada de resina de pegado de plaquetas, y la figura 27C muestra un estado en el que el chip semiconductor está pegado a un marco de conexión por medio de la capa de resina de pegado de plaquetas.

Mejores modos de llevar a cabo la invención

A continuación, realizaciones preferidas del procedimiento de corte de un sustrato semiconductor de acuerdo con la presente invención serán explicadas en detalle con respecto a los dibujos.

El procedimiento de corte de un sustrato semiconductor de acuerdo con una forma de realización irradia un sustrato semiconductor con luz láser mientras se ubica un punto de convergencia de luz dentro del sustrato semiconductor, con el fin de formar una región modificada causada por absorción multifotónica dentro del sustrato semiconductor, y hace que la región modificada forme una parte destinada a ser cortada. Por lo tanto, antes de explicar el procedimiento de corte de un sustrato semiconductor de acuerdo con esta forma de realización, se explicará, principalmente en términos de absorción multifotónica, un procedimiento de procesamiento por láser realizado para formar la parte destinada a ser cortada.

Un material se hace ópticamente transparente cuando su banda prohibida de absorción E_G es mayor que la energía del fotón hv. Por lo tanto, una condición bajo la cual se produce la absorción en el material es hv > E_G. Sin embargo, incluso cuando es ópticamente transparente, el material produce absorción bajo una condición de nhv > E_G (en que n = 2, 3, 4, ...) si la intensidad de la luz láser se hace muy alta. Este fenómeno se conoce como absorción multifotónica. En el caso de ondas pulsadas, la intensidad de la luz láser está determinada por la densidad de potencia pico (W/cm^2) de la luz láser en un punto de convergencia de la luz. La absorción multifotónica se produce, por ejemplo, bajo una condición en la que la densidad de potencia pico es 1×10^8 (W/cm^2) o mayor. La densidad de potencia pico se determina por (la energía de la luz láser en el punto de convergencia de luz por pulso) / (el área de la sección transversal del haz de luz láser x anchura de pulso). En el caso de ondas continuas, la intensidad de la luz láser se determina por la intensidad del campo (W/cm^2) de la luz láser en el punto de convergencia de la luz.

El fundamento del procedimiento de procesamiento por láser de acuerdo con una forma de realización usando dicha absorción multifotónica será explicado con respecto a las figuras 1 a 6. La figura 1 es una vista en planta de un sustrato semiconductor 1 durante el procesamiento por láser. La figura 2 es una vista en sección del sustrato semiconductor 1 tomada a lo largo de la línea II-II de la figura 1. La figura 3 es una vista en planta del sustrato semiconductor 1 después del procesamiento por láser. La figura 4 es una vista en sección del sustrato semiconductor 1 tomada a lo largo de la línea IV-IV de la figura 3. La figura 5 es una vista en sección del sustrato semiconductor 1 tomada a lo largo de la línea V-V de la figura 3. La figura 6 es una vista en planta del sustrato semiconductor 1 cortado.

Según se muestra en las figuras 1 y 2, existe una línea deseable de corte 5 en una cara delantera 3 del sustrato semiconductor 1. La línea de corte 5 es una línea virtual que se extiende recta (aunque en realidad puede dibujarse una línea en el sustrato semiconductor 1 con el fin de que sea la línea de corte 5). El procesamiento por láser de acuerdo con esta realización irradia el sustrato semiconductor 1 con luz láser mientras ubica un punto de convergencia de luz P dentro del sustrato semiconductor 1 bajo una condición que genera una absorción multifotónica, con el fin de formar una región modificada 7. El punto de convergencia de la luz es una posición en la que converge la luz láser L.

La luz láser L se mueve relativamente a lo largo de la línea de corte 5 (es decir, a lo largo de la dirección de la flecha A), con el fin de desplazar el punto P de convergencia de la luz a lo largo de la línea de corte 5. Como consecuencia de ello, se forma la región modificada 7 a lo largo de la línea de corte 5 sólo dentro del sustrato semiconductor 1 según se muestra en las figuras 3 a 5, y una parte destinada a ser cortada 9 es formada por la región modificada 7. En el procedimiento de procesamiento por láser de acuerdo con esta forma de realización, la región modificada 7 no se forma por el calor generado por el sustrato semiconductor 1 al absorber la luz láser L. La luz láser L se transmite a través del sustrato semiconductor 1, con el fin de generar una absorción multifotónica dentro del mismo, formando de esta manera la región modificada 7. Por lo tanto, la cara delantera 3 del sustrato semiconductor 1 apenas absorbe la luz láser L y no se funde.

Cuando existe un punto de inicio en un área para cortar el sustrato semiconductor 1, el sustrato semiconductor 1 se fractura a partir de este punto de inicio, en cuyo caso el sustrato semiconductor 1 se puede cortar con una fuerza relativamente pequeña según se muestra en la figura 6. Por lo tanto, el sustrato semiconductor 1 se puede cortar sin generar fracturas innecesarias en la cara delantera 3 del sustrato semiconductor 1.

Al parecer existen las siguientes dos maneras de cortar un sustrato semiconductor a partir de una región de inicio de corte que actúa como punto de inicio. El primer caso es cuando se aplica una fuerza artificial al sustrato semiconductor después de que se haya formado la región de inicio de corte, de modo que el sustrato semiconductor se fractura a partir de la región de inicio de corte que actúa como un punto de inicio, y por lo tanto es cortado. Este es el corte en el caso en el cual el sustrato semiconductor tiene, por ejemplo, un gran espesor. La aplicación de una fuerza artificial se refiere a, por ejemplo, ejercer una tensión de flexión o de corte al sustrato semiconductor a lo largo de la región de inicio de corte, o a generar una tensión térmica impartiendo una diferencia de temperatura al sustrato semiconductor. El otro caso es cuando la formación de la región de inicio de corte hace que el sustrato semiconductor se fracture de forma natural en su dirección transversal (dirección del espesor) a partir de la región de inicio de corte que actúa como punto de inicio, cortando de este modo el sustrato semiconductor. Esto se hace posible si la región de inicio de corte está formada por una fila de la región modificada cuando el sustrato semiconductor tiene un pequeño espesor, o si la región de inicio de corte está formada por una pluralidad de filas de la región modificada en la dirección del espesor cuando el sustrato semiconductor tiene un gran espesor. Incluso en este caso de fractura natural, las fracturas no se extienden hasta la cara delantera en una porción correspondiente a un área no formada con la región de inicio de corte de la parte destinada a ser cortada, de modo que sólo la parte correspondiente al área formada con la región de inicio de corte puede ser cortada, por lo que se puede controlar bien el corte. Tal procedimiento de corte con una controlabilidad favorable es bastante eficaz, ya que los sustratos semiconductores tales como plaquetas de silicio han sido recientemente aptos para disminuir su espesor.

Un ejemplo de la región modificada formada por absorción multifotónica en esta realización es una región procesada fundida que se explicará a continuación.

Un sustrato semiconductor es irradiado con luz láser mientras se ubica un punto de convergencia de la luz dentro del mismo bajo una condición con una intensidad de campo de al menos 1 x 10^8 (W/cm^2) en el punto de convergencia de la luz y un ancho de pulso de 1 µs o menos. Como consecuencia, el interior del objeto es calentado localmente por la absorción multifotónica. Este calentamiento forma una región procesada fundida dentro del objeto. La región procesada fundida abarca regiones fundidas una vez y luego re-solidificadas, regiones sólo en un estado fundido, y regiones en proceso de ser re-solidificadas a partir del estado fundido, y también puede ser denominada como una región cuya fase ha cambiado o una región cuya estructura de cristal ha cambiado. La región procesada fundida también puede ser denominada como una región que cambia de una cierta estructura a otra estructura de entre las estructuras mono-cristal, amorfa, y poli-cristal. Por ejemplo, esto significa que una región ha cambiado de la estructura mono-cristal a la estructura amorfa, que una región ha cambiado de la estructura mono-cristal a la estructura poli-cristal, o que una región ha cambiado de la estructura mono-cristal a una estructura que contiene estructuras amorfas y poli-cristalinas. Cuando el objeto a procesar es una estructura mono-cristal de silicio, la región procesada fundida es, por ejemplo, una estructura de silicio amorfa. El límite superior de la intensidad de campo es, por ejemplo, 1 x 10^{12} (W/cm^2). El ancho de pulso es preferiblemente de, por ejemplo, 1 a 200 ns.

Por medio de un experimento, los inventores verificaron que se formó una región procesada fundida dentro de una plaqueta de silicio. Las siguientes son condiciones del experimento.

(A) Objeto a procesar: plaqueta de silicio (con un espesor de 350 µm y un diámetro exterior de 4 pulgadas)

(B) Laser

fuente de luz: bombeo de láser semiconductor Nd:YAG (*semiconductor laser pumping Nd:YAG laser*)

longitud de onda: 1064 nm

área de la sección transversal del haz de luz láser: 3.14 x 10^{-8} cm^2

modo de oscilación: pulso Q-conmutado (*Q-switched pulse*)

frecuencia de repetición: 100 kHz

ancho de pulso: 30 ns

salida (*output*): 20 µJ/pulso

calidad de la luz laser: TEM_{00}

propiedad de polarización: polarización lineal

(C) lente condensadora

magnificación: x50

Apertura Numérica (*N.A.*): 0,55

transmitancia a una longitud de onda de la luz láser: 60%

(D) Velocidad de movimiento de la tabla de soporte para sostener el objeto: 100 mm/seg

La figura 7 es una vista que muestra una fotografía de una sección transversal de una parte de una plaqueta de silicio cortada por un procesamiento por láser bajo las condiciones mencionadas anteriormente. Se forma una región procesada fundida 13 dentro de la plaqueta de silicio 11. La región procesada fundida 13 formada bajo las condiciones mencionadas anteriormente tiene un tamaño de aproximadamente 100 µm en la dirección del espesor.

Ahora se explicará el hecho de que la región procesada fundida 13 se forma por absorción multifotónica. La figura 8 es un gráfico que muestra unas relaciones entre la longitud de onda de la luz láser y la transmitancia dentro del

sustrato de silicio. En este caso, se eliminan los respectivos componentes reflejados en las caras delantera y trasera del sustrato de silicio, con el fin de mostrar sólo la transmitancia interna. Se muestran las relaciones respectivas en los casos en los que el espesor t del sustrato de silicio es de 50 µm, 100 µm, 200 µm, 500 µm, y 1000 µm.

Por ejemplo, con la longitud de onda del láser Nd:YAG de 1064 nm, la luz láser parece ser transmitida a través del sustrato de silicio en al menos el 80% cuando el sustrato de silicio tiene un espesor de 500 µm o menos. Puesto que la plaqueta de silicio 11 que se muestra en la figura 7 tiene un espesor de 350 µm, la región procesada fundida 13 causada por la absorción multifotónica se forma cerca del centro de la plaqueta de silicio 11, es decir, en una parte distanciada 175 µm de la cara delantera. La transmitancia en este caso es del 90% o más con respecto a una plaqueta de silicio que tiene un espesor de 200 µm, por lo que la luz láser es absorbida sólo ligeramente dentro de la plaqueta de silicio 11 pero es sustancialmente transmitida a través de la misma. Esto significa que la región procesada fundida 13 se forma dentro de la plaqueta de silicio 11 no por la absorción de la luz láser dentro de la plaqueta de silicio 11 (es decir, no por el calentamiento habitual con la luz láser) sino por absorción multifotónica. La formación de una región procesada fundida por absorción multifotónica se divulga, por ejemplo, en "*Silicon Processing Characteristic Evaluation by Picosecond Pulse Laser*", *Preprints of the National Meetings of Japan Welding Society*, vol. 66 (abril, 2000), pp. 72-73.

Se genera una fractura en una plaqueta de silicio desde una región de inicio de corte formada por una región procesada fundida, que actúa como un punto de inicio, hacia una sección transversal, y alcanza las caras delantera y trasera de la plaqueta de silicio, con lo cual la plaqueta de silicio es cortada. La fractura que alcanza las caras delantera y trasera de la plaqueta de silicio puede crecer de forma natural o mediante la aplicación de una fuerza a la plaqueta de silicio. La fractura que crece de forma natural desde la región de inicio de corte hasta las caras delantera y trasera de la plaqueta de silicio comprende un caso en el que la fractura crece a partir de un estado en el que la región procesada fundida que forma la región de inicio de corte está fundida y un caso en el que la fractura crece cuando la región procesada fundida que forma la región de inicio de corte está re-solidificada a partir del estado fundido. En cualquiera de los casos, la región procesada fundida se forma sólo dentro de la plaqueta de silicio, y por lo tanto sólo se encuentra dentro de la sección de corte después del corte según se muestra en la figura 7. Cuando una región de inicio de corte dentro del objeto es formada por una región procesada fundida como tal, es más difícil que se produzcan fracturas innecesarias que se desvíen de una línea de la región de inicio de corte en el momento del corte, con lo cual se hace más fácil el control del corte.

Cuando se forma una región de inicio de corte de la siguiente manera mientras se tiene en cuenta la estructura de cristal de un sustrato semiconductor, su característica de corte, y similares, el objeto puede ser cortado con una alta precisión por medio de una fuerza más pequeña desde la región de inicio de corte que actúa como punto de inicio.

Es decir, en el caso de un sustrato hecho de un semiconductor mono-cristal que tiene una estructura de diamante tal como silicio, éste será preferible si una región de inicio de corte está formada en una dirección que se extiende a lo largo de un plano (111) (primer plano de corte) o un plano (110) (segundo plano de corte). En el caso de un sustrato hecho de un semiconductor compuesto de la familia III-V de estructura de esfalerita tal como GaAs, éste será preferible si una región de inicio de corte está formada en una dirección que se extiende a lo largo de un plano (110).

Cuando el sustrato está formado con un plano de orientación (*orientation flat*) en una dirección para formarse con la región de inicio de corte mencionada anteriormente (por ejemplo, una dirección que se extiende a lo largo de un plano (111) en un sustrato de silicio mono-cristal) o una dirección ortogonal a la dirección para formarse con ésta, la región de inicio de corte que se extiende en la dirección para formarse con la región de inicio de corte se puede formar fácilmente y con precisión con respecto al plano de orientación.

Con respecto a la figura 9, ahora se explicará un aparato de procesamiento por láser utilizado en el procedimiento de procesamiento por láser anteriormente mencionado. La figura 9 es un diagrama esquemático de un aparato de procesamiento por láser 100.

El aparato de procesamiento por láser 100 comprende una fuente de luz láser 101 para la generación de luz láser L, un controlador de la fuente de luz láser 102 para controlar la fuente de luz láser 101 con el fin de regular la salida, el ancho de pulso, y similares de la luz láser L; un espejo dicroico 103 dispuesto de manera que se cambia la orientación del eje óptico de la luz láser L en 90° mientras funciona para reflejar la luz láser L; una lente condensadora 105 para hacer converger la luz láser L reflejada por el espejo dicroico 103; una tabla de soporte 107 para sostener un sustrato semiconductor 1 a irradiar con la luz láser L convergida por la lente condensadora 105; una plataforma 109 de eje X para mover la tabla de soporte 107 a lo largo de un eje X; una plataforma 111 de eje Y para mover la tabla de soporte 107 a lo largo de un eje Y que es ortogonal al eje X; una plataforma 113 de eje Z para mover la tabla de soporte 107 a lo largo de un eje Z que es ortogonal a los ejes X e Y; y un controlador de plataformas 115 para controlar el movimiento de las tres plataformas 109, 111, 113.

El eje Z es ortogonal a la cara delantera 3 del sustrato semiconductor 1, y por lo tanto es la dirección de la profundidad focal de la luz láser incidente en el sustrato semiconductor 1. Por lo tanto, el punto de convergencia de luz P de la luz láser L se puede colocar dentro del sustrato semiconductor 1 moviendo la plataforma 113 de eje Z a lo largo del eje Z. El movimiento del punto de convergencia de luz P a lo largo del eje X (Y) se efectúa moviendo el sustrato semiconductor 1 a lo largo del eje X (Y) por medio de la plataforma 109 (111) del eje X (Y).

La fuente de luz láser 101 es un láser Nd:YAG que genera luz láser pulsada. Otros ejemplos de láser que se podrían usar en la fuente de luz láser 101 incluyen láser Nd:YVO_4, láser Nd:YLF, y láser de titanio zafiro. Para formar una región procesada fundida, se utiliza preferiblemente láser Nd:YAG, láser Nd:YVO_4, y láser Nd:YLF. Aunque esta forma de realización utiliza luz láser pulsada para procesar el sustrato semiconductor 1, puede usarse también luz láser de onda continua si ésta puede provocar una absorción multifotónica.

El aparato de procesamiento por láser 100 comprende además una fuente de luz de observación 117 para generar rayos visibles para iluminar el sustrato semiconductor 1 montado en la tabla de soporte 107, y un divisor de haz de rayo visible 119 dispuesto en el mismo eje óptico que el espejo dicroico 103 y la lente condensadora 105. El espejo dicroico 103 está dispuesto entre el divisor de haz 119 y la lente condensadora 105. El divisor de haz 119 funciona para reflejar aproximadamente la mitad de los rayos visibles y transmitir la mitad restante a través del mismo, y está dispuesto con el fin de cambiar la orientación del eje óptico de los rayos visibles en 90°. Alrededor de la mitad de los rayos visibles generados a partir de la fuente de luz de observación 117 son reflejados por el divisor de haz 119. Por lo tanto los rayos visibles reflejados pasan a través del espejo dicroico 103 y la lente condensadora 105, lo que ilumina la cara delantera 3 del sustrato semiconductor 1 que incluye la línea de corte 5 y similares.

El aparato de procesamiento por láser 100 comprende además un dispositivo de captación de imágenes 121 y una lente de formación de imágenes 123 que están dispuestos en el mismo eje óptico que el divisor de haz 119, el espejo dicroico 103, y la lente condensadora 105. Un ejemplo del dispositivo de captación de imágenes 121 es una cámara CCD. La luz reflejada de los rayos visibles que han iluminado la cara delantera 3 del sustrato semiconductor 1 que incluye la línea de corte 5 y similares pasa a través de la lente condensadora 105, el espejo dicroico 103, y el divisor de haz 119, de manera que es enfocada por la lente de formación de imágenes 123 y capturada por el dispositivo de captación de imágenes 121, produciendo de este modo datos de formación de imágenes.

El aparato de procesamiento por láser 100 comprende además un procesador de datos de formación de imágenes 125 para recibir los datos de formación de imágenes emitidos desde el dispositivo de captación de imágenes 121, un controlador global 127 para controlar el aparato de procesamiento por láser 100 como un todo, y un monitor 129. Basándose en los datos de formación de imágenes, el procesador de datos de formación de imágenes 125 calcula datos focales para posicionar el punto focal de los rayos visibles generados por la fuente de luz de observación 117 en la cara delantera 3. De acuerdo con los datos focales, el controlador de plataformas 115 regula el movimiento de la plataforma 113 de eje Z, con el fin de posicionar el punto focal de rayos visibles en la cara delantera 3. Por lo tanto, el procesador de datos de formación de imágenes 125 funciona como una unidad de enfoque automático. En base a los datos de formación de imágenes, el procesador de datos de formación de imágenes 125 calcula datos de imágenes tales como imágenes ampliadas de la cara delantera 3. Los datos de imágenes se envían al controlador global 127, con el fin de someterlos a varias operaciones de procesamiento, y de este modo se transmiten datos procesados al monitor 129. Como consecuencia de ello, se visualizan imágenes ampliadas y similares en el monitor 129.

Los datos procedentes del controlador de plataformas 115, los datos de imágenes procedentes del procesador de datos de formación de imágenes 125, etc. son introducidos en el controlador global 127, mientras que el controlador de la fuente de luz láser 102, la fuente de luz de observación 117, y el controlador de plataformas 115 son regulados también de acuerdo con estos datos, con lo cual se controla el aparato de procesamiento por láser 100 como un todo. Por lo tanto, el controlador global 127 funciona como una unidad informática.

Ahora se explicará con respecto a las figuras 9 y 10 un procedimiento que, realizado por un aparato de procesamiento por láser 100 configurado de este modo, forma una parte destinada a ser cortada. La figura 10 es un diagrama de flujo para explicar el procedimiento mediante el cual un aparato de procesamiento por láser 100 configurado de este modo forma una parte destinada a ser cortada.

La característica de absorción de luz del sustrato semiconductor 1 se mide mediante un espectrofotómetro o similar que no está representado. De acuerdo con el resultado de la medición, se elige una fuente de luz láser 101 que genera una luz láser L que tiene una longitud de onda a la que el sustrato semiconductor 1 es transparente o tiene menos absorción (S101). Posteriormente, se mide el grosor 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 a lo largo del eje Z (S103). Se trata de una cantidad de movimiento del sustrato semiconductor 1 a lo largo del eje Z con respecto al punto de convergencia de luz P de la luz láser situado en la cara delantera 3 del sustrato semiconductor 1 para ubicar el punto de convergencia de luz P de la luz láser L dentro del sustrato semiconductor 1. Esta cantidad de movimiento es proporcionada al controlador global 127.

El sustrato semiconductor 1 es montado sobre la tabla de soporte 107 del aparato de procesamiento por láser 100. Entonces, se generan rayos visibles desde la fuente de luz de observación 117, con el fin de iluminar el sustrato semiconductor 1 (S105). La cara delantera 3 del sustrato semiconductor 1 que incluye la línea de corte 5 iluminada es capturada por el dispositivo de captación de imágenes 121. La línea de corte 5 es una línea virtual deseable para cortar el sustrato semiconductor 1. Los datos de formación de imágenes capturados por el dispositivo de captación de imágenes 121 se envían al procesador de datos de formación de imágenes 125. De acuerdo con los datos de formación de imágenes, el procesador de datos de formación de imágenes 125 calcula unos datos focales para situar el punto focal de los rayos visibles generados por la fuente de luz de observación 117 sobre la cara delantera 3 (S107).

Los datos focales se envían al controlador de plataformas 115. De acuerdo con los datos focales, el controlador de plataformas 115 mueve la plataforma 113 de eje Z a lo largo del eje Z (S109). Como consecuencia, el punto focal de los rayos visibles de la fuente de luz de observación 117 se posiciona en la cara delantera 3 del sustrato semiconductor 1. De acuerdo con los datos de formación de imágenes, el procesador de datos de formación de imágenes 125 calcula unos datos de formación de imagen ampliada de la cara delantera 3 del sustrato semiconductor 1 que incluye la línea de corte 5. Los datos de formación de imagen ampliada son enviados al monitor 129 por medio del controlador global 127, con lo cual se muestra en el monitor 129 una imagen ampliada de la línea de corte 5 y sus inmediaciones.

Los datos de cantidad de movimiento determinados por la etapa S103 han sido proporcionados de antemano al controlador global 127, y se envían al controlador de plataformas 115. De acuerdo con los datos de cantidad de movimiento, el controlador de plataformas 115 hace que la plataforma 113 de eje Z mueva el sustrato semiconductor 1 a lo largo del eje Z a una posición tal que el punto de convergencia de luz P de la luz láser L se ubique dentro del sustrato semiconductor 1 (S111).

A continuación, se genera la luz láser L desde la fuente de luz láser 101, con el fin de iluminar la línea de corte 5 de la cara delantera 3 del sustrato semiconductor 1. Dado que el punto de convergencia de luz P de la luz láser L se encuentra dentro del sustrato semiconductor 1, se forma una región procesada fundida sólo dentro del sustrato semiconductor 1. A continuación, la plataforma 109 de eje X y la plataforma 111 de eje Y son movidas a lo largo de la línea de corte 5, con lo que la región procesada fundida formada a lo largo de la línea de corte 5 forma una parte destinada a ser cortada a lo largo de la línea de corte 5 (S113).

Con lo anterior se completa la formación de la parte destinada a ser cortada por el aparato de procesamiento por láser 100, con lo que la parte destinada a ser cortada es formada dentro del sustrato semiconductor 1. Cuando la parte destinada a ser cortada está formada dentro del sustrato semiconductor 1, una fuerza relativamente pequeña puede iniciar fracturas en la dirección del espesor del sustrato semiconductor 1 a partir de la parte destinada a ser cortada.

Ahora se explicará el procedimiento de corte de un sustrato semiconductor de acuerdo con esta forma de realización. En este punto, una plaqueta de silicio 11 que es una plaqueta semiconductora se utiliza como el sustrato semiconductor.

En primer lugar, según se muestra en la figura 11A, una lámina adhesiva 20 es pegada a la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11 con el fin de cubrir la cara trasera 17. La lámina adhesiva 20 incluye una base 21 que tiene un espesor de aproximadamente 100 µm, sobre la que está dispuesta una capa de resina curable por radiación UV 22 que tiene un espesor del orden de varios micrómetros. Además, una capa de resina de pegado de plaquetas 23 que funciona como un adhesivo de pegado de plaquetas está dispuesta sobre la capa de resina curable por radiación UV 22. Una pluralidad de dispositivos funcionales están formados como una matriz en la cara delantera 3 de la plaqueta de silicio 11. El dispositivo funcional se refiere a un dispositivo de recepción de luz tal como un fotodiodo, un dispositivo emisor de luz tal como un diodo láser, un dispositivo de circuito formado como un circuito, o similar.

Posteriormente, según se muestra en la figura 11B, la plaqueta de silicio 11 es irradiada con luz láser desde el lado de la cara delantera 3 mediante, por ejemplo, el uso del aparato de procesamiento por láser 100 mencionado anteriormente, de tal manera que el punto de convergencia de luz está ubicado dentro de la plaqueta de silicio 11. Como consecuencia de ello, se forma una región procesada fundida 13, que es una región modificada, dentro de la plaqueta de silicio 11, con lo que se forma una parte destinada a ser cortada 9. En la formación de la parte destinada

a ser cortada 9, se emite la luz láser con el fin de que discurra entre una pluralidad de dispositivos funcionales dispuestos como una matriz en la cara delantera 3 de la plaqueta de silicio 11, con lo que la parte destinada a ser cortada 9 es formada como una cuadrícula que discurre directamente por debajo de entre dispositivos funcionales vecinos.

Después de la formación de la parte destinada a ser cortada 9, unos medios de expansión de lámina 30 tiran de la periferia de la lámina adhesiva 20 hacia afuera según se muestra en la figura 12A, expandiendo de esta manera la lámina adhesiva 20. La expansión de la lámina adhesiva 20 inicia unas fracturas en la dirección del espesor a partir de la parte destinada a ser cortada 9, y las fracturas llegan a la cara delantera 3 y la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11. Como consecuencia de ello, la plaqueta de silicio 11 es cortada en los dispositivos funcionales con una alta precisión, con lo que se obtienen unos chips semiconductores 25, teniendo cada uno un dispositivo funcional.

En este punto, secciones de corte opuestas 25a, 25a de chips semiconductores vecinos 25, 25 están inicialmente en estrecho contacto entre sí, pero son separadas la una de la otra a medida que se expande la lámina adhesiva 20, con lo que la capa de resina de pegado de plaquetas 23 que está en estrecho contacto con la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11 es cortada a lo largo de la parte destinada a ser cortada 9.

Hay casos en los que los medios de expansión de lámina 30 están dispuestos en una plataforma para el montaje de la plaqueta de silicio 11 cuando se forma la línea de corte 9, y casos en que no. En el caso en que los medios de expansión de lámina 30 no están dispuestos en la plataforma, unos medios de transferencia transfieren la plaqueta de silicio 11 montada en la plataforma a otra plataforma provista con los medios de expansión de lámina 30 después de formar la parte destinada a ser cortada 9.

Después de completar la expansión de la lámina adhesiva 20, la lámina adhesiva 20 es irradiada con rayos UV desde el lado de la cara trasera según se muestra en la figura 12B, con lo que se cura la capa de resina curable por radiación UV 22. Esto reduce la fuerza adhesiva entre la capa de resina curable por radiación UV 22 y la capa de resina de pegado de plaquetas 23. La irradiación con los rayos UV se puede realizar también antes de que empiece la expansión de la lámina adhesiva 20.

Posteriormente, según se muestra en la figura 13A, una pinza de vacío o similar, que constituye un medio de recogida, se utiliza sucesivamente para recoger los chips semiconductores 25. En este punto, la capa de resina de pegado de plaquetas 23 está cortada en formas exteriores similares a las de los chips semiconductores 25, al mismo tiempo que la fuerza adhesiva entre la capa de resina de pegado de plaquetas 23 y la capa de resina curable por radiación UV 22 es reducida, con lo que cada chip semiconductor 25 es recogido estando en un estado en el que la capa de resina de pegado de plaquetas 23 está pegada a su cara trasera. Entonces, según se muestra en la figura 13B, el chip semiconductor 25 es montado sobre una base de plaqueta (*die pad*) de un marco de conexión 27 por medio de la capa de resina de pegado de plaquetas 23 en estrecho contacto con la cara trasera, y es unido a la misma con el relleno por calentamiento.

En el procedimiento de corte de la plaqueta de silicio 11, la región procesada fundida 13 formada por absorción multifotónica produce la línea de corte 9 dentro de la plaqueta de silicio 11 a lo largo de una línea deseable de corte para cortar la plaqueta de silicio 11 según lo anterior. Por lo tanto, cuando la lámina adhesiva 20 pegada a la plaqueta de silicio 11 es expandida, la plaqueta de silicio 11 es cortada a lo largo de la parte destinada a ser cortada 9 con una alta precisión, con lo que se obtienen los chips semiconductores 25. En este punto, las secciones de corte opuestas 25a, 25a de los sustratos semiconductores vecinos 25, 25 están inicialmente en estrecho contacto entre sí, pero son separados el uno del otro a medida que la lámina adhesiva 20 se expande, con lo que la capa de resina de pegado de plaquetas 23 en estrecho contacto con la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11 es cortada a lo largo de la parte destinada a ser cortada 9. Por lo tanto, la plaqueta de silicio 11 y la capa de resina de pegado de plaquetas 23 pueden ser cortadas a lo largo de la parte destinada a ser cortada 9 de forma mucho más eficiente que en el caso en el que la plaqueta de silicio 11 y la capa de resina de pegado de plaquetas 23 son cortadas con una cuchilla evitando el corte de la base 21.

Además, dado que las secciones de corte opuestas 25a, 25a de los chips semiconductores vecinos 25, 25 están inicialmente en estrecho contacto entre sí, los chips semiconductores individuales cortados 25 y las piezas cortadas de la capa de resina de pegado de plaquetas 23 tienen sustancialmente la misma forma exterior, por lo que se impide que la resina de pegado de plaquetas sobresalga de las secciones de corte 25a de los chips semiconductores 25.

Aunque el procedimiento anterior de corte de la plaqueta de silicio 11 se refiere a un caso en el que no se generan, en la plaqueta de silicio 11, fracturas iniciadas a partir de la parte destinada a ser cortada 9 antes de que se expanda la lámina adhesiva 20 según se muestra en la figura 14A, pueden iniciarse fracturas 15 a partir de la parte destinada

a ser cortada 9 con el fin de que lleguen a la cara delantera 3 y la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11 según se muestra en la figura 14B antes de que se expanda la lámina adhesiva 20. Ejemplos de procedimientos de generación de las fracturas 15 incluyen uno en el que un medio de aplicación de tensión tal como un filo de cuchillo es presionado contra la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11 a lo largo de la parte destinada a ser cortada 9 con el fin de causar una tensión de flexión o de corte en la plaqueta de silicio 11 a lo largo de la parte destinada a ser cortada 9, y uno en el que se proporciona una diferencia de temperatura a la plaqueta de silicio 11 con el fin de generar una tensión térmica en la plaqueta de silicio 11 a lo largo de la parte destinada a ser cortada 9.

Cuando se genera una tensión en la plaqueta de silicio 11 a lo largo de la parte destinada a ser cortada 9 después de formar la parte destinada a ser cortada 9, con el fin de cortar la plaqueta de silicio 11 a lo largo de la parte destinada a ser cortada 9 como tal, se pueden obtener chips semiconductores 25 cortados con una precisión muy alta. Cuando la lámina adhesiva 20 pegada a la plaqueta de silicio 11 es expandida, las secciones de corte opuestas 25a, 25a de los sustratos semiconductores vecinos 25, 25 son separadas entre sí a partir de su estado de contacto estrecho a medida que se expande la lámina adhesiva 20, con lo que la capa de resina de pegado de plaquetas 23 en estrecho contacto con la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11 es cortada a lo largo de las secciones de corte 25a también en este caso. Por lo tanto, la plaqueta de silicio 11 y la capa de resina de pegado de plaquetas 23 también pueden ser cortadas a lo largo de la parte destinada a ser cortada 9 de forma mucho más eficiente por este procedimiento de corte que en el caso en el que la plaqueta de silicio 11 y la capa de pegado de plaquetas 23 son cortadas con una cuchilla evitando el corte de la base 21.

Cuando la plaqueta de silicio 11 se hace más delgada, hay un caso en el que las fracturas 15 iniciadas a partir de la parte destinada a ser cortada 9 llegan a la cara delantera 3 y la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11 según se muestra en la figura 14B sin provocar una tensión a lo largo de la parte destinada a ser cortada 9.

Cuando la parte destinada a ser cortada 9 causada por la región procesada fundida 13 es formada cerca de la cara delantera 3 dentro de la plaqueta de silicio 11 de tal manera que una fractura 15 llega a la cara delantera 3 según se muestra en la figura 15A, la precisión de corte de la cara delantera (es decir, la superficie que forma el dispositivo funcional) de los chips semiconductores 25 obtenidos mediante corte puede ser muy alta. Por otro lado, cuando la parte destinada a ser cortada 9 causada por la región procesada fundida 13 es formada cerca de la cara trasera 17 dentro de la plaqueta de silicio 11 de tal manera que una fractura 15 llega a la cara trasera 17 según se muestra en la figura 15B, la capa de resina de pegado de plaquetas 23 se puede cortar con una alta precisión expandiendo la lámina adhesiva 20.

Ahora se explicarán los resultados de un experimento en un caso de uso de "LE-5000 (nombre del producto)", de *Lintec Corporation*, como lámina adhesiva 20. Las figuras 16 y 17 son unas vistas esquemáticas que muestran una serie de estados en el caso en que se expande la lámina adhesiva 20 después de la formación, dentro de la plaqueta de silicio 11, de la parte destinada a ser cortada 9 causada por la región procesada fundida 13. En concreto, la figura 16A muestra el estado inmediatamente después del inicio de la expansión de la lámina adhesiva 20, la figura 16B muestra el estado en el proceso de expansión, la figura 17A muestra el estado después de haber completado la expansión de la lámina adhesiva 20, y la figura 17B muestra el estado en el momento de recoger el chip semiconductor 25.

Inmediatamente después de comenzar la expansión de la lámina adhesiva 20, la plaqueta de silicio 11 se cortó a lo largo de la parte destinada a ser cortada 9, por lo que las secciones de corte opuestas 25a, 25a de los chips semiconductores 25 vecinos estaban en estrecho contacto entre sí según se muestra en la figura 16A. En este punto, la capa de resina de pegado de plaquetas 23 aún no había sido cortada. Entonces, a medida que la lámina adhesiva 20 se expandía, la capa de resina de pegado de plaquetas 23 era desgarrada para ser cortada a lo largo de la parte destinada a ser cortada 9 según se muestra en la figura 16B.

Cuando se completó la expansión de la lámina adhesiva 20 como tal, la capa de resina de pegado de plaquetas 23 fue cortada en los chips semiconductores individuales 25, según se muestra en la figura 17A. En este punto, se quedó una fina parte 23b de la capa de resina de pegado de plaquetas 23 en la base 21 de la lámina adhesiva 20 entre los chips semiconductores 25, 25 separados entre sí. La sección de corte 23a de la capa de resina de pegado de plaquetas 23 cortada junto con el chip semiconductor 25 resultó ligeramente rebajada con respecto a la sección de corte 25a del chip semiconductor 25. Esto impidió de forma fiable que la resina de pegado de plaquetas sobresaliera de las secciones de corte 25a de los chips semiconductores 25. A continuación, el chip semiconductor 25 pudo ser recogido junto con la capa cortada de resina de pegado de plaquetas 23 por una pinza de vacío o similar, según se muestra en la figura 17B.

Cuando está hecha de un material no elástico y similar, la capa de resina de pegado de plaquetas 23 no se queda en la base 21 de la lámina adhesiva 20 entre los chips semiconductores 25, 25 separados entre sí según se muestra

en la figura 18. Por consiguiente, la sección de corte 25a del chip semiconductor 25 y la sección de corte 23a de la capa de resina de pegado de plaquetas 23 en estrecho contacto con la cara trasera del mismo pueden coincidir sustancialmente entre sí.

La lámina adhesiva 20 que comprende la base 21 y la capa de resina curable por radiación UV 22 puede estar pegada a la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11 por medio de la capa de resina curable por radiación UV 22, según se muestra en la figura 19A, con el fin de formar la parte destinada a ser cortada 9 causada por la región procesada fundida 13, y a continuación la periferia de la lámina adhesiva 20 puede ser expandida hacia fuera según se muestra en la figura 19B, con el fin de cortar la plaqueta de silicio 11 en los chips semiconductores 25. La plaqueta de silicio 11 también se puede cortar a lo largo de la parte destinada a ser cortada 9 con una alta precisión de forma mucho más eficiente en este caso que en el caso en que la plaqueta de silicio 11 es cortada con una cuchilla al mismo tiempo que se deja la lámina adhesiva 20.

El procedimiento de corte de la plaqueta de silicio 11 mediante el uso de la lámina adhesiva 20 que comprende la base 21 y la capa de resina curable por radiación UV 22 no se limita al caso en que no se producen fracturas iniciadas a partir de la parte que está destinada a ser cortada 9 en la plaqueta de silicio 11 antes de la expansión de la lámina adhesiva 20, según se explica con respecto a la figura 19, sino que puede permitirse que las fracturas 15 iniciadas a partir de la parte destinada a ser cortada 9 puedan llegar a la cara delantera 3 y la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11 (figura 20A) antes de que se expanda la lámina adhesiva 20 (figura 20B) según se muestra en las figuras 20A y 20B. También, puede permitirse que una fractura 15 iniciada a partir de la parte destinada a ser cortada 9 llegue a la cara delantera 3 de la plaqueta de silicio 11 (figura 21A) antes de que se expanda la lámina adhesiva 20 (figura 21B) según se muestra en la figura 21, o puede permitirse que una fractura 15 iniciada a partir de la parte destinada a ser cortada 9 llegue a la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11 (figura 22A) antes de que se expanda la lámina adhesiva 20 (figura 22B) según se muestra en la figura 22.

En lo siguiente, se explicará más específicamente una segunda forma de realización preferida del procedimiento de corte de un sustrato semiconductor de acuerdo con la presente invención. Las figuras 24 a 27 son unas vistas parcialmente en sección de la plaqueta de silicio tomadas a lo largo de la línea XIII-XIII de la figura 23.

En la cara delantera 3 de una plaqueta de silicio (sustrato semiconductor) 11 que va a ser un objeto a procesar, una pluralidad de dispositivos funcionales 215 están modelados en una matriz en direcciones paralelas y perpendiculares a un plano de orientación 16 según se muestra en la figura 23. Del siguiente modo, se corta una plaqueta de silicio 11 en los dispositivos funcionales 215.

En primer lugar, según se muestra en la figura 24A, una película protectora 18 es pegada a la plaqueta de silicio 11 en el lado de la cara delantera 3, con el fin de cubrir los dispositivos funcionales 215. La película protectora 18 protege los dispositivos funcionales 215 y sostiene la plaqueta de silicio 11. Después de pegar la película protectora 18, la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11 es reducida a un plano (*is ground to a plane*) de tal manera que la plaqueta de silicio 11 alcanza un grosor predeterminado, y es sometida además a un ataque químico (*chemical etching*), con el fin de reducir su espesor según se muestra en la figura 24B. Como tal, por ejemplo, la plaqueta de silicio 11 que tiene un espesor de 350 µm es reducida hasta un espesor de 100 µm. Después de la reducción del espesor de la plaqueta de silicio 11, la película protectora 18 es irradiada con rayos UV. Esto endurece la capa de resina curable por radiación UV, que es una capa adhesiva de la película protectora 18, haciendo así más fácil el despegado de la película protectora 18.

Posteriormente, usando un aparato de procesamiento por láser, se forma una región de inicio de corte dentro de la plaqueta de silicio 11. Es decir, según se muestra en la figura 25A, la película protectora 18 es fijada sobre la tabla de soporte 19 del aparato de procesamiento por láser por succión de vacío de tal manera que la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11 queda hacia arriba, y se establecen unas líneas de corte 5 como cuadrículas de manera que pasan entre dispositivos funcionales vecinos 215, 215 (ver líneas discontinuas con dos puntos en la figura 23). Entonces, según se muestra en la figura 25B, la plaqueta de silicio 11 es irradiada con luz láser L usando la cara trasera 17 como superficie de entrada de luz láser y ubicando el punto de convergencia de luz P dentro de la plaqueta de silicio 11 bajo una condición que genera la mencionada absorción multifotónica, y se mueve la tabla de soporte 19, de tal manera que el punto de convergencia de luz P es desplazado relativamente a lo largo de las líneas de corte 5. Por consiguiente, según se muestra en la figura 25C, unas regiones de inicio de corte 8 son formadas por unas regiones procesadas fundidas 13 dentro de la plaqueta de silicio 11 a lo largo de las líneas de corte 5.

A continuación, la plaqueta de silicio 11 que tiene la película protectora 18 pegada a ésta es retirada de la tabla de soporte 19, y se pega una película pegada de resina de pegado de plaquetas (*die-bonding-resin-attached film*) 220 (por ejemplo, "*LE-5000* (nombre del producto)" de *Lintec Corporación*) a la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio

11 según se muestra en la figura 26A. La película pegada de resina de pegado de plaquetas 220 incluye una película expansible (elemento de sujeción) 221 que tiene un espesor de alrededor de 100 µm, mientras que la capa de resina de pegado de plaquetas 223 que funciona como un adhesivo de pegado de plaquetas está dispuesto sobre la película expansible 221 por medio de una capa de resina curable por radiación UV que tiene un espesor del orden de varios micrómetros. En concreto, la película expansible 221 está pegada a la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11 por medio de la capa de resina de pegado de plaquetas 223. Unos medios de expansión de lámina 30 están unidos a una parte periférica de la película expansible 221. Después de pegar la película pegada de resina de pegado de plaquetas 220, se retira la película protectora 18 del lado de la cara delantera 3 de la plaqueta de silicio 11 según se muestra en la figura 26B, y la película expansible 221 es irradiada con rayos UV según se muestra en la figura 26C. Esto endurece la capa de resina curable por radiación UV, que es una capa adhesiva de la película expansible 221, haciendo así más fácil el despegar la capa de resina de pegado de plaquetas 223 de la película expansible 221.

Posteriormente, según se muestra en la figura 27A, los medios de expansión de película 30 tiran de la parte periférica de la película expansible 221 hacia el exterior, con el fin de expandir la película expansible 221. La expansión de la película expansible 221 provoca que se inicien fracturas a partir de las regiones de inicio de corte 8 y lleguen a la cara delantera 3 y la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11. Como consecuencia de ello, la plaqueta de silicio 11 es cortada a lo largo de las líneas de corte 5 con una alta precisión, con lo que se obtiene una pluralidad de chips semiconductores 25, incluyendo cada uno de ellos un dispositivo funcional 215. En este punto, las secciones de corte opuestas 25a, 25a de los chips semiconductores vecinos 25, 25 son separadas entre sí desde su estado de estrecho contacto a medida que se expande la película expansible 221, con lo que la capa de resina de pegado de plaquetas 223 en estrecho contacto con la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11 es cortada a lo largo de las líneas de corte 5 junto con la plaqueta de silicio 11.

A continuación, utilizando una pinza de vacío o similar, los chips semiconductores 25 son recogidos sucesivamente según se muestra en la figura 27B. En este punto, la capa de resina de pegado de plaquetas 23 es cortada en unas formas exteriores similares a las de los chips semiconductores 25, al mismo tiempo que se reduce la fuerza adhesiva entre la capa de resina de pegado de plaquetas 223 y la película expansible 221, con lo que cada chip semiconductor 25 es recogido estando en un estado en el que la capa de resina de pegado de plaquetas 223 está pegada a su cara trasera. Entonces, según se muestra en la figura 27C, el chip semiconductor 25 es montado sobre una base de plaqueta de un marco de conexión 27 por medio de la capa de resina de pegado de plaquetas 223 en contacto estrecho con la cara trasera, y es pegado a la misma con el relleno por calentamiento.

En el procedimiento anterior de corte de la plaqueta de silicio 11, la plaqueta de silicio 11 que tiene la cara delantera 3 formada con los dispositivos funcionales 215 se utiliza como un objeto a procesar, y es irradiada con luz láser L mientras se usa su cara trasera 17 como una superficie de entrada de luz láser y se ubica el punto de convergencia de luz P dentro de la plaqueta de silicio 11. Esto genera absorción multifotónica dentro de la plaqueta de silicio 11, formando de ese modo las regiones de inicio de corte 8 causadas por las regiones procesadas fundidas 13 dentro de la plaqueta de silicio 11 a lo largo de las líneas de corte 5. En este punto, se utiliza la cara trasera del sustrato semiconductor como la superficie de entrada de luz láser, ya que si se usa la cara delantera como superficie de entrada de luz láser, habrá el peligro de que los dispositivos funcionales impidan que entre la luz láser. Cuando las regiones de inicio de corte 8 se forman dentro de la plaqueta de silicio 11 como tal, pueden iniciarse fracturas desde las regiones de inicio de corte 8 de forma natural o con una fuerza relativamente pequeña aplicada a la misma, con el fin de que lleguen a la cara delantera 3 y la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11. Por lo tanto, cuando la película expansible 221 es pegada a la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11 por medio de la capa de resina de pegado de plaquetas 223 y expandida después de la formación de las regiones de inicio de corte 8, las secciones de corte 25a, 25a de la plaqueta de silicio 11 cortada a lo largo de las líneas de corte 5 son separadas entre sí a partir de su estado de estrecho contacto. Como consecuencia de ello, la capa de resina de pegado de plaquetas 223 que existe entre la plaqueta de silicio 11 y la película expansible 221 también es cortada a lo largo de las líneas de corte 5. Por lo tanto, la plaqueta de silicio 11 y la capa de resina de pegado de plaquetas 223 pueden ser cortadas a lo largo de las líneas de corte 5 de forma mucho más eficiente que en el caso del corte con una cuchilla o similar.

Puesto que las secciones de corte 25a, 25a de la plaqueta de silicio 11 a lo largo de las líneas de corte 5 están inicialmente en contacto estrecho entre sí, las piezas cortadas de la plaqueta de silicio 11 y las piezas cortadas de la capa de resina de pegado de plaquetas 223 tienen sustancialmente la misma forma externa, por lo que se impide que la resina de pegado de plaquetas sobresalga de las secciones de corte 25a de las piezas de la plaqueta de silicio 11.

Además, antes de formar las regiones de inicio de corte 8 dentro de la plaqueta de silicio 11, la cara trasera 17 de la plaqueta de silicio 11 es reducida de tal manera que la plaqueta de silicio 11 alcanza un grosor predeterminado. Cuando la plaqueta de silicio 11 es reducida a un espesor predeterminado como tal, la plaqueta de silicio 11 y la

capa de resina de pegado de plaquetas 223 se pueden cortar a lo largo de las líneas de corte 5 con una mayor precisión.

Aplicabilidad industrial

Según se explica en lo anterior, el procedimiento de corte de un sustrato semiconductor de acuerdo con la presente invención puede cortar de manera eficiente el sustrato semiconductor junto con una capa de resina de pegado de plaquetas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de corte de un sustrato semiconductor (1) que tiene una cara frontal (3) formada con una pluralidad de dispositivos funcionales para dividirlo en cada uno de dichos dispositivos funcionales, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

pegar una lámina (20, 220) a la cara trasera (17) del sustrato semiconductor (1) por medio de una capa de resina de pegado de plaquetas (23, 223);

después del pegado de la lámina (20, 220) a la cara trasera (17) del sustrato semiconductor (1), formar una región procesada fundida (13) dentro del sustrato semiconductor irradiando el sustrato semiconductor con luz láser mientras se utiliza una cara frontal del sustrato semiconductor como una superficie de entrada de luz láser y ubicar un punto de convergencia de luz dentro del sustrato semiconductor, para dividir el sustrato semiconductor en chips semiconductores, teniendo cada uno de ellos un dispositivo funcional en el mismo;

en el que se forma una parte que está destinada a ser cortada (9) mediante la formación de una región procesada fundida (13), y en el que en la formación de la parte que está destinada a ser cortada (9), la luz láser es emitida con el fin de que discurra entre una pluralidad de dispositivos funcionales dispuestos como una matriz en la cara delantera (3), con lo que la parte que está destinada a ser cortada (9) es formada como una cuadrícula que discurre directamente por debajo de entre los dispositivos funcionales vecinos;

después de la división del sustrato semiconductor, cortar la capa de resina de pegado de plaquetas (23, 223) a lo largo de una superficie de corte del chip semiconductor (25) mediante la expansión de la lámina; y

después de cortar la capa de resina de pegado de plaquetas (23, 223),

irradiar la lámina adhesiva (20) con rayos UV desde el lado de la cara trasera, con lo que una capa de resina curable por radiación UV (22) es curada, reduciendo la fuerza adhesiva entre la capa de resina curable por radiación UV (22) y la capa de resina de pegado de plaquetas (23), en el que irradiar la lámina adhesiva (20) puede realizarse también antes de iniciar la expansión de la lámina adhesiva (20);

recoger el chip semiconductor (25) de la lámina mientras el chip semiconductor (25) recogido tiene la capa de resina de pegado de plaquetas en una superficie trasera del chip semiconductor (25) recogido.

Fig.1

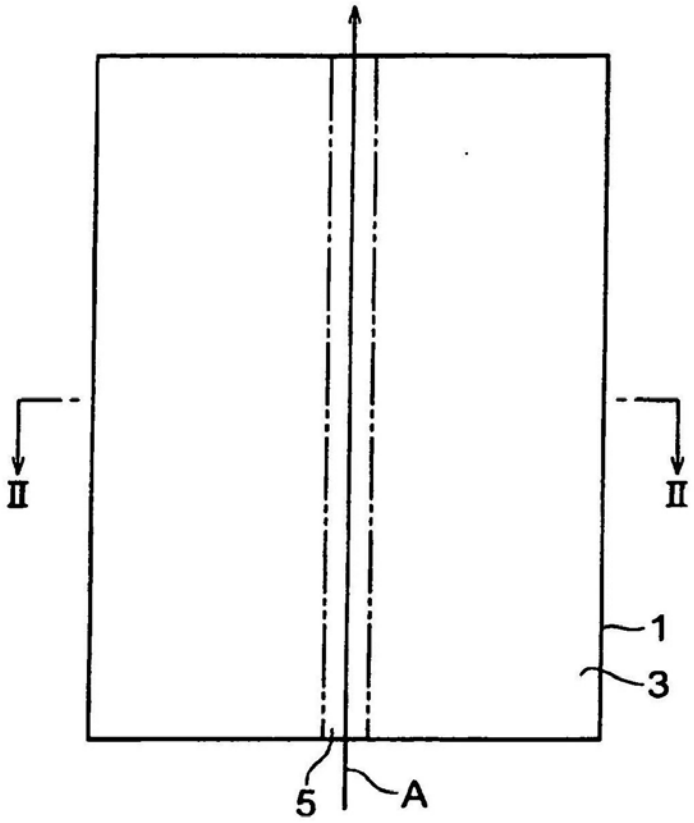


Fig.2

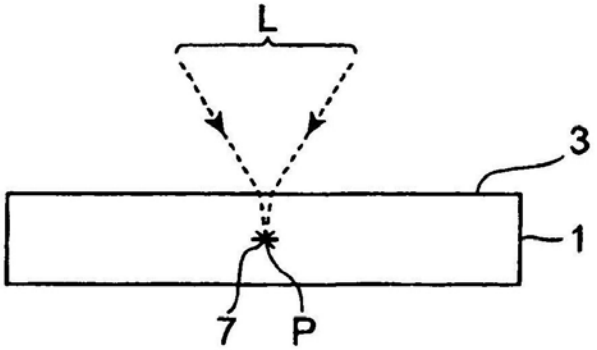


Fig.3

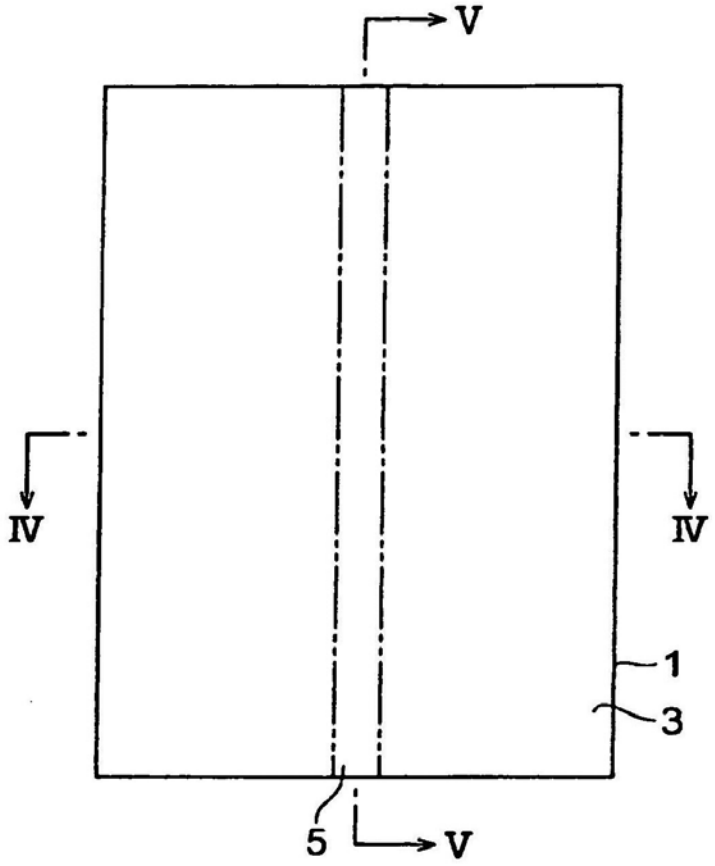


Fig.4

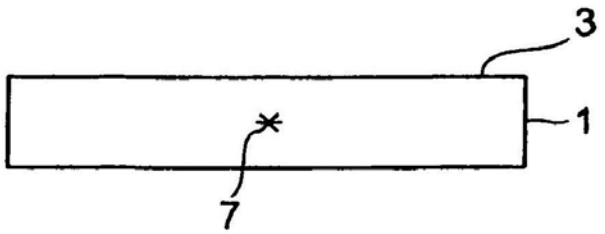


Fig.5

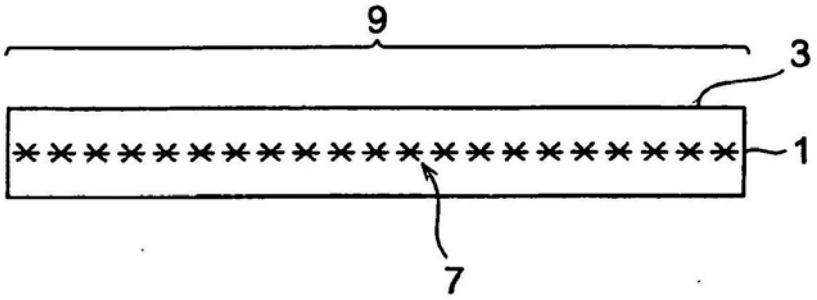
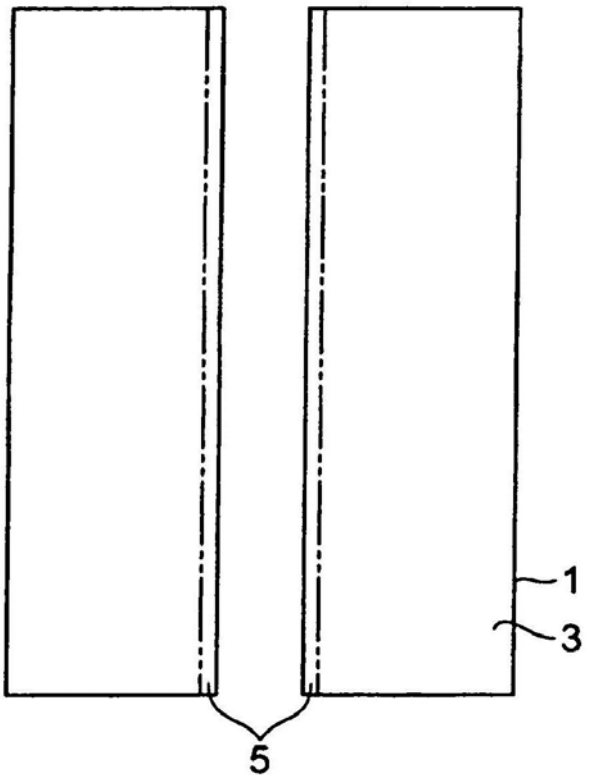


Fig.6



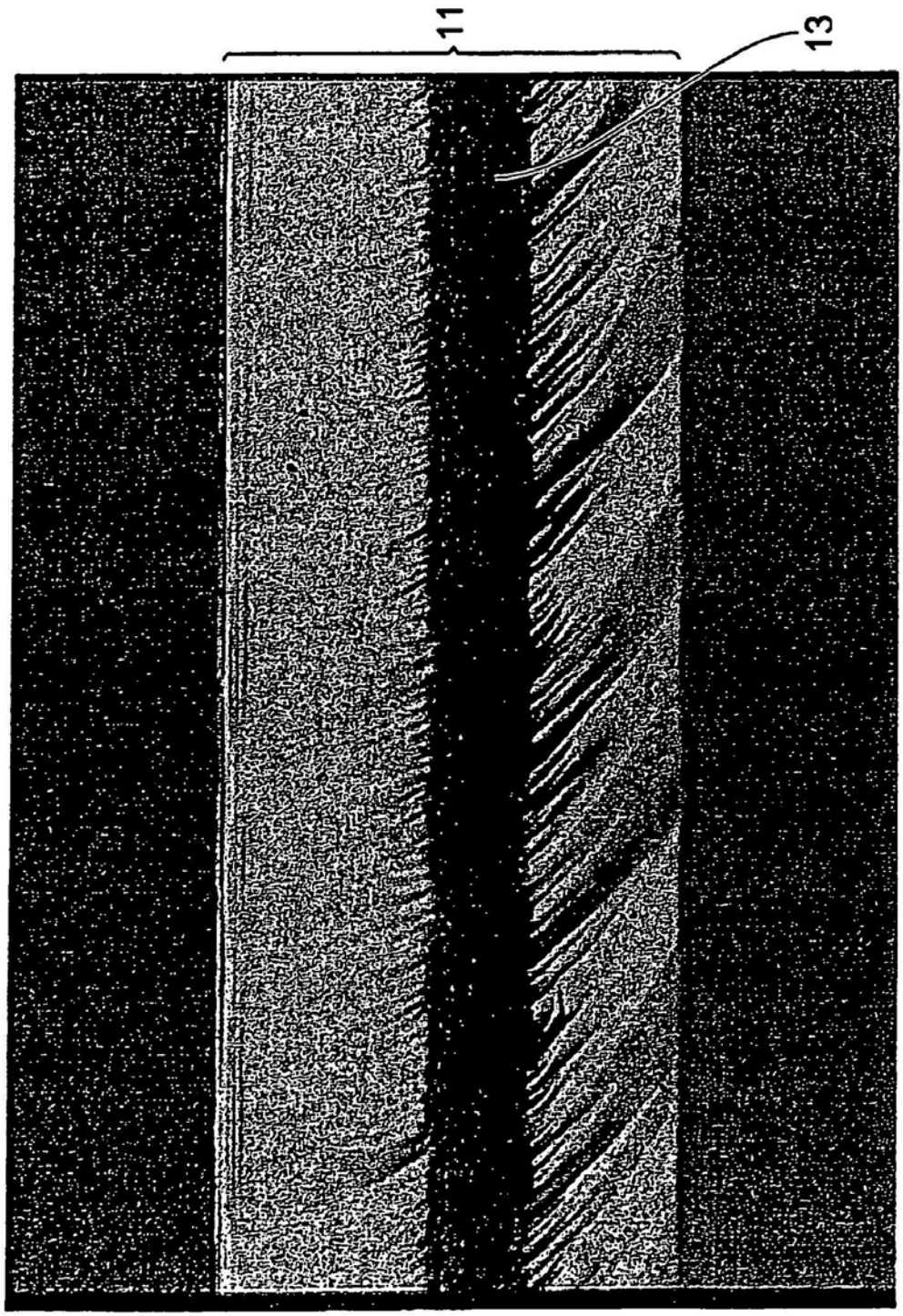
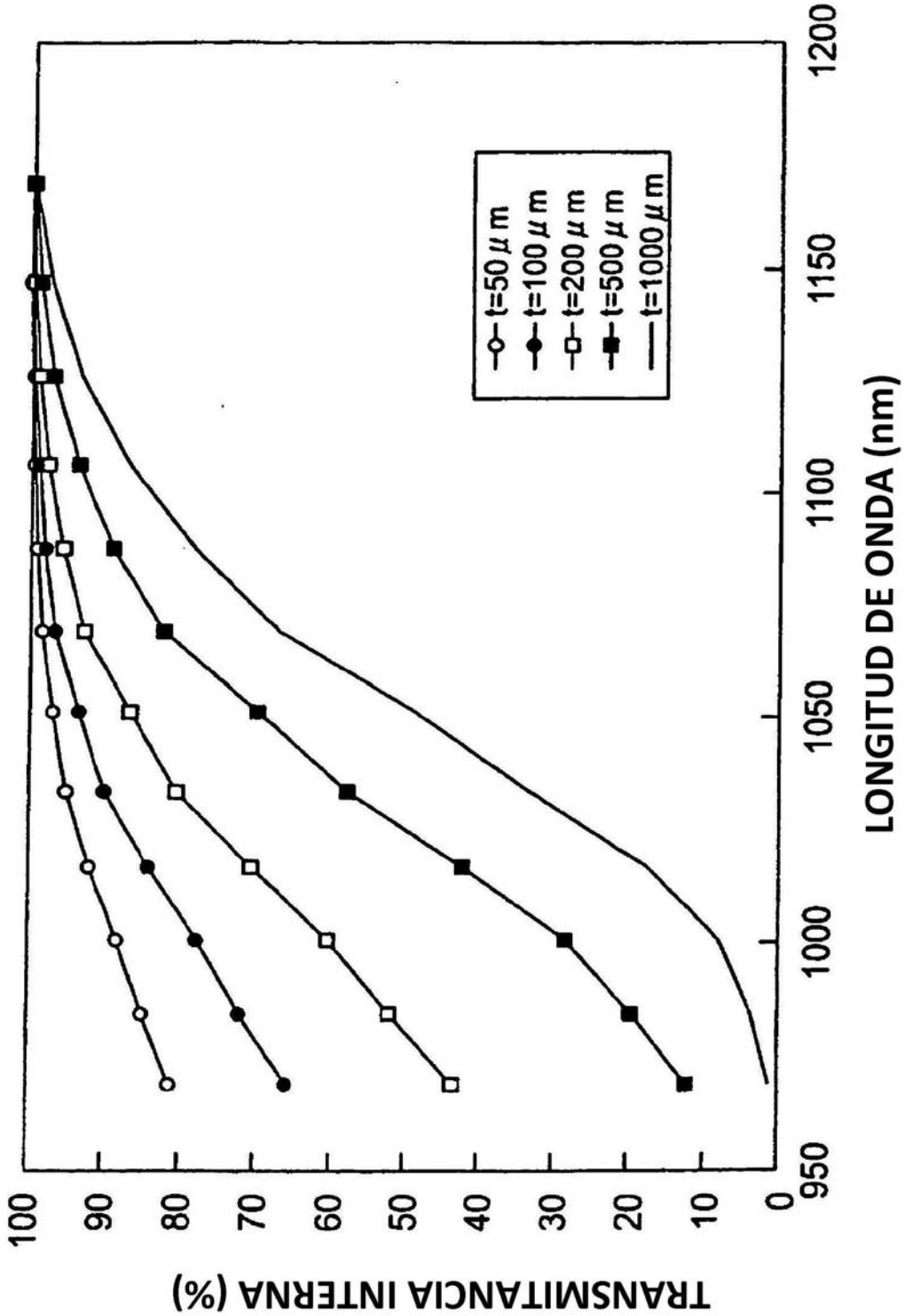


Fig.7

Fig.8


TRANSMITANCIA INTERNA (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
950
1000
1050
1100
1150
1200
LONGITUD DE ONDA (nm)
t=50 μm
t=100 μm
t=200 μm
t=500 μm
t=1000 μm

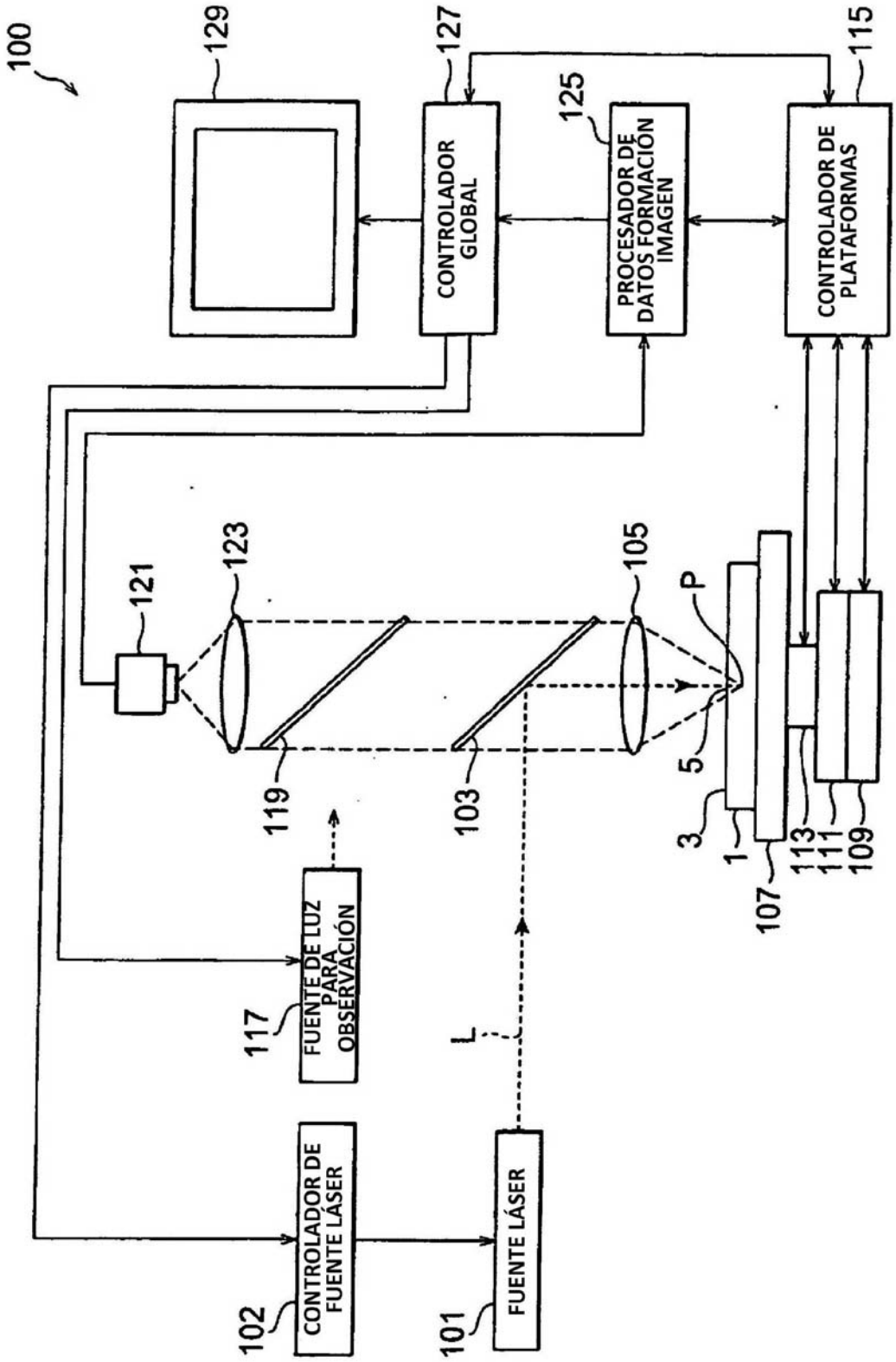

100
129
127
CONTROLADOR GLOBAL
125
PROCESADOR DE DATOS FORMACIÓN IMAGEN
115
CONTROLADOR DE PLATAFORMAS
121
123
105
P
119
103
5
3
1
107
113
111
109
117
FUENTE DE LUZ PARA OBSERVACIÓN
L
102
CONTROLADOR DE FUENTE LÁSER
101
FUENTE LÁSER

Fig.9

Fig.10

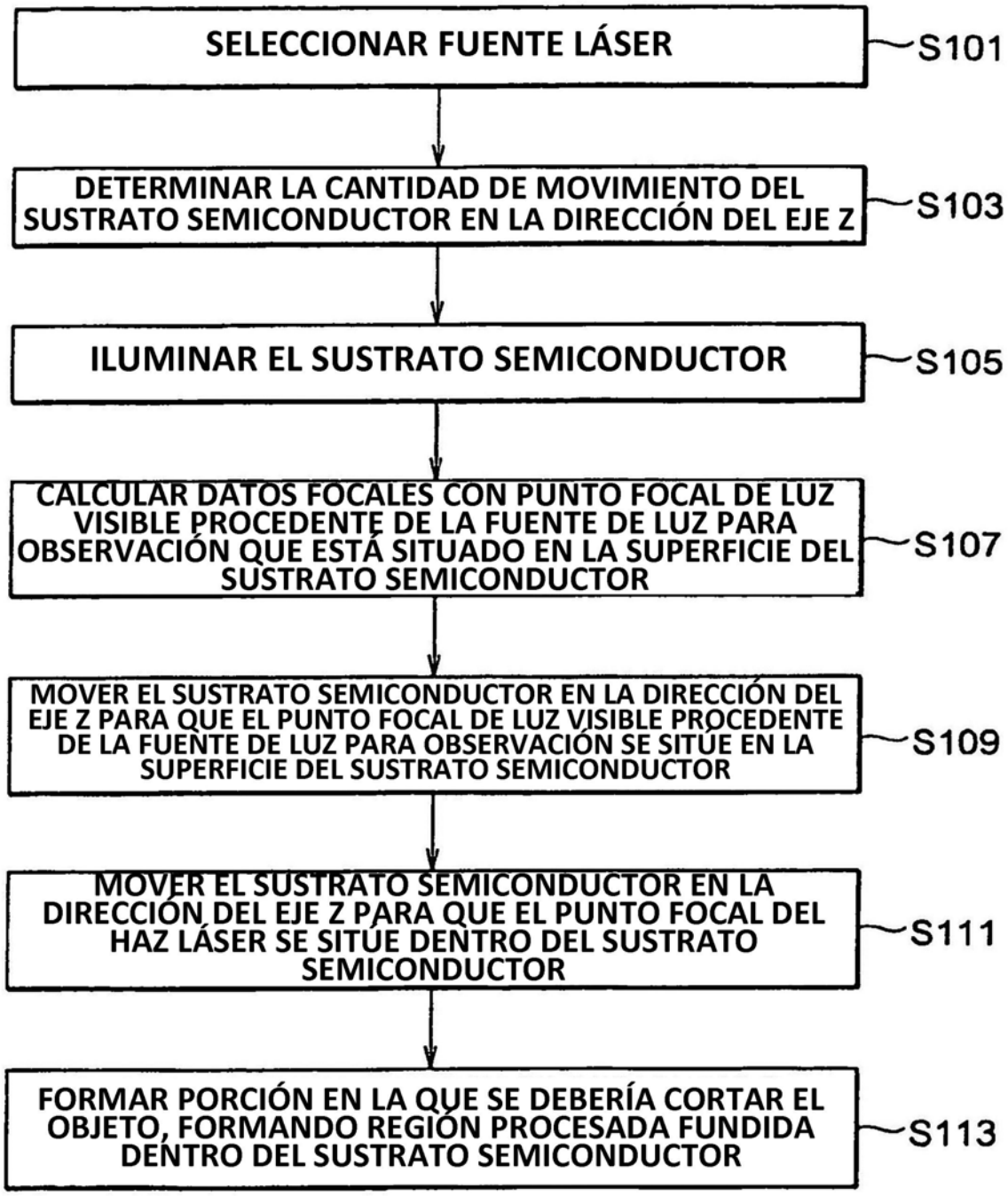

SELECCIONAR FUENTE LÁSER
S101
DETERMINAR LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO DEL SUSTRATO SEMICONDUCTOR EN LA DIRECCIÓN DEL EJE Z
S103
ILUMINAR EL SUSTRATO SEMICONDUCTOR
S105
CALCULAR DATOS FOCALES CON PUNTO FOCAL DE LUZ VISIBLE PROCEDENTE DE LA FUENTE DE LUZ PARA OBSERVACIÓN QUE ESTÁ SITUADO EN LA SUPERFICIE DEL SUSTRATO SEMICONDUCTOR
S107
MOVER EL SUSTRATO SEMICONDUCTOR EN LA DIRECCIÓN DEL EJE Z PARA QUE EL PUNTO FOCAL DE LUZ VISIBLE PROCEDENTE DE LA FUENTE DE LUZ PARA OBSERVACIÓN SE SITÚE EN LA SUPERFICIE DEL SUSTRATO SEMICONDUCTOR
S109
MOVER EL SUSTRATO SEMICONDUCTOR EN LA DIRECCIÓN DEL EJE Z PARA QUE EL PUNTO FOCAL DEL HAZ LÁSER SE SITÚE DENTRO DEL SUSTRATO SEMICONDUCTOR
S111
FORMAR PORCIÓN EN LA QUE SE DEBERÍA CORTAR EL OBJETO, FORMANDO REGIÓN PROCESADA FUNDIDA DENTRO DEL SUSTRATO SEMICONDUCTOR
S113

Fig.11A

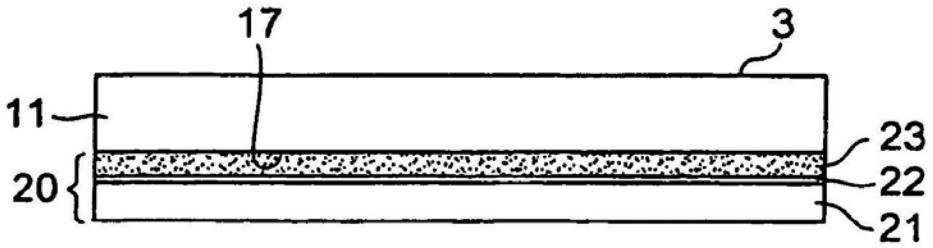


Fig.11B

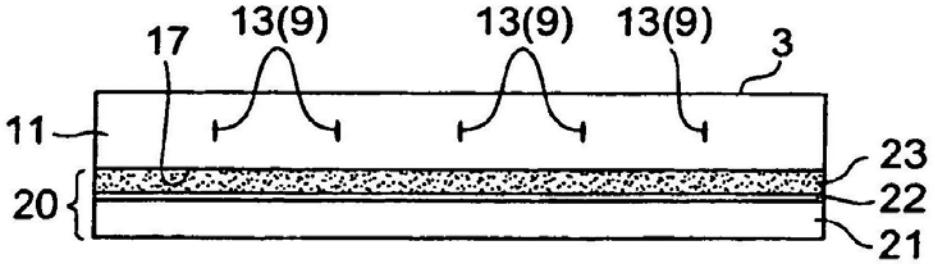


Fig.12A

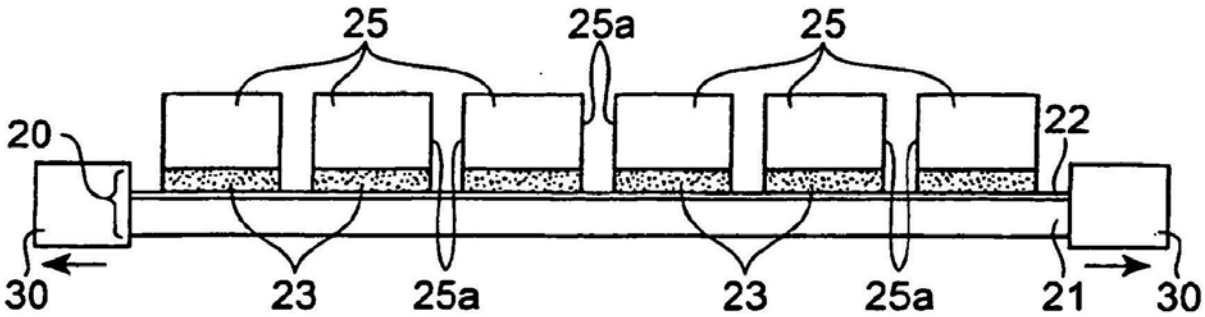


Fig.12B

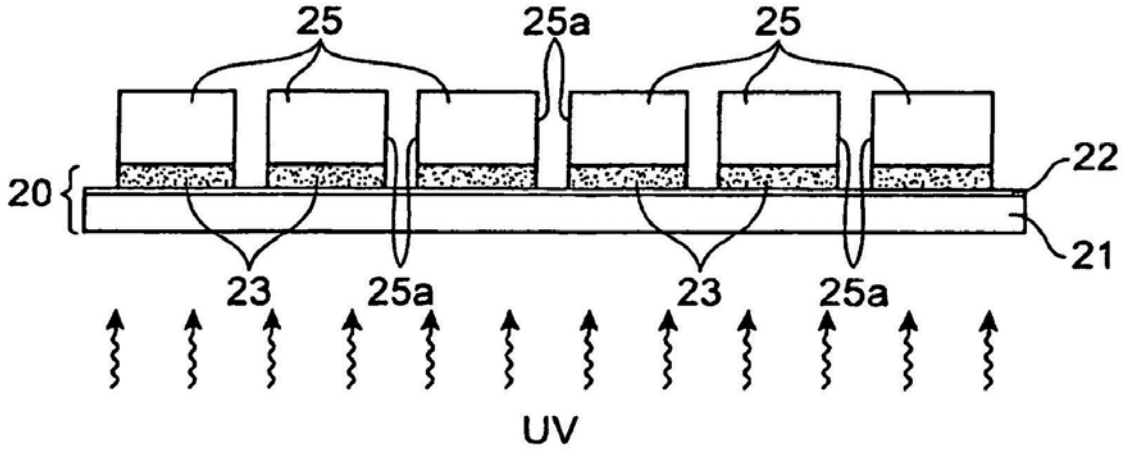


Fig.13A

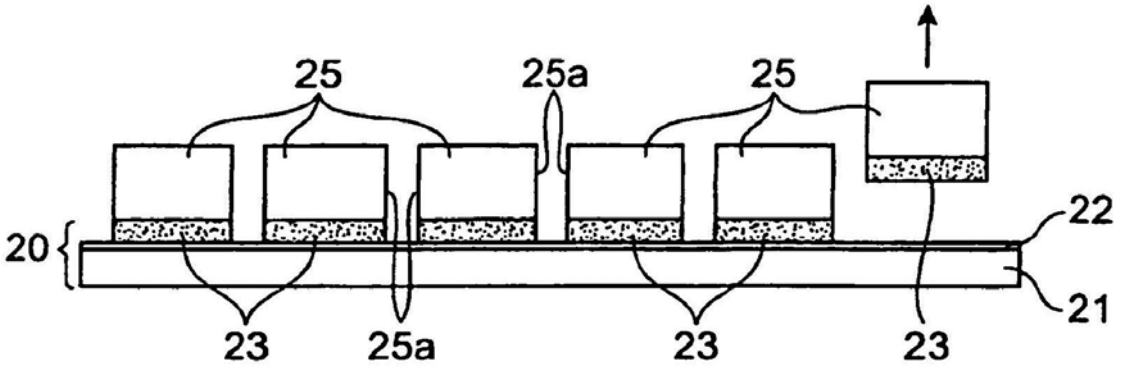


Fig.13B

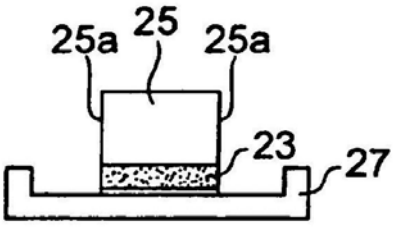


Fig.14A

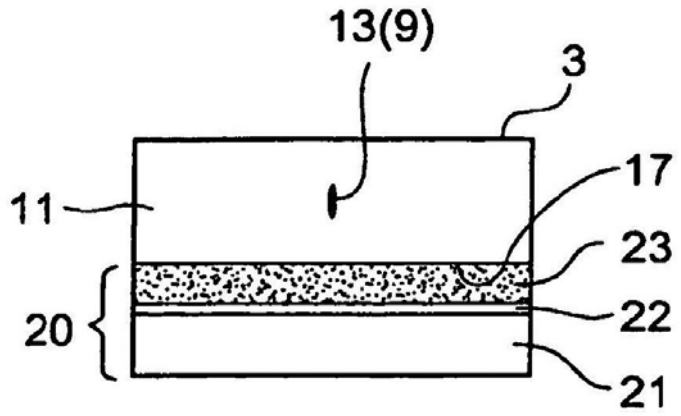


Fig.14B

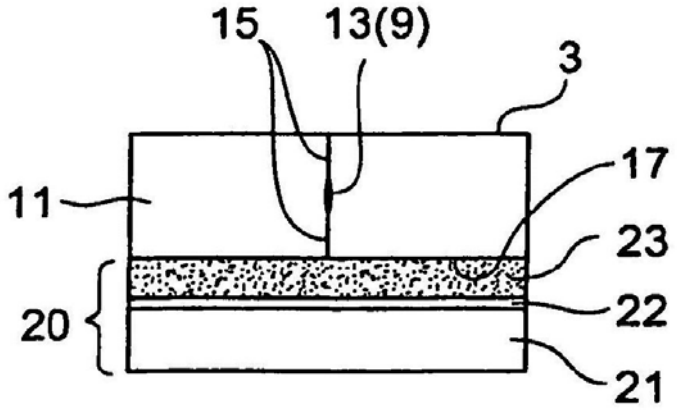


Fig.15A

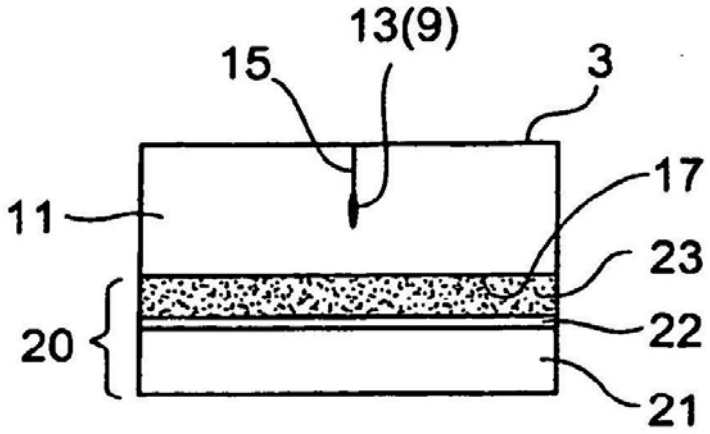


Fig.15B

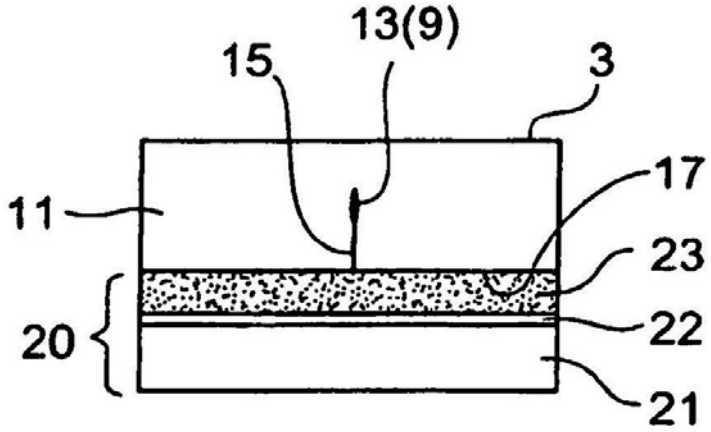


Fig.16A

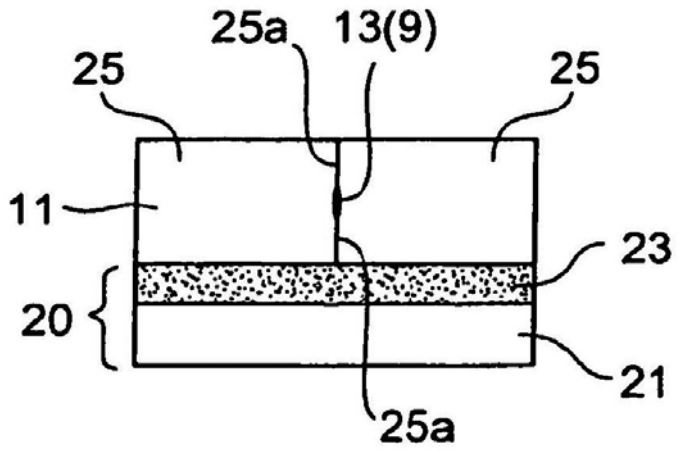


Fig.16B

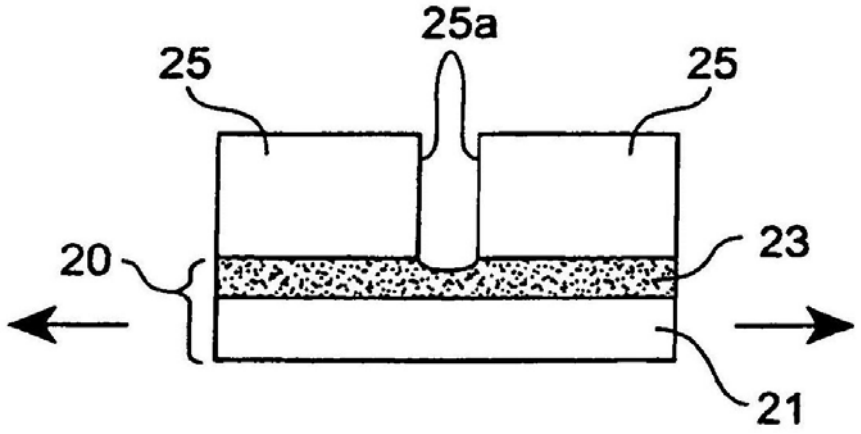


Fig.17A

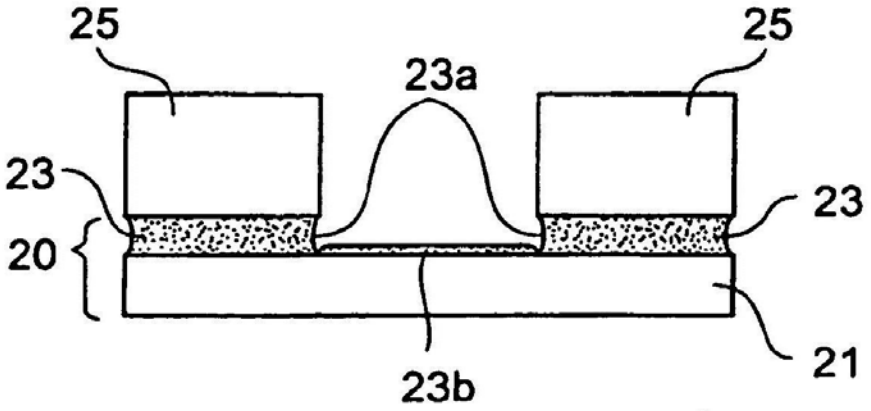


Fig.17B

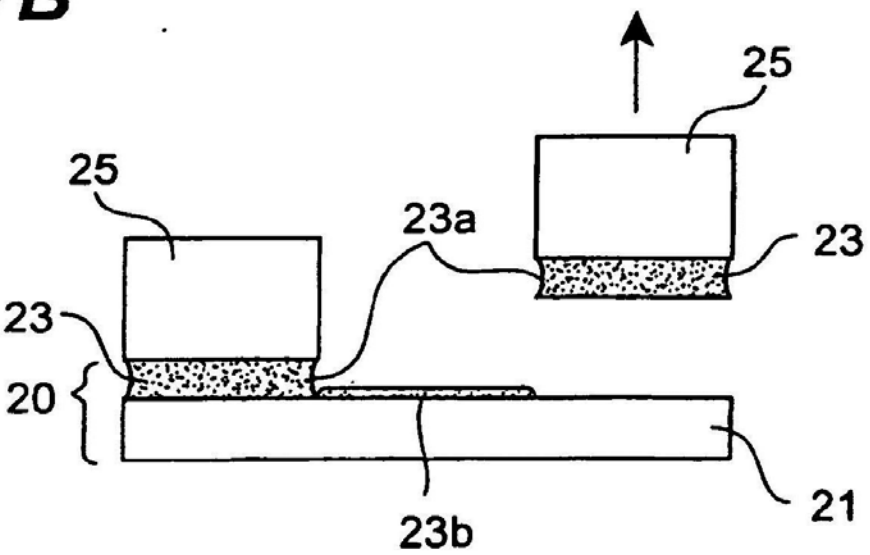


Fig.18

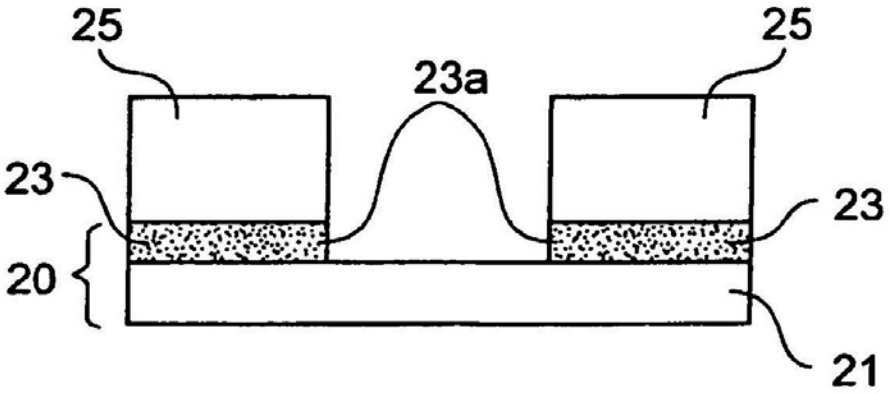


Fig.19A

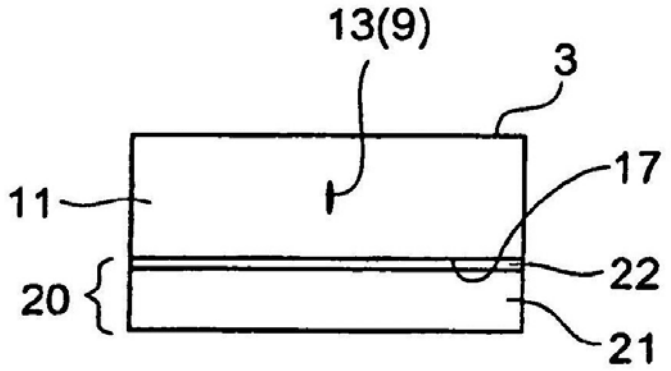


Fig.19B

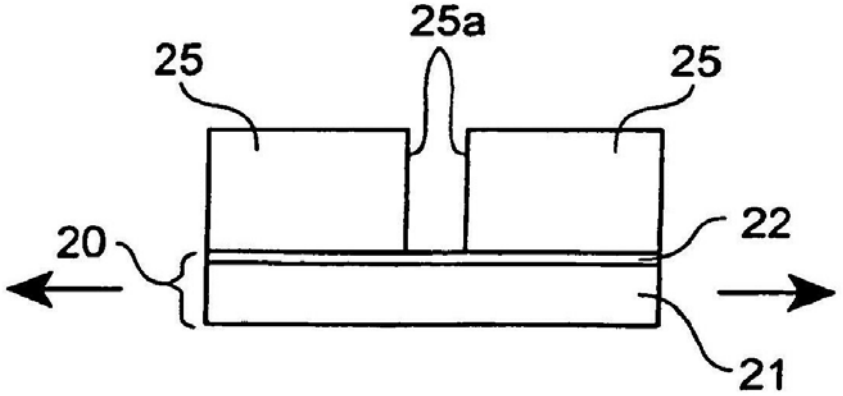


Fig.20A

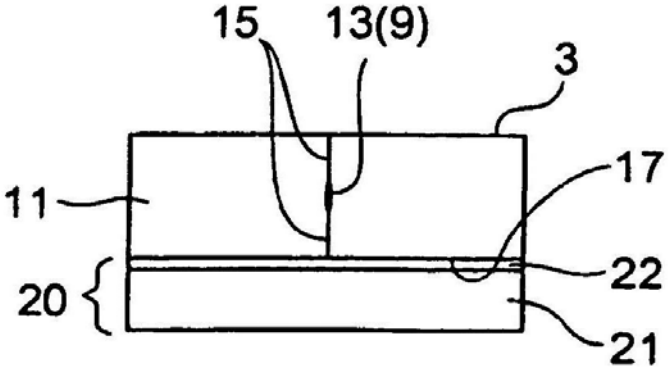


Fig.20B

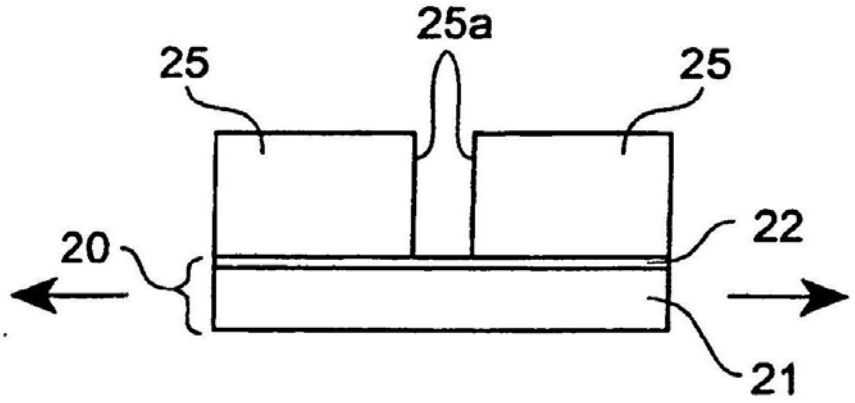


Fig.21A

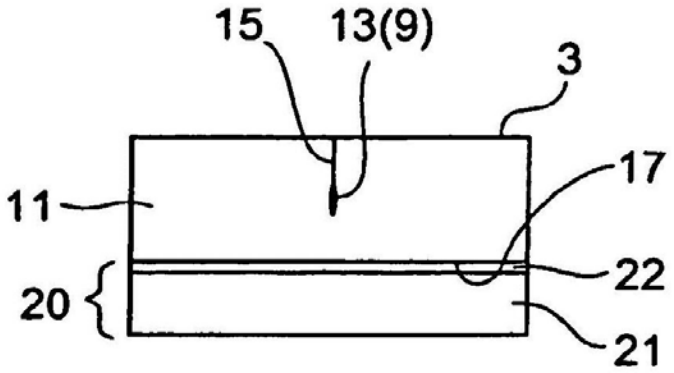


Fig.21B

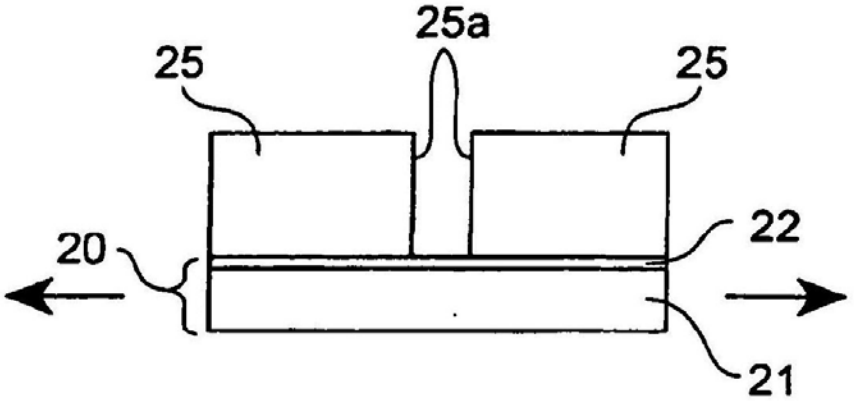


Fig.22A

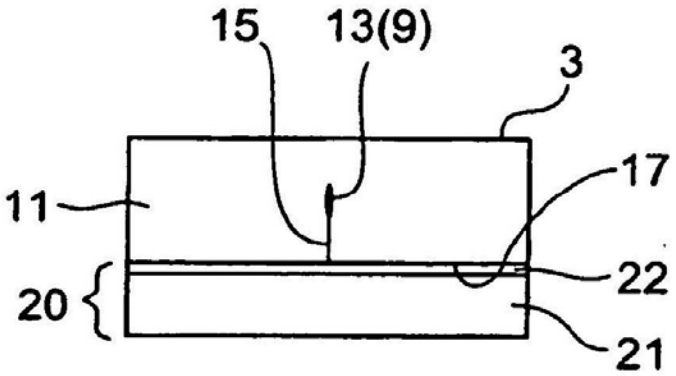


Fig.22B

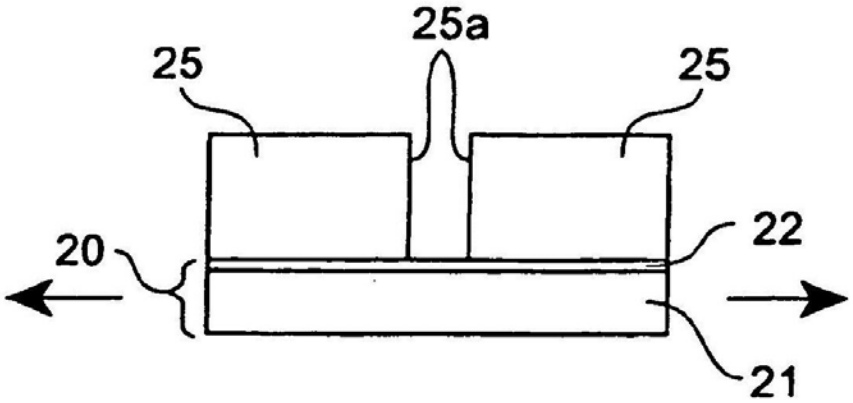


Fig.23

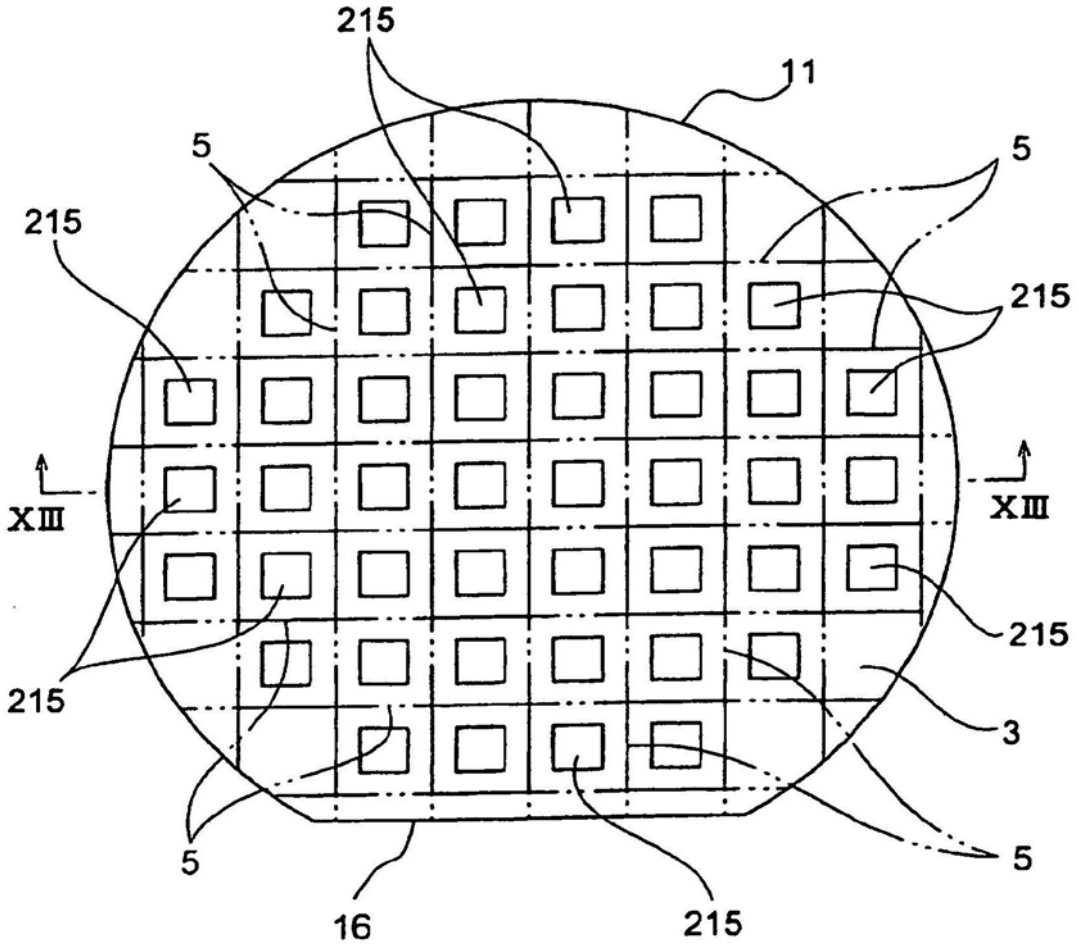


Fig.24A

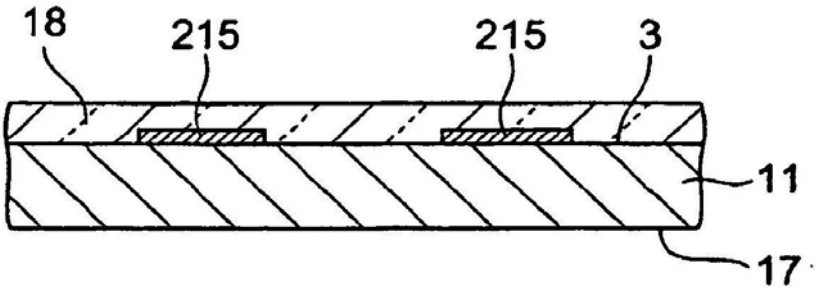


Fig.24B

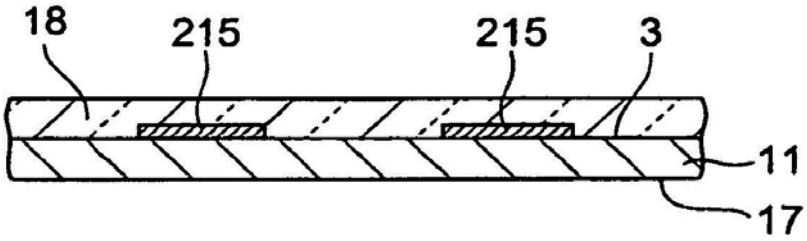


Fig.24C

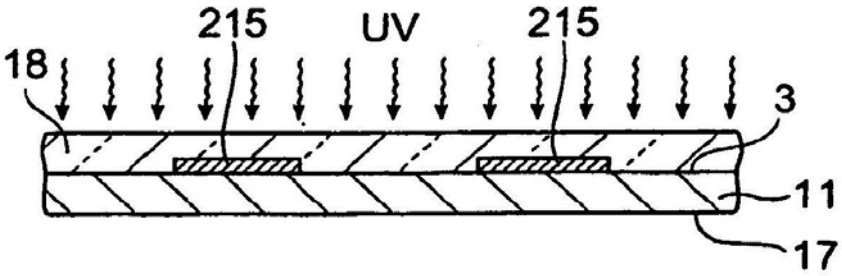


Fig.25A

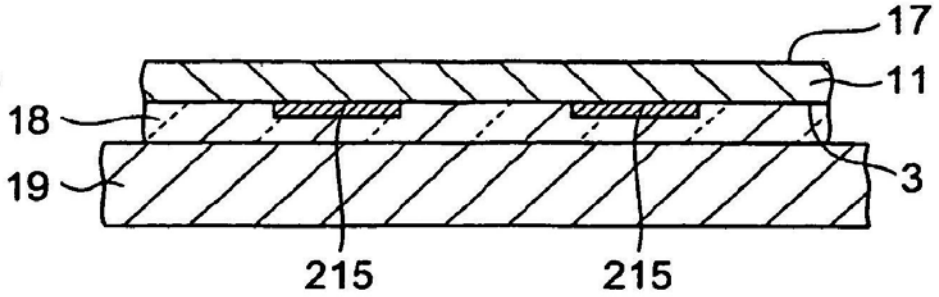


Fig.25B

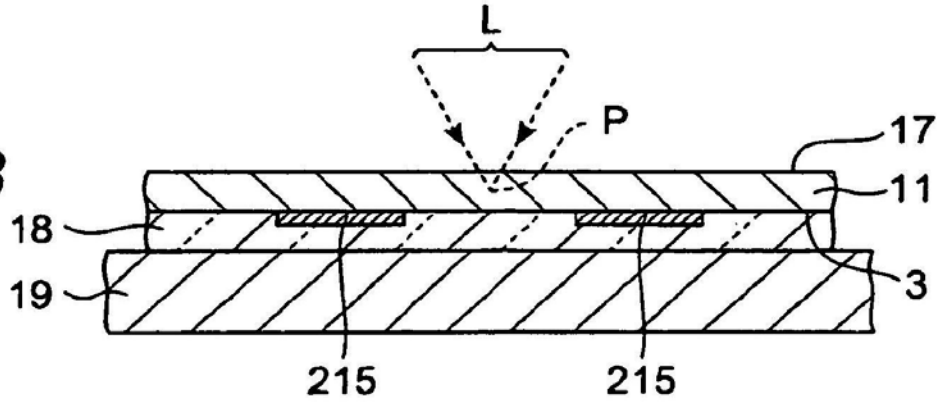


Fig.25C

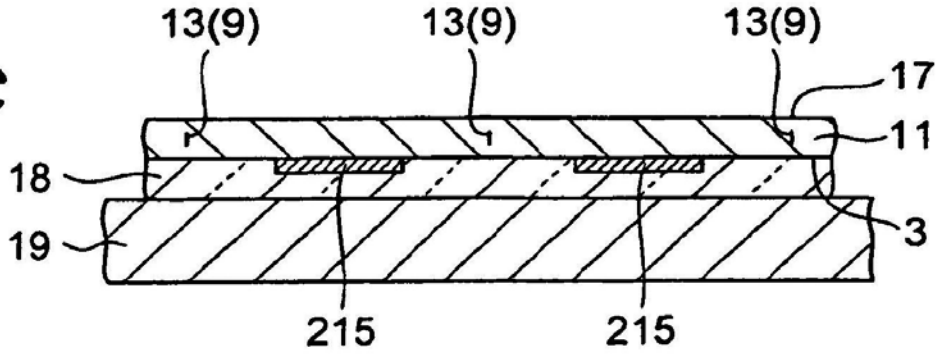


Fig.26A

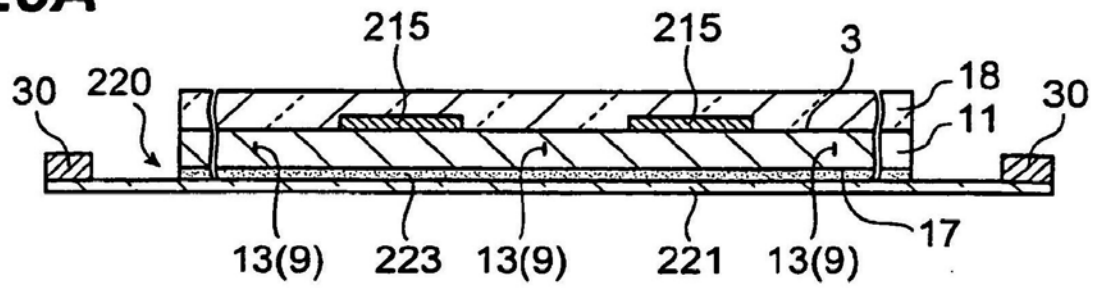


Fig.26B

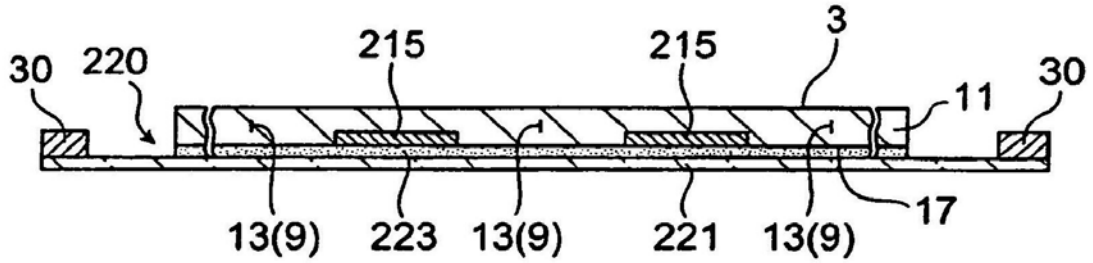


Fig.26C

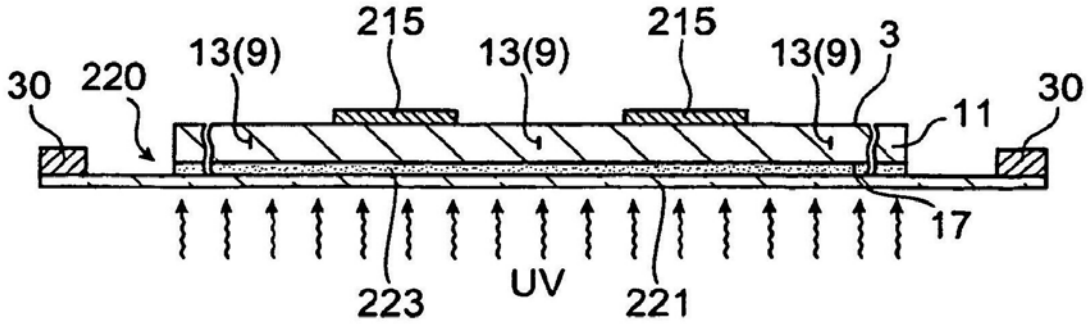


Fig.27A

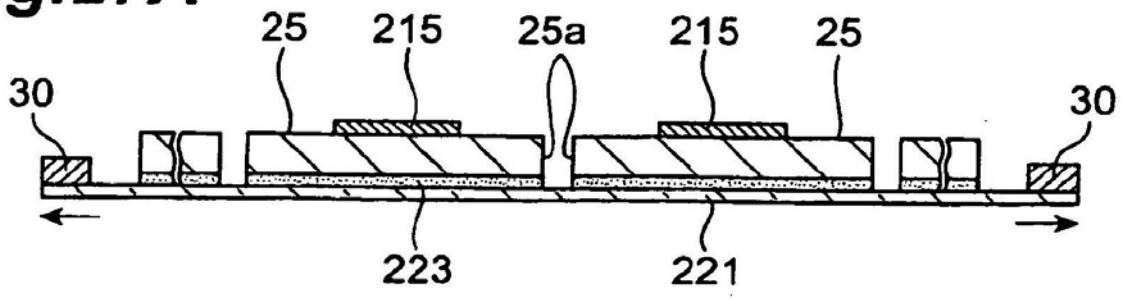


Fig.27B

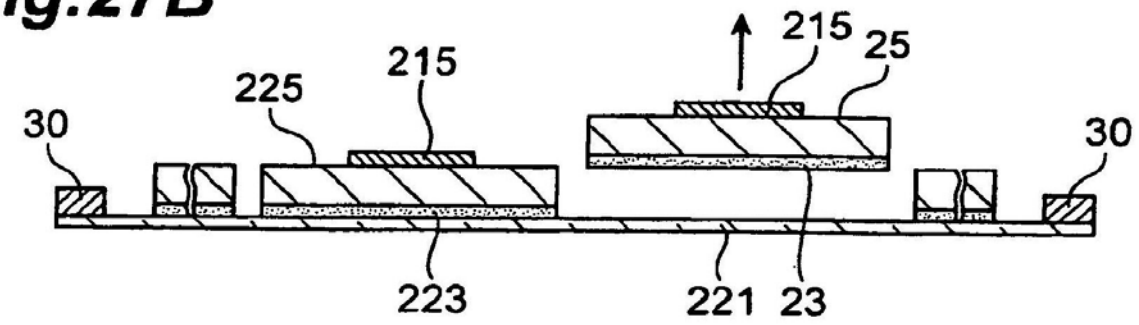
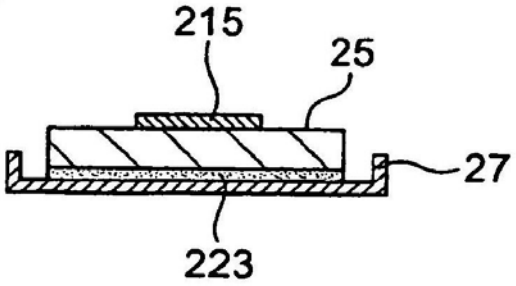



Fig.27C