

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 523 432**

51 Int. Cl.:

**B23K 26/36** (2014.01)

**B28D 5/00** (2006.01)

**H01L 21/301** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.07.2004 E 10009404 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.10.2014 EP 2269765**

54 Título: **Chip semiconductor cortado**

30 Prioridad:

**18.07.2003 JP 2003277039**

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

**25.11.2014**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**FUKUMITSU, KENSHI**

74 Agente/Representante:

**MILTENYI, Peter**

ES 2 523 432 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

Chip semiconductor cortado.

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un chip semiconductor según el preámbulo de la reivindicación 1 (ver, por ejemplo, WO 02122301).

10 **Antecedentes de la técnica**

El siguiente Documento 1, que no es un documento de patente, describe un procedimiento para cortar un objetivo de mecanizado mediante mecanizado por haz láser. El procedimiento de mecanizado por haz láser descrito en el Documento 1 tiene como objetivo cortar plaquetas de silicio, y utiliza luz que tiene una longitud de onda de alrededor de 1µm que se puede transmitir a través del silicio. La luz se hace converger en el interior de la plaqueta para formar continuamente una capa de modificación, y la plaqueta es cortada con la formación de la capa de modificación como iniciador.

[Documento 1, que no es un documento de patente] "LASER LIGHT DICING MACHINING IN SEMICONDUCTOR WAFER" escrito por Kazunao Arai, Revista de la *Society of Grinding Engineers*, Vol. 47, No. 5, Mayo de 2003. pp. 229-231.

**Descripción de la invención**

25 Cuando se corta la plaqueta de silicio mecanizada por medio del procedimiento de mecanizado por haz láser descrito anteriormente, se requiere aplicar una fuerza a la plaqueta en una dirección de flexión de la plaqueta que desarrolla grietas internas. Por consiguiente, se rebajaría un porcentaje productivo (*yielding percentage*) si se adopta un procedimiento para adherir una cinta de separación (*detaching tape*) a la parte trasera de la plaqueta de silicio en paralelo a la plaqueta de silicio para cortar la plaqueta de silicio (procedimiento de expansión).

30 Por lo tanto, la presente invención tiene un objeto de proporcionar un procedimiento de mecanizado por haz láser y un aparato de mecanizado por haz láser que puede cortar fácilmente un objetivo de mecanizado, y de proporcionar un producto mecanizado por haz láser que se corta fácilmente.

35 **Medios para resolver el problema**

En el chip semiconductor definido en la reivindicación 1 según la presente invención, el objetivo de mecanizado es un sustrato semiconductor, y la región tratada es una región procesada fundida. Debido a la irradiación de la luz láser al sustrato semiconductor, se forma la región de fusión y la pequeña cavidad (*minute cavity*).

40 En el chip semiconductor según la presente invención, las pequeñas cavidades se forman a lo largo de la línea de corte prevista, cada una de las pequeñas cavidades (*minute cavities*) están separadas. Debido a la separación de las pequeñas cavidades, la pequeña cavidad se puede formar de manera más eficiente.

45 **Breve descripción de los dibujos**

[Fig. 1] Una vista en planta que muestra un objetivo de mecanizado para someterlo a mecanizado por haz láser de acuerdo con un procedimiento de mecanizado por haz láser de una forma de realización.

50 [Fig. 2] Una vista en sección transversal del objetivo de mecanizado mostrado en la Fig. 1 que se toma a lo largo de II-II.

[Fig. 3] Una vista en planta del objetivo de mecanizado que se ha sometido al mecanizado por haz láser de acuerdo con el procedimiento de mecanizado por haz láser de la forma de realización.

55 [Fig. 4] Una vista en sección transversal del objetivo de mecanizado mostrado en la Fig. 3, que se toma a lo largo de IV-IV.

[Fig. 5] Una vista en sección transversal del objetivo de mecanizado mostrado en la Fig. 3 que se toma a lo largo de V-V.

60 [Fig. 6] Una vista en planta que muestra el objetivo de mecanizado cortado de acuerdo con un procedimiento de mecanizado por haz láser.

[Fig. 7] Un diagrama que muestra un aparato de mecanizado por haz láser aplicable a un procedimiento de mecanizado por haz láser.

[Fig. 8] Un diagrama de flujo que muestra un procedimiento de mecanizado por haz láser.

[Fig. 9] Una fotografía de una sección de una plaqueta de silicio cortada por un procedimiento de mecanizado por haz láser.

[Fig. 10] Una fotografía de una sección de una plaqueta de silicio cortada por un procedimiento de mecanizado por haz láser.

[Fig. 11] Una fotografía de toda una sección mostrada en Fig. 9 y Fig. 10.

[Fig. 12] Un diagrama que muestra una condición de un procedimiento de mecanizado por haz láser.

[Fig. 13] Una fotografía de una sección de una plaqueta de silicio cortada por un procedimiento de mecanizado por haz láser.

[Fig. 14] Una fotografía de una sección de una plaqueta de silicio cortada por un procedimiento de mecanizado por haz láser.

[Fig. 15] Un esbozo de la fotografía mostrada en la Fig. 14.

[Fig. 16] Un diagrama que muestra el fundamento de un procedimiento de mecanizado por haz láser.

[Fig. 17] Un diagrama que muestra el fundamento de un procedimiento de mecanizado por haz láser.

[Fig. 18] Un dibujo de una sección de una plaqueta de silicio cortada por un procedimiento de mecanizado por haz láser.

[Fig. 19] Un dibujo de una sección de una plaqueta de silicio cortada por un procedimiento de mecanizado por haz láser.

[Fig. 20] Un dibujo de una sección de una plaqueta de silicio cortada por un procedimiento de mecanizado por haz láser.

1: objetivo de mecanizado, 3: superficie, 5: línea de corte prevista, 7: región tratada, 8: pequeña cavidad

### Mejores modos de llevar a cabo la invención

El conocimiento de la presente invención se puede entender fácilmente considerando la siguiente descripción detallada con referencia a los dibujos adjuntos ilustrados sólo para ejemplificación. Posteriormente, se describirá una forma de realización según la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. Si es posible, los mismos elementos constituyentes están representados por los mismos números de referencia, y se omite la descripción coincidente de los mismos.

Se describirá el procedimiento de mecanizado por haz láser. De acuerdo con el procedimiento de mecanizado por haz láser, se forma una región tratada (región procesada fundida) por medio de absorción multifotónica, y también se forma una pequeña cavidad, cuya periferia no se varía sustancialmente en cuanto a estructura cristalina, en una posición predeterminada correspondiente a la región tratada. La absorción multifotónica es un fenómeno que ocurre cuando la intensidad de la luz láser es fuerte. En primer lugar, se describirá brevemente la absorción multifotónica.

Cuando la energía  $h\nu$  de los fotones es menor que la banda prohibida (*band gap*)  $E_G$  de absorción de un material, el material es ópticamente transparente. En consecuencia, una condición bajo la cual el material absorbe la luz es  $h\nu > E_G$ . Sin embargo, incluso cuando el material es ópticamente transparente, el material absorbe la luz bajo una condición de  $n h\nu > E_G$  ( $n = 2, 3, 4, \dots$ ) si se aumenta la intensidad de la luz láser. Este fenómeno se denomina absorción multifotónica. En el caso de una onda pulsada, la intensidad de la luz láser está determinada por la densidad de potencia pico del punto de enfoque ( $W/cm^2$ ), y la absorción multifotónica se produce bajo una condición en la que la densidad de potencia pico es  $1 \times 10^8$  ( $W/cm^2$ ) o mayor. La densidad de potencia pico se determina dividiendo (la energía por un pulso de luz láser en un punto de enfoque) por (el área seccional del punto del haz de la luz láser x anchura de pulso). En el caso de una onda continua, la intensidad de la luz láser está determinada por la intensidad del campo eléctrico ( $W/cm^2$ ) de la luz láser en un punto de enfoque.

El procedimiento de mecanizado por haz láser de esta forma de realización que utiliza la absorción multifotónica según se ha descrito anteriormente, se describirá con referencia a Fig. 1 hasta Fig. 6. Fig. 1 es una vista en planta

que muestra un objetivo de mecanizado 1 (sustrato semiconductor) en un proceso de mecanizado por haz láser, Fig. 2 es una vista en sección transversal del objetivo de mecanizado 1 mostrado en Fig. 1, tomado a lo largo de una línea II-II, Fig. 3 es una vista en planta que muestra el objetivo de mecanizado 1 después del proceso de mecanizado por haz láser, Fig. 4 es una vista en sección transversal del objetivo de mecanizado 1 mostrado en Fig. 3, tomado a lo largo de una línea IV-IV, Fig. 5 es una vista en sección transversal del objetivo de mecanizado mostrado en Fig. 3, tomado a lo largo de una línea V-V, y Fig. 6 es una vista en planta del objetivo de mecanizado 1 cortado.

Según se muestra en Fig. 1 y Fig. 2, se dibuja una línea de corte prevista 5 en la superficie 3 del objetivo de mecanizado 1. La línea de corte prevista 5 es una línea virtual que se extiende linealmente. El procedimiento de mecanizado por haz láser de acuerdo con esta forma de realización se ajusta a (*matches*) un punto de enfoque F en el interior del objetivo de mecanizado 1 bajo una condición en la que se produce absorción multifotónica, e irradia luz láser L al objetivo de mecanizado 1 para formar una región tratada 7. Se entiende que el punto de enfoque es una porción a la cual se enfoca la luz láser L.

La luz láser L se mueve relativamente a lo largo de la línea de corte prevista 5 (es decir, a lo largo de una dirección de una flecha A) con un paso (*pitch*) P predeterminado para mover de este modo el punto de enfoque F a lo largo de la línea de corte prevista 5, mediante lo cual se forma un región modificada que comprende un región tratada 7 y una pequeña cavidad a lo largo de la línea de corte prevista 5 sólo dentro del objetivo de mecanizado 1 según se muestra en Fig. 3 hasta Fig. 5. La región tratada 7 y la pequeña cavidad 8 se forman con el paso (*pitch*) predeterminado P con el cual se mueve la luz láser L según se muestra en Fig. 5. Este paso P es igual a la distancia entre pulsos (*pulse pitch*) de la luz láser L. La pequeña cavidad 8 se forma a una profundidad de mecanizado C, en el grosor B del objetivo de mecanizado 1. Según se muestra en Fig. 5, la pequeña cavidad 8 se forma en el lado opuesto a la región tratada 7 cuando se observa en la dirección de irradiación de la luz láser L. La región tratada 7 y la pequeña cavidad 8 se pueden formar de forma continua entre sí incluso cuando la región tratada 7 y la pequeña cavidad 8 se espacian entre sí con una distancia predeterminada. Según el procedimiento de mecanizado por haz láser de esta forma de realización, la región tratada 7 no se forma haciendo que el objetivo de mecanizado 1 absorba la luz láser L para calentar el objetivo de mecanizado 1, sino transmitiendo la luz láser L a través del objetivo de mecanizado 1 para inducir absorción multifotónica dentro del objetivo de mecanizado 1. En consecuencia, la luz láser L es apenas absorbida en la superficie 3 del objetivo de mecanizado 1, y por lo tanto la superficie 3 del objetivo de mecanizado 1 no se funde.

En el proceso de corte del objetivo de mecanizado 1, el objetivo de mecanizado 1 se puede cortar mediante la formación de la región tratada 7 y la pequeña cavidad 8 en el objetivo de mecanizado 1 para obtener un objeto mecanizado por haz láser según se ha descrito anteriormente, pegando una cinta al lado trasero del objetivo de mecanizado 1 y luego despegando la cinta del objetivo de mecanizado 1 en una dirección perpendicular a la línea de corte prevista 5 (ver Fig. 6). Cuando una porción a cortar tiene un punto de inicio de corte, el objetivo de mecanizado 1 se rompe a partir del punto de inicio de corte, y por lo tanto se puede cortar el objetivo de mecanizado 1 con una fuerza relativamente pequeña según se muestra en la Fig. 6. Por consiguiente, el objetivo de mecanizado 1 se puede cortar sin generar grietas innecesarias (en concreto, grietas que se desvían de la línea de corte prevista) en la superficie 3 del objetivo de mecanizado 1.

Una región procesada fundida es conocida como una de las regiones tratadas formadas por absorción multifotónica en esta forma de realización. En este caso, se hace converger la luz láser en el interior del objetivo de mecanizado (por ejemplo, un material semiconductor tal como una plaqueta de silicio o similar), y es irradiada bajo la condición en la que la intensidad del campo eléctrico en el punto de enfoque es igual a  $1 \times 10^8$  (W/cm<sup>2</sup>) o mayor y la anchura de pulso es igual a 1µs o menor, con lo que se calienta localmente el interior del objetivo de mecanizado por absorción multifotónica. Se forma una región procesada fundida dentro del objetivo de mecanizado por medio del calor.

Se entiende que la región procesada fundida es al menos una de entre una región que ha sido fundida una vez y luego re-solidificada, una región bajo un estado de fusión y una región que se fundió y ahora se está re-solidificando. Además, la región procesada fundida se puede denominar una región de fase variada o una región de estructura cristalina variada. Todavía adicionalmente, la región procesada fundida se puede denominar una región en la que una de entre una estructura monocristalina, una estructura amorfa y una estructura poli-cristalina es variada con otra estructura.

Es decir, se entiende que la región procesada fundida es una región variada de la estructura monocristalina a la estructura monocristalina, una región variada de la estructura monocristalina a la estructura policristalina o una región variada de la estructura monocristalina a una estructura que contiene la estructura amorfa y la estructura policristalina. El objetivo de mecanizado, de acuerdo con la presente invención, tiene una estructura monocristalina de silicio, se entiende que la delgada región procesada fundida es una estructura de silicio amorfa, por ejemplo. El valor límite superior de la intensidad del campo eléctrico es igual a  $1 \times 10^{12}$  (W/cm<sup>2</sup>), por ejemplo. El ancho de pulso se ajusta preferiblemente a 1ns hasta 200ns, por ejemplo.

Por otro lado, se entiende que la pequeña cavidad formada es una región alrededor de la cual no se varía sustancialmente la estructura cristalina. Cuando un objetivo de mecanizado tiene una estructura monocristalina de silicio, la porción periférica de la pequeña cavidad mantiene la estructura monocristalina de silicio.

5 A continuación, se describirá un ejemplo específico del procedimiento de mecanizado por haz láser. Fig. 7 muestra un aparato de mecanizado por haz láser 100 que usa el procedimiento de mecanizado por haz láser.

10 El aparato de mecanizado por haz láser 100 que se muestra en Fig. 7 está equipado con una fuente de luz láser 101 para generar luz láser L, un controlador de la fuente de luz láser 102 para controlar la fuente de luz láser 101 para el ajuste de la salida, el ancho de pulso, etc., de la luz láser L, un espejo dicróico 103 que tiene una función de reflejar la luz láser y está dispuesto de manera que se varía la dirección del eje óptico de la luz láser L en 90 grados, una lente condensadora 105 para hacer converger la luz láser L reflejada por el espejo dicróico 103, una tabla de soporte 107 para soportar sobre la misma el objetivo de mecanizado 1 al cual se irradia la luz láser L convergida por la lente condensadora 105, una plataforma 109 de eje X (y controlador) para mover la tabla de soporte 107 en la dirección del eje X, una plataforma 111 de eje Y (y controlador) para mover la tabla de soporte 107 en una dirección del eje Y perpendicular a la dirección del eje X, una plataforma 113 de eje Z (y controlador) para mover la tabla de soporte 107 en una dirección del eje Z perpendicular a las direcciones del eje X y eje Y, y un controlador de plataformas 115 (y controlador) para controlar el movimiento de las tres plataformas 109, 111 y 113. Además, hay un sistema óptico, no mostrado, para la expansión de la distribución Gaussiana de la luz láser, dispuesto entre la fuente de luz láser 101 y la lente condensadora 105. En esta forma de realización, el objetivo de mecanizado 1 es una plaqueta de silicio, y por lo tanto se pega una cinta de expansión 106 a la parte trasera del objetivo de mecanizado 1.

20 Dado que la dirección del eje Z es perpendicular a la superficie 3 del objetivo de mecanizado 1, ésta corresponde a la dirección de profundidad focal de la luz láser L al incidir en el objetivo de mecanizado 1. En consecuencia, el punto de enfoque F de la luz láser L se puede posicionar en el interior del objetivo de mecanizado 1 moviendo la plataforma del eje Z 113 en la dirección del eje Z. El movimiento del punto de enfoque F en la dirección del eje X (Y) se lleva a cabo moviendo el objetivo de mecanizado 1 en la dirección del eje X (Y) con la plataforma 109 (111) del eje X (Y). La plataforma 109 (111) del eje X (Y) es un ejemplo de un medio de movimiento.

25 La fuente de luz láser 101 es un láser Nd:YAG para emitir una luz láser pulsada. También se puede usar como fuente de luz láser 101 un láser Nd:YVO<sub>4</sub>, un láser Nd:YLF o un láser de titanio zafiro. Cuando la región tratada es una región procesada fundida, se utiliza preferentemente el láser Nd:YAG, el láser Nd:YVO<sub>4</sub> o el láser Nd:YLF. Cuando la región modificada es una región de índice de refracción variado (*refractive-index varied area*), se utiliza preferentemente el láser de titanio zafiro.

30 Para mecanizar el objetivo de mecanizado 1 se utiliza la luz láser pulsada, sin embargo, se puede utilizar la luz láser de onda continua en la medida en que puede inducir la absorción multifotónica. El término de la luz láser se define de forma amplia como que contiene un haz láser. La lente condensadora 105 es un ejemplo de un medio de convergencia de la luz. La plataforma del eje Z 113 es un ejemplo de un medio para posicionar el punto de enfoque de la luz láser en el interior del objetivo de mecanizado. El punto de enfoque de la luz láser se puede posicionar también en el interior del objetivo de mecanizado moviendo la lente condensadora 105 en la dirección del eje Z.

35 El aparato de mecanizado por haz láser 100 está equipado además con una fuente de luz de observación 117 para generar luz visible para irradiar la luz visible al objetivo de mecanizado 1 montado sobre la tabla de soporte 107, y un divisor de haz de luz visible 119 dispuesto en el mismo eje óptico que el espejo dicróico 103 y la lente condensadora 105. El espejo dicróico 103 está dispuesto entre el divisor de haz 119 y la lente condensadora 105. El divisor de haz 119 tiene una función de reflejar aproximadamente la mitad de la luz visible y de transmitir a través del mismo la otra mitad de la luz visible, y está dispuesto para variar la dirección del eje óptico de la luz visible en 90 grados. Aproximadamente la mitad de la luz visible generada por la fuente de luz de observación 117 es reflejada por el divisor de haz 119, y la luz visible así reflejada es transmitida a través del espejo dicróico 103 y la lente condensadora 105, y luego es irradiada a la superficie 3 que contiene el línea de corte prevista 5, etc., del objetivo de mecanizado 1.

40 El aparato de mecanizado por haz láser 100 está equipado además con un divisor de haz 119, y un elemento de captación de imagen 121 y una lente de formación de imagen 123 que están dispuestos en el mismo eje óptico que el espejo dicróico 103 y la lente condensadora 105. Una cámara CCD (dispositivo de carga acoplada - *charge-coupled device*) se conoce como el elemento de captación de imagen 121. La luz de reflexión de la luz visible irradiada a la superficie 3 que contiene el línea de corte prevista 5, etc., es transmitida a través de la lente condensadora 105, el espejo diacrónico 103 y el divisor de haz 119, reflejada en la lente de formación de imagen 123 y luego captada por el elemento de captación de imagen 121 para obtener datos de captación de imagen.

45 El aparato de mecanizado por haz láser 100 está equipado además con un procesador de datos de captación de imagen 125 el cual recibe la salida de datos de captación de imagen procedentes del elemento de captación de imagen 121, un controlador global 127 para controlar todo el aparato de mecanizado por haz láser 100, y un monitor 129. El procesador de datos de captación de imagen 125 calcula los datos del punto de enfoque en el cual se

5 posiciona el punto de enfoque de la luz visible generada por la fuente de luz de observación 117 en base a los datos de captación de imagen. El controlador de plataformas 115 controla el movimiento de la plataforma del eje Z 113 en base a los datos del punto de enfoque de manera que se posiciona el punto de enfoque de la luz visible en la superficie 3. En consecuencia, el procesador de datos de captación de imagen 125 realiza cálculos como una unidad de enfoque automático. El procesador de datos de captación de imagen 125 calcula los datos de imagen tales como una imagen ampliada de la superficie 3 o similar en base a los datos de captación de imagen. Los datos de imagen se transmiten al controlador global 127 para ser sometidos a diversos tipos de procesamiento en el controlador global, y luego se transmiten a un monitor 129, con lo cual se muestra en el monitor 129 una imagen ampliada o similar.

10 El controlador global 127 es suministrado con datos procedentes del controlador de plataformas 115, datos de imagen procedentes del procesador de datos de captación de imagen 125, etc., para controlar el controlador de la fuente de luz láser 102, la fuente de luz de observación 117 y el controlador de plataformas 115 en base a estos datos, controlando de este modo todo el aparato de mecanizado por haz láser 100. Por lo tanto, el controlador global 127 funciona como una unidad informática.

15 A continuación, se describirá el procedimiento de mecanizado por haz láser de acuerdo con esta forma de realización con referencia a Fig. 7 y Fig. 8. Fig. 8 es un diagrama de flujo que muestra el procedimiento de mecanizado por haz láser. El objetivo de mecanizado 1 es una plaqueta de silicio.

20 En primer lugar, se mide la característica de absorción óptica del objetivo de mecanizado 1 mediante un espectrofotómetro (no mostrado). En base a este resultado de medición (S101), se selecciona una fuente de luz láser 101 para generar una luz láser L que tiene una longitud de onda que es transparente para el objetivo de mecanizado 1 o es absorbida ligeramente por el objetivo de mecanizado 1. Posteriormente, se mide el grosor del objetivo de mecanizado 1. Se determina una cantidad de movimiento del objetivo de mecanizado 1 en la dirección del eje Z en base al resultado de la medición del grosor y al índice de refracción del objetivo de mecanizado 1 (S103). Esta cantidad de movimiento corresponde a una cantidad de movimiento del objetivo de mecanizado 1 en la dirección del eje Z con respecto al punto de enfoque de la luz láser L situado en la superficie 3 del objetivo de mecanizado 1 con el fin de posicionar el punto de enfoque F de la luz láser L en el interior del objetivo de mecanizado 1. Esta cantidad de movimiento es proporcionada al controlador global 127.

30 El objetivo de mecanizado 1 es montado sobre la tabla de soporte 107 del aparato de mecanizado por haz láser 100, y luego se emite la luz visible desde la fuente de luz de observación 117 para irradiar la luz visible al objetivo de mecanizado 1 (S105). El elemento de captación de imagen 121 capta una imagen de la superficie 3 del objetivo de mecanizado 1 que contiene la línea de corte prevista 5 irradiada de este modo. Los datos de captación de imagen así obtenidos se transmiten al procesador de datos de captación de imagen 125. El procesador de datos de captación de imagen 125 calcula los datos de enfoque en base a los datos de captación de imagen de manera que se posiciona el punto de enfoque de la luz visible de la fuente de luz de observación 117 en la superficie 3 (S107).

35 Los datos de enfoque obtenidos de este modo se transmiten al controlador de plataformas 115. El controlador de plataformas 115 mueve la plataforma del eje Z 113 en la dirección del eje Z en base a los datos de enfoque (S109), con lo que se sitúa el punto de enfoque de la luz visible de la fuente de luz de observación 117 en la superficie 3. El procesador de datos de captación de imagen 125 calcula los datos de la imagen ampliada de la superficie 3 del objetivo de mecanizado 1 que contiene la línea de corte prevista 5 en base a los datos de captación de imagen. Los datos de captación de imagen ampliada son transmitidos al monitor 129 a través del controlador global 127, mediante lo cual se visualiza en el monitor 129 una imagen ampliada alrededor de la línea de corte prevista 5.

40 Los datos de cantidad de movimiento determinados en la etapa S103 son proporcionados al controlador global 127 de forma anticipada, y los datos de cantidad de movimiento proporcionados de este modo son transmitidos al controlador de plataformas 115. En base a los datos de cantidad de movimiento, el controlador de plataformas 115 mueve el objetivo de mecanizado 1 en la dirección del eje Z con la plataforma del eje Z 113 de manera que se posiciona el punto de enfoque F de la luz láser L en el interior del objetivo de mecanizado 1 (S111).

45 Posteriormente, se establece la línea de corte prevista 5 en la superficie 3 del objetivo de mecanizado 1. El establecimiento de la línea de corte prevista 5 es el establecimiento de la posición de exploración del láser para cortar por el lugar deseado. También es preferible para establecer la línea de corte planificada 5, una manera es utilizar información de posicionamiento de forma cuadrícula (*dicing-street*) predeterminada por unos datos de planificación, y otra manera es observar la superficie, o medir la información de la superficie. Es decir, establecer la línea de corte prevista 5 es controlar el aparato de mecanizado por láser para irradiar el haz láser a la posición deseable del objetivo de mecanizado. Posteriormente, la luz láser L es emitida desde la fuente de luz láser 101, y luego irradiada a la línea de corte prevista 5 en la superficie 3 del objetivo de mecanizado 1. El punto de enfoque F del haz láser L es posicionado dentro del objetivo de mecanizado 1, y se forma una región procesada fundida como una región modificada sólo dentro del objetivo de mecanizado 1. La plataforma del eje X 109 o la plataforma del eje Y 111 es movida con un paso inicial P a lo largo de la línea de corte prevista 5 para formar regiones procesadas fundidas con el paso predeterminado P a lo largo de la línea de corte prevista 5 del objetivo de mecanizado 1. A

medida que se forman las regiones procesadas fundidas según se ha descrito anteriormente, se forman pequeñas cavidades en conexión con las respectivas regiones procesadas fundidas (S113). La cinta de expansión 106 pegada a la parte trasera del objetivo de mecanizado 1 es expandida en la dirección del borde periférico de la plaqueta para separar el objetivo de mecanizado 1 en partes a lo largo de la línea de corte prevista 5, cortando de este modo el objetivo de mecanizado 1 (S115). Por consiguiente, el objetivo de mecanizado 1 es dividido en chips de silicio (producto mecanizado) de acuerdo con la presente invención.

Además, en la plaqueta de silicio de acuerdo con la presente invención como sustrato semiconductor, se provoca que las fracturas se produzcan en la dirección de la sección transversal con las partes de corte previstas formadas por la región tratada que incluye las regiones procesadas fundidas (que se forman a lo largo de la línea de corte prevista) y la pequeña cavidad como iniciadores, y estas fracturas llegan a la superficie y la cara trasera de la plaqueta de silicio de manera que, como resultado, se corta la plaqueta de silicio. En algunos casos, estas fracturas que llegan a la superficie y a la cara trasera de la plaqueta de silicio crecen de forma natural; en otros casos, se provoca que las fracturas crezcan por la aplicación de una fuerza a la plaqueta de silicio. Además, en los casos en que las fracturas crecen de forma natural hasta la superficie y la cara trasera de la plaqueta de silicio desde la parte de corte prevista, puede haber casos en los que las fracturas crecen desde un estado en el cual las regiones procesadas fundidas de la región tratada que forman las partes de corte previstas están en un estado fundido, casos en los que las fracturas crecen cuando las regiones procesadas fundidas que forman las partes de corte previstas se re-solidifican desde un estado fundido, y casos en los que las fracturas crecen por una tensión que causa una distribución de tensiones en la superficie de corte alrededor de la región procesada fundida y la pequeña cavidad. En cualquier caso, las regiones procesadas fundidas o las pequeñas cavidades se forman sólo en el interior de la plaqueta de silicio, de modo que en las superficies cortadas que siguen el corte, se forman las regiones procesadas fundidas sólo en el interior. Cuando las partes de corte previstas están formadas por regiones procesadas fundidas y pequeñas cavidades en el interior del sustrato semiconductor, no se producen fracturas innecesarias que se desvían de las líneas de la parte de corte previstas en el momento de la fractura; en consecuencia, el control de la fractura es fácil. Además, con la formación de las pequeñas cavidades, la distribución de la tensión se produce alrededor de las regiones procesadas fundidas y las pequeñas cavidades, de modo que la plaqueta de silicio es fácil de cortar.

Fig. 9 y Fig. 10 son fotografías de la sección transversal de la plaqueta de silicio que se corta de acuerdo con el procedimiento de mecanizado por haz láser descrito anteriormente. Las fotografías de Fig. 9 y Fig. 10 muestran la misma sección transversal de la plaqueta de silicio en diferentes escalas. La condición detallada cuando se forma la sección transversal mostrada en Fig. 9 y Fig. 11 es como sigue.

(A) Pieza de trabajo: plaqueta de silicio (grosor: 100 $\mu$ m)

(B) Laser

Fuente de luz: láser semiconductor láser de excitación Nd:YAG

Longitud de onda: 1064nm

Diámetro del haz: 3,99mm

Ángulo de propagación: 2,3mrad

Frecuencia repetitiva: 40kHz

Ancho de pulso: 200nseg

Distancia entre pulsos (*pulse pitch*): 7 $\mu$ m

Profundidad de mecanizado: 13 $\mu$ m

Energía de pulso: 20 $\mu$ J/pulso

(C) Lente condensadora

Apertura numérica: 0,8

(D) Velocidad de movimiento de la tabla de soporte en la que se monta el objetivo de mecanizado: 280mm/seg

En la región procesada fundida (región tratada) 13 de la sección transversal mostrada en Fig. 9 y Fig. 10, la anchura en la dirección del grosor de la plaqueta de silicio (en la dirección vertical en Fig. 9 y Fig. 10) es igual a aproximadamente 13 $\mu$ m, y la anchura en la dirección de movimiento del láser (en la dirección horizontal en Fig. 9 y Fig. 10) es igual a aproximadamente 3 $\mu$ m. En la pequeña cavidad 8, la anchura en la dirección del grosor de la plaqueta de silicio (en la dirección vertical en Fig. 9 y Fig. 10) es igual a aproximadamente 7 $\mu$ m, y la anchura en la dirección de movimiento del láser (en la dirección horizontal Fig. 9 y Fig. 10) es igual a aproximadamente 1,3 $\mu$ m. El espacio entre la región procesada fundida 13 y la pequeña cavidad 8 es igual a aproximadamente 1,2 $\mu$ m. Fig. 11 es una fotografía de una sección completa mostrada en Fig. 9 y Fig. 10.

A continuación se describirán los resultados del análisis de *Raman* de la sección transversal mostrada en Fig. 9 y Fig. 10. A continuación se describe un dispositivo de medición y un procedimiento de medición.

(1) Aparato: *Ramanor U-1000 (Jobin Yvon)* (II)

(2) Modo de medición: microscopio Micro-sonda (*Olympus* del tipo *BH-2*)

Divisor de haz: sistema de irradiación, R = 25%

Sistema de convergencia de luz, R = 100%

Objetivo: x90 (punto de enfoque largo)

- (3) Fuente de luz: láser de Ar+ 457,9 nm  
 (4) Luz polarizada: luz incidente P, luz dispersada S+P  
 (5) Espectroscopio: U-1000 (Red de difracción: Holográfica Plana 1800gr/mm)  
 (6) Detector: CCD Jobin Yvon

5 El análisis Raman se lleva a cabo en una posición de medición 1 en las proximidades de la región procesada fundida 13, una posición de medición 2 en las proximidades de la pequeña cavidad 8, una posición de medición 3 entre la región procesada fundida 13 y la pequeña cavidad 8, y una posición de medición 4 en el lado superior de la región procesada fundida 13.

10 (Estimación de Si amorfo)  
 Ningún rayo Raman originado desde el Si amorfo fue observado claramente desde cualquier posición. Esto significa que no existió Si amorfo o existió una cantidad de Si amorfo que no superó el límite de detección.

15 (Estimación de cristalinidad)  
 Los espectros en las posiciones de medición 2, 3 y 4 tenían el mismo grado de la mitad de la anchura completa máxima. Además, en comparación con el Si de referencia (110), tenían el mismo grado que el Si de referencia. Por lo tanto, se considera que podría existir Si mono-cristalino con una alta cristalinidad en todas las posiciones de medición 2, 3 y 4. Por otro lado, se observó un rayo Raman amplio en la posición de medición 1, y por lo tanto se considera que podría existir Si poli-cristalino en la posición de medición 1.

20 (Estimación de la tensión)  
 Se considera que se puede producir una tensión de compresión extremadamente grande en la posición de medición 1. Además, se considera que se podría producir una tensión de compresión en la posición de medición 3, y también se considera que se podría producir una ligera tensión en las posiciones de medición 2 y 4 que se corresponde con el límite inferior de detección.

30 Aquí, se describirá con referencia a la Fig. 12 un resultado de la estimación del rendimiento del corte cuando se utilizaron unas regiones modificadas formadas con un paso (*pitch*) de 5 mm en las direcciones horizontal y vertical en relación a un plano de orientación en una plaqueta de silicio de 6 pulgadas de tamaño y 100µm de grosor y se llevó a cabo a continuación una separación expansora mientras se variaba la distancia entre pulsos (*pulse pitch*) y la profundidad de mecanizado de manera que la plaqueta de silicio fue dividida en chips plurales de 5mm x 5mm.

35 Esta estimación se obtuvo estimando el estado de la superficie y el rendimiento del corte cuando se fijó la distancia entre pulsos (*pulse pitch*) y se varió la profundidad de mecanizado (la profundidad en la que se forma la pequeña cavidad) de 45µm a 90µm en una plaqueta de 100µm de grosor. En la fig. 12, "CM, montaña" significa "corte medio, tendencia de la montaña", e indica que las grietas o similares aparecen en una superficie de la plaqueta de silicio en el lado de incidencia del láser. "SI, valle" significa "sigilo, tendencia del valle", e indica que las grietas o similares aparecen en la superficie opuesta al lado de incidencia del láser. "SI" significa "sigilo", e indica que no se observan grietas o similares en cualquier superficie. Un "círculo" indica que la plaqueta de silicio se puede cortar en todas las partes cuando se expande la cinta pegada a la parte trasera de la plaqueta de silicio para llevar a cabo la separación expansora, y un triángulo indica que la plaqueta de silicio no se puede cortar en todas las partes.

45 Es evidente a partir de la Fig. 12 que la distancia preferible entre pulsos (*pulse pitch*) es de alrededor de 4,00µm. Es preferible que la profundidad de mecanizado (la profundidad en la que se forma la pequeña cavidad) sea grande. Es preferible que la distancia entre pulsos no aumente mucho. Estimándolas totalmente, la distancia entre pulsos se establece preferiblemente en 1,00µm hasta 7,00µm, y más preferiblemente en 3,00µm hasta 5,00µm. Además, la profundidad de mecanizado (la profundidad en la que se forma la pequeña cavidad) se establece preferiblemente en 45µm hasta 90µm en una plaqueta de 100µm, y más preferiblemente en 65µm hasta 85µm.

50 Por ejemplo, cuando la plaqueta de silicio tiene un grosor grande de 300µm, es preferible llevar a cabo repetidamente el proceso de mecanizado por haz láser descrito anteriormente mientras se varía la profundidad de mecanizado, y se forma una combinación de una región procesada fundida y una pequeña cavidad en al menos una etapa.

55 Fig. 13 y Fig. 14 son fotografías de la sección transversal de la gruesa plaqueta de silicio que se corta de acuerdo con el procedimiento de mecanizado por haz láser descrito anteriormente. La fotografía de la Fig. 13 es la gruesa plaqueta de silicio 2 que se mecaniza desde la superficie 21 hasta la superficie 22. Como resultado, se forman las regiones modificadas 201 a 206. En la región modificada 203, una pequeña cavidad no es visible; debido a la realización del procedimiento de mecanizado por haz láser múltiples veces. En la región modificada 201, 202, 203, 204, las pequeñas cavidades son visibles. Formando las pequeñas cavidades, la distribución de la tensión se produce alrededor de la región procesada fundida y las pequeñas cavidades, de modo que el corte es fácil. Además, las pequeñas cavidades son un punto de inicio para el corte, cuando se añade potencia desde fuera. Entonces, es necesaria una condición de corte fácil para cortar y separar el sustrato semiconductor mientras se expande una cinta

que lo fijaba. La condición es la formación de las pequeñas cavidades. La formación de la región procesada fundida y las pequeñas cavidades es especialmente eficaz para cortar el sustrato semiconductor.

La fotografía de la Fig. 14 es la gruesa plaqueta de silicio 2a que se mecaniza con el mismo procedimiento de la Fig. 13. En la Fig. 15 se muestra el esbozo de la Fig. 14. En la gruesa plaqueta de silicio 2a, se forma una región modificada 211 y 212. La región modificada 211 tiene una región tratada de fusión 211a, y una pequeña cavidad 211b. La región modificada 212 tiene una región tratada de fusión 212a de fusión, y una pequeña cavidad 212b. Las pequeñas cavidades 212b se forman por igual. Por otro lado, las pequeñas cavidades 212b no se forman por igual, de modo que hay una región 211c en la que no se forma una pequeña cavidad. Se forma una región en la que es difícil formar una pequeña cavidad bajo condición de la superficie. En este caso, se forma una región tratada de fusión 211a a lo largo de la línea de corte prevista de forma continua; por otra parte, se forma una pequeña cavidad 212b aquí y allá. Incluso en este caso, esa existencia de la pequeña cavidad hace que el corte sea fácil. Se forman unos puntos de inicio de corte a lo largo de la línea de corte prevista, debido a la formación de una región tratada de fusión 211a casi de forma continua. Incluso si la pequeña cavidad no existiera a lo largo de la línea de corte prevista, existe la pequeña cavidad 212b para que crezca la fractura. En una palabra, debido a la formación de una región tratada (una primera región) que incluye una región tratada en el objetivo de mecanizado a lo largo de una línea de corte prevista del objetivo de mecanizado y a la formación de una región de pequeña cavidad (una segunda región) que incluye una pequeña cavidad a lo largo de al menos una parte de la línea de corte prevista, éstas están funcionando para el punto de inicio, por lo que el objetivo de mecanizado es fácil de cortar. En el caso de cortar un sustrato semiconductor que tiene un buen carácter de escisión (por ejemplo, GaAs), esto no es necesario para la formación de la zona modificada (la región tratada y la pequeña cavidad) a lo largo de toda la línea de corte prevista. En este caso, la región modificada se forma preferiblemente a lo largo de una parte de la línea de corte prevista. También se prefiere la formación de la región modificada sólo una parte que mejora la precisión del corte.

Cuando se forma un patrón sobre una superficie de una plaqueta de silicio, preferiblemente se hace que un haz láser incida desde una superficie opuesta a la superficie con el patrón formado. La sección rota del lado de la pequeña cavidad tiende a ser más suave que la sección rota de la región procesada fundida, y por lo tanto se puede mejorar la producción de buenos productos en gran medida cuando se forman las pequeñas cavidades en la superficie con el patrón formado. Concretamente, según se muestra en la Fig. 18, en una plaqueta de silicio 180 que tiene una superficie formada con un elemento funcional 181 (dispositivo funcional), se forma la pequeña cavidad 182 en el lado de la superficie, de modo que se mejora la precisión de división del lado del elemento funcional 181. En consecuencia, es capaz de mejorar una tasa de calidad de artículo, y de mejorar la eficiencia de la producción. Para cortar un sustrato semiconductor que tiene una región modificada formada en su interior mediante la expansión de una cinta fijada al sustrato semiconductor, es necesaria una condición de corte fácil. La condición se satisface con la existencia de la pequeña cavidad. Es de modificación efectiva para formar una región procesada fundida con la pequeña cavidad, en el caso de cortar un sustrato semiconductor. En caso de cortar la plaqueta de silicio 180 que se muestra en la fig. 18, se fija la plaqueta de silicio 180 en una cinta 183. Después de eso, se expande la cinta 183 para cortar la plaqueta de silicio 180, mostrado en la fig. 20. Ya sea el caso de fijar la cinta 183 a la plaqueta de silicio 180 después de formar una región modificada o el caso de hacerlo antes de formar una zona modificada, es aceptable para el proceso de corte.

Es preferible que la distribución gaussiana se extienda con respecto a la apertura de la lente para utilizar un haz incidente en la lente como un sombrero de copa (es preferible para aumentar la energía de un haz de luz que tiene una gran apertura numérica). La apertura numérica se establece preferiblemente en el rango de 0,5 a 1,0.

El ancho de pulso se establece preferiblemente en 500nseg o menos. Más preferiblemente, se establece en el rango de 10nseg a 500nseg. Más preferiblemente, se establece en el rango de 10nseg a 300nseg. Aún más preferiblemente, se establece en el rango de 100nseg a 200nseg.

Se considera que la región procesada fundida y la pequeña cavidad están emparejadas y también que la profundidad de cada una de ellas tiene una relación predeterminada con el grosor de la plaqueta de silicio. En particular, la región procesada fundida y la pequeña cavidad tienen una relación predeterminada entre sí de acuerdo con la apertura numérica.

La dirección de corte es preferiblemente paralela o vertical al plano de orientación (pla-ori). Es preferible formar las regiones procesadas fundidas a lo largo de la orientación de los cristales.

Se utiliza una plaqueta semiconductor hecha de silicio para el objetivo de mecanizado; la materia prima no es necesariamente silicio. Por ejemplo, la materia prima se selecciona de entre un semiconductor compuesto que incluye un compuesto de elemento del grupo IV excepto silicio o elemento del grupo IV como SiC, un semiconductor compuesto que incluye elementos del grupo III-V, un semiconductor compuesto que incluye elementos del grupo II-VI, y un semiconductor compuesto dopado con varias impurezas.

La luz láser pulsada L es irradiada a la línea de corte prevista 5 bajo una condición en la que se puede inducir la absorción multifotónica y mientras se posiciona el punto de enfoque F en el interior del objetivo de mecanizado 1. El

punto de enfoque F se mueve con un paso (*pitch*) P predeterminado a lo largo de la línea de corte prevista 5 moviendo la plataforma del eje X 109 y la plataforma del eje Y 111, con lo que se forman las regiones tratadas a lo largo de la línea de corte prevista 5 en el objetivo de mecanizado 1, y también se forman las pequeñas cavidades. En consecuencia, el objetivo de mecanizado 1 se puede cortar sin generar grietas innecesarias fuera de la línea de corte prevista 5 en la superficie 3 del objetivo de mecanizado 1.

Además, la luz láser pulsada L es irradiada a la línea de corte prevista 5 bajo una condición en la que se induce la absorción multifotónica en el objetivo de mecanizado 1 y mientras se posiciona el punto de enfoque F en el interior del objetivo de mecanizado 1. En consecuencia, la luz láser pulsada L se transmite a través del objetivo de mecanizado 1, y la luz láser pulsada L es apenas absorbida en la superficie 3 del objetivo de mecanizado 1, por lo que la superficie 3 no sufre daño alguno, tal como fusión o similar debido a la formación de regiones modificadas.

Según se ha descrito anteriormente, el objetivo de mecanizado 1 puede ser cortado sin generar ni la aparición de grietas innecesarias fuera de la línea de corte prevista 5 ni la fusión en la superficie del objetivo de mecanizado 1. En consecuencia, dado que el objetivo de mecanizado 1 es una plaqueta semiconductor, se pueden obtener chips semiconductores a partir de la plaqueta semiconductor sin que se produzcan grietas innecesarias fuera de la línea de corte prevista ni fusión alguna. Lo mismo se cumple en el caso de un objetivo de mecanizado en el que se forma un patrón de electrodo, y un objetivo de mecanizado en el que se forma un dispositivo eléctrico, tal como una plaqueta de elemento piezoeléctrico o un sustrato de vidrio en el que se forma un dispositivo de visualización tal como de cristal líquido o similar. En consecuencia, se puede mejorar la producción del chip semiconductor fabricado cortando un objetivo de mecanizado.

Además, puesto que la línea de corte prevista 5 en la superficie 3 del objetivo de mecanizado 1 no se funde, se puede reducir la anchura de la línea de corte prevista 5 (para una plaqueta semiconductor, esta anchura se corresponde con el espacio entre regiones que sirven como chips semiconductores). En consecuencia, se incrementa el número de productos que se pueden fabricar a partir de un objetivo de mecanizado 1, y por lo tanto se puede mejorar la productividad de productos.

La luz láser se utiliza para el trabajo de cortar un objetivo de mecanizado 1, y por lo tanto se puede realizar un mecanizado más complicado que un corte cuadrangular (*dicing*) usando un cortador de diamante.

Además, no se ha proporcionado necesariamente una explicación clara del principio relativo a que cuando la luz láser L es transmitida a través de un objetivo de mecanizado 1 para inducir la absorción multifotónica en el objetivo de mecanizado 1 y formar de este modo regiones tratadas 7, se forman pequeñas cavidades 8 en conexión con las regiones tratadas 7. Con respecto al principio de que cada región tratada 7 y cada pequeña cavidad 8 se forman emparejándose entre sí, los inventores de esta solicitud asumen una hipótesis que se describirá a continuación.

Fig. 16 es un diagrama que muestra esta hipótesis. Cuando se hace converger la luz láser L a un punto de enfoque de un objetivo de mecanizado 1 y es irradiada al objetivo de mecanizado 1, se forma una región tratada 7 en la proximidad del punto de enfoque F. En la técnica anterior, la luz de la parte central de la luz láser (luz que corresponde a L4 y L5 en Fig. 16) irradiada desde una fuente de láser es utilizada como la luz láser L. Esto es porque se utiliza la parte central de la distribución Gaussiana de la luz láser.

Los inventores de esta solicitud expanden la luz láser con el fin de suprimir un efecto de la luz láser en la superficie del objetivo de mecanizado. Esto se implementa mediante la expansión de la luz láser irradiada desde una fuente de láser a través de un sistema óptico predeterminado para expandir las faldas (*skirts*) de la distribución gaussiana y aumentar relativamente la intensidad de la luz láser (que corresponde a L1 a L3 y L6 a L8 en la Fig. 16) en la parte periférica de la luz láser.

Cuando la luz láser expandida de este modo se transmite a través del objetivo de mecanizado 1, se forma una región tratada 7 en la proximidad del punto de enfoque F según se ha descrito anteriormente, y se forma una pequeña cavidad 8 en la porción correspondiente a la región tratada 7. Es decir, la región tratada 7 y la pequeña cavidad 8 se forman situadas a lo largo del eje óptico de la luz láser (indicado por una línea de puntos y trazos en la Fig. 16). La posición en la que se forma la pequeña cavidad 8 corresponde a una porción en la que se enfoca teóricamente la luz de la parte periférica de la luz láser (es decir, la luz correspondiente a L1 a L3 y L6 a L8).

Según se ha descrito anteriormente, se considera que una porción en la que se hace converger la luz de la parte central de la luz láser (luz de las partes correspondientes a L4 y L5 en la Fig. 16) y una porción en la que se hace converger la luz de la parte periférica de la luz láser (luz de las partes correspondientes a L1 a L3 y L6 a L8 en la Fig. 16) son diferentes en la dirección del grosor del objetivo de mecanizado 1 debido a la aberración esférica de una lente para la convergencia de la luz láser. Una hipótesis asumida por los inventores reside en que la diferencia en la posición de enfoque tal como se ha descrito más arriba tiene algún efecto.

La hipótesis apoyada por los inventores es la siguiente. La parte del enfoque para la luz de la parte periférica de la luz láser (correspondiente a L1 a L3 y L6 a L8 en la Fig. 16) es teóricamente un punto de enfoque del láser, de modo

que se estima que la intensidad de la luz en esta parte es alta. En consecuencia, se produce una variación micro-estructural en la parte debida a la luz de alta intensidad, sin embargo, sustancialmente no se producen variaciones estructurales cristalinas en la parte periférica de esta parte del enfoque. Por lo tanto, se forma una pequeña cavidad 8 en la parte periférica. Por otro lado, se aplica un gran efecto térmico en la porción donde se forma la región tratada 7, y por lo tanto esta porción simplemente se funde y luego se re-solidifica.

5

Fig. 17 es un diagrama que muestra la hipótesis anterior. Cuando se emite una luz láser que tiene una distribución gaussiana 81, ésta es transmitida a través de un sistema óptico 82 y luego irradiada a un objetivo de mecanizado 83. Según se muestra en la Fig. 8, se hace converger la luz de la parte periférica de la luz láser (indicada por las líneas discontinuas de la Fig. 17) en las proximidades de una porción donde se forma una pequeña cavidad 832. Por otro lado, se hace converger la luz de una parte de intensidad relativamente alta de la luz láser en la distribución de Gauss 81 en las proximidades de una porción donde se forma una región tratada 831.

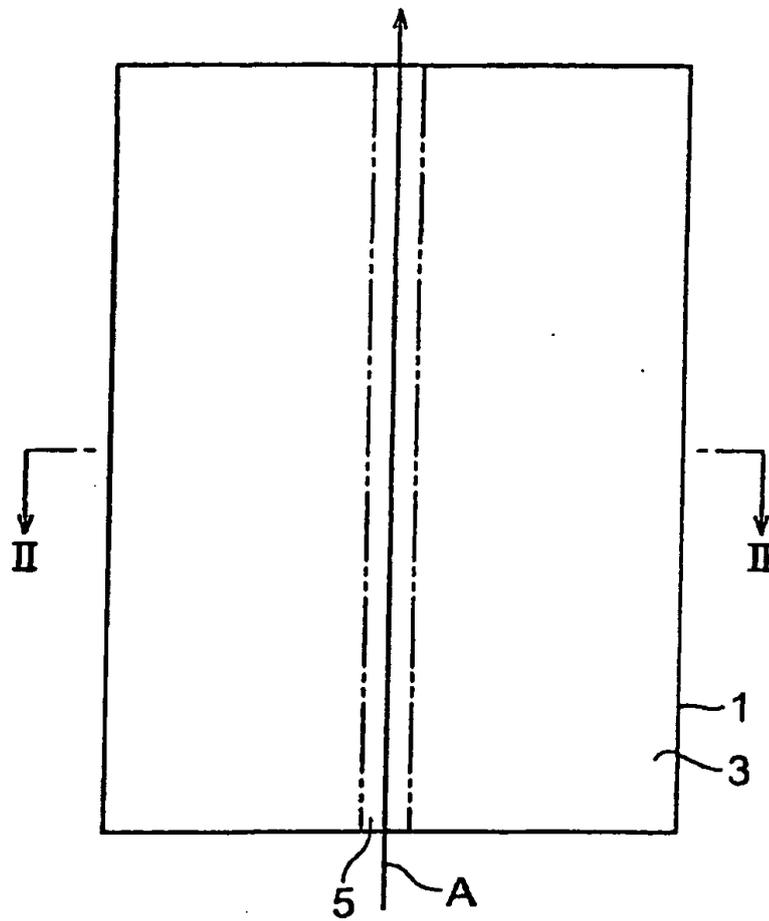
10

15

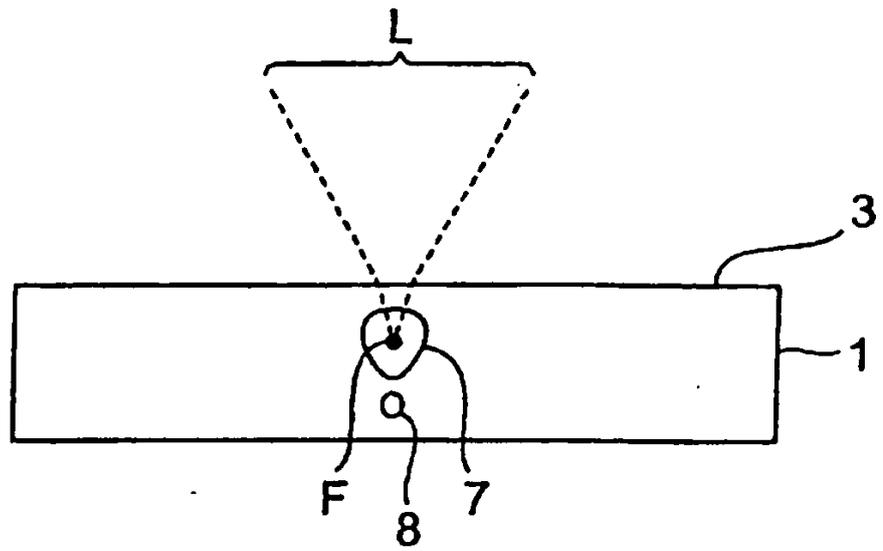
**REIVINDICACIONES**

1. Un chip semiconductor obtenido a partir de una plaqueta semiconductor, en el que el sustrato semiconductor tiene una estructura mono-cristalina de silicio, en el que el chip semiconductor tiene una superficie de corte formada haciendo que se produzca una fractura cuando se corta la plaqueta semiconductor, **caracterizado porque** la superficie de corte comprende al menos una región procesada fundida (7) y al menos una pequeña cavidad (8) formadas por un haz láser a lo largo de una dirección del grosor del chip semiconductor en una parte de la superficie de corte,
- 5
- 10 en el que la al menos una región procesada fundida (7) comprende una pluralidad de regiones procesadas fundidas formadas a lo largo de una dirección perpendicular a la dirección del grosor, y la al menos una pequeña cavidad (8) comprende una pluralidad de pequeñas cavidades formadas a lo largo de la dirección perpendicular a la dirección del grosor, en el que cada una de las pequeñas cavidades (8) están separadas por una distancia predeterminada a lo largo de la superficie de corte,
- 15 en el que la región procesada fundida (7) y la pequeña cavidad (8) están separadas entre sí por una distancia predeterminada,
- en el que la región procesada fundida (7) tiene una estructura poli-cristalina de silicio y la pequeña cavidad (8) tiene una estructura mono-cristalina de silicio.
2. El chip semiconductor según la reivindicación 1, en el que el chip semiconductor tiene una superficie formada con un elemento funcional, y la pequeña cavidad (8) está formada entre la superficie y las regiones procesadas fundidas.
- 20

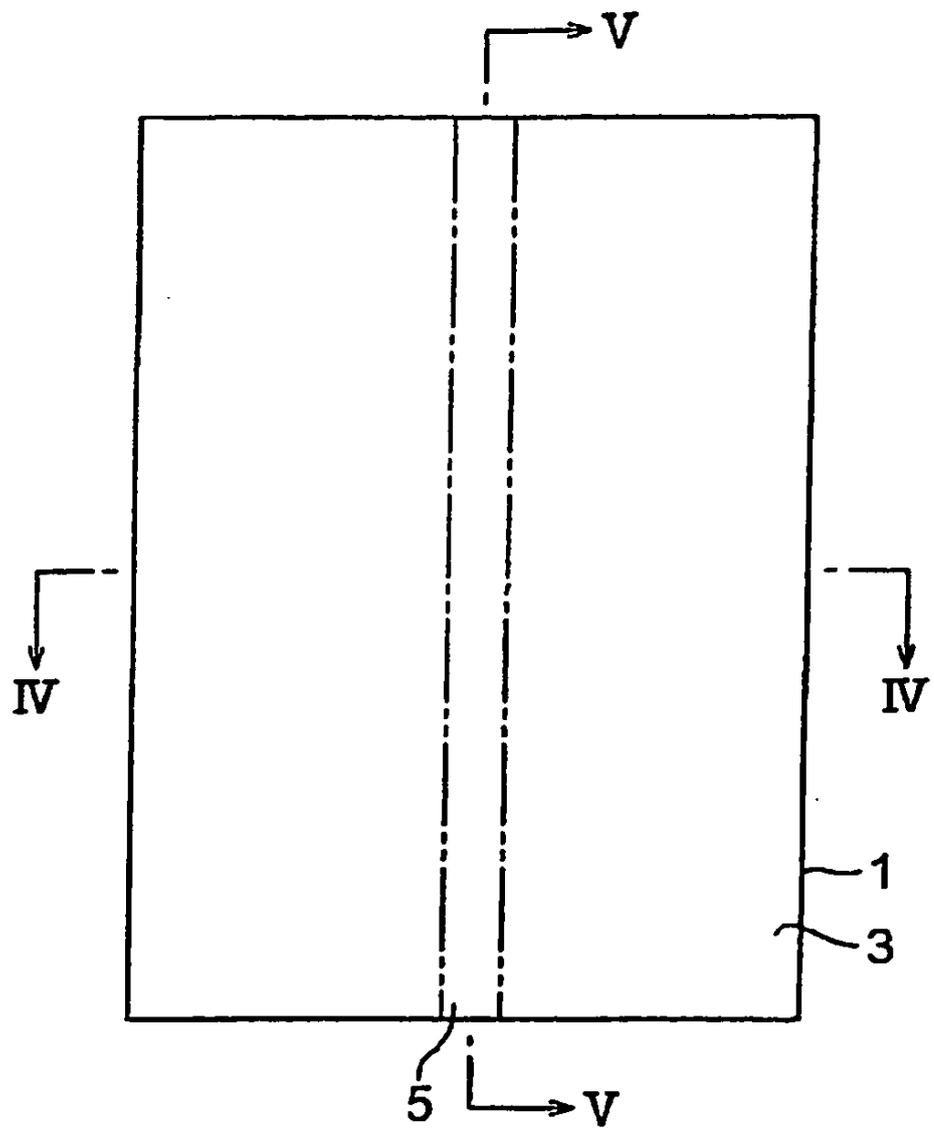
**Fig.1**



**Fig.2**



**Fig.3**



**Fig.4**

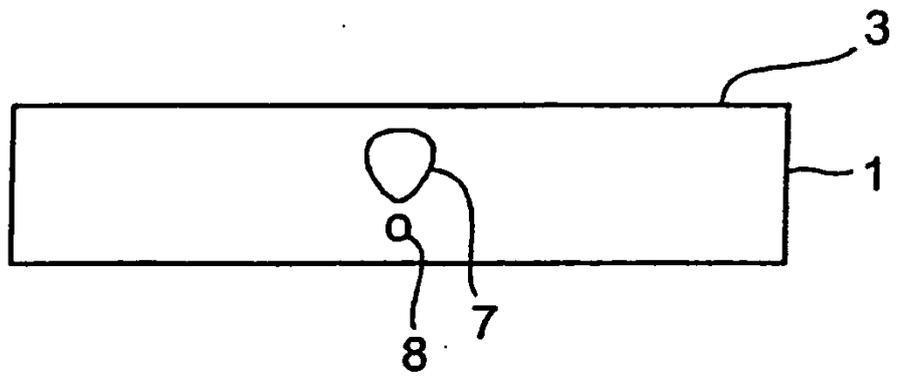
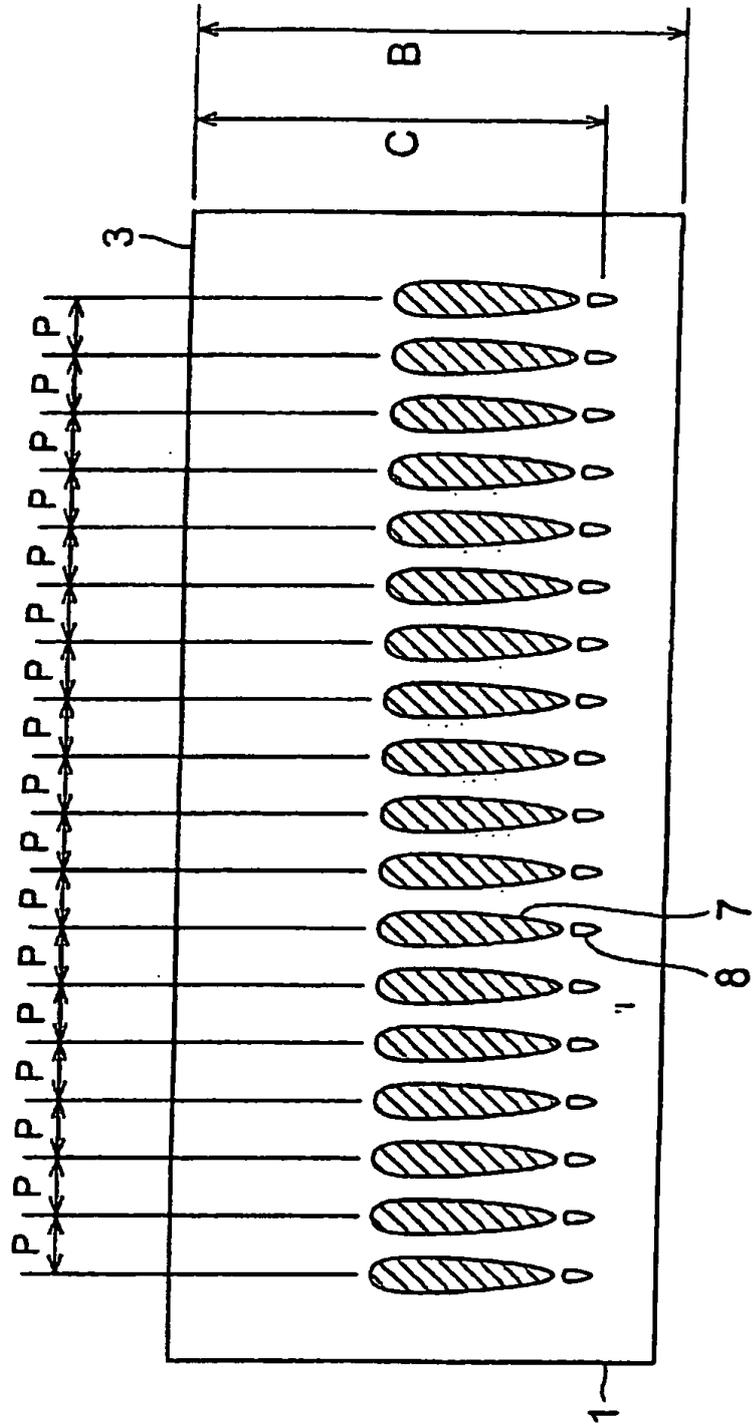
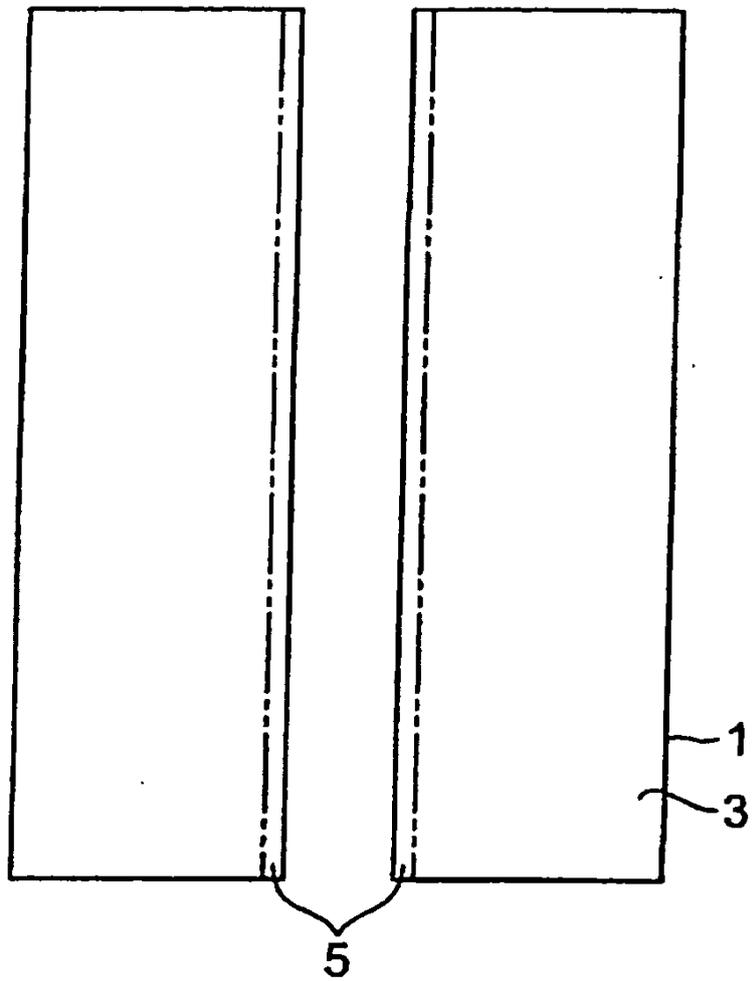
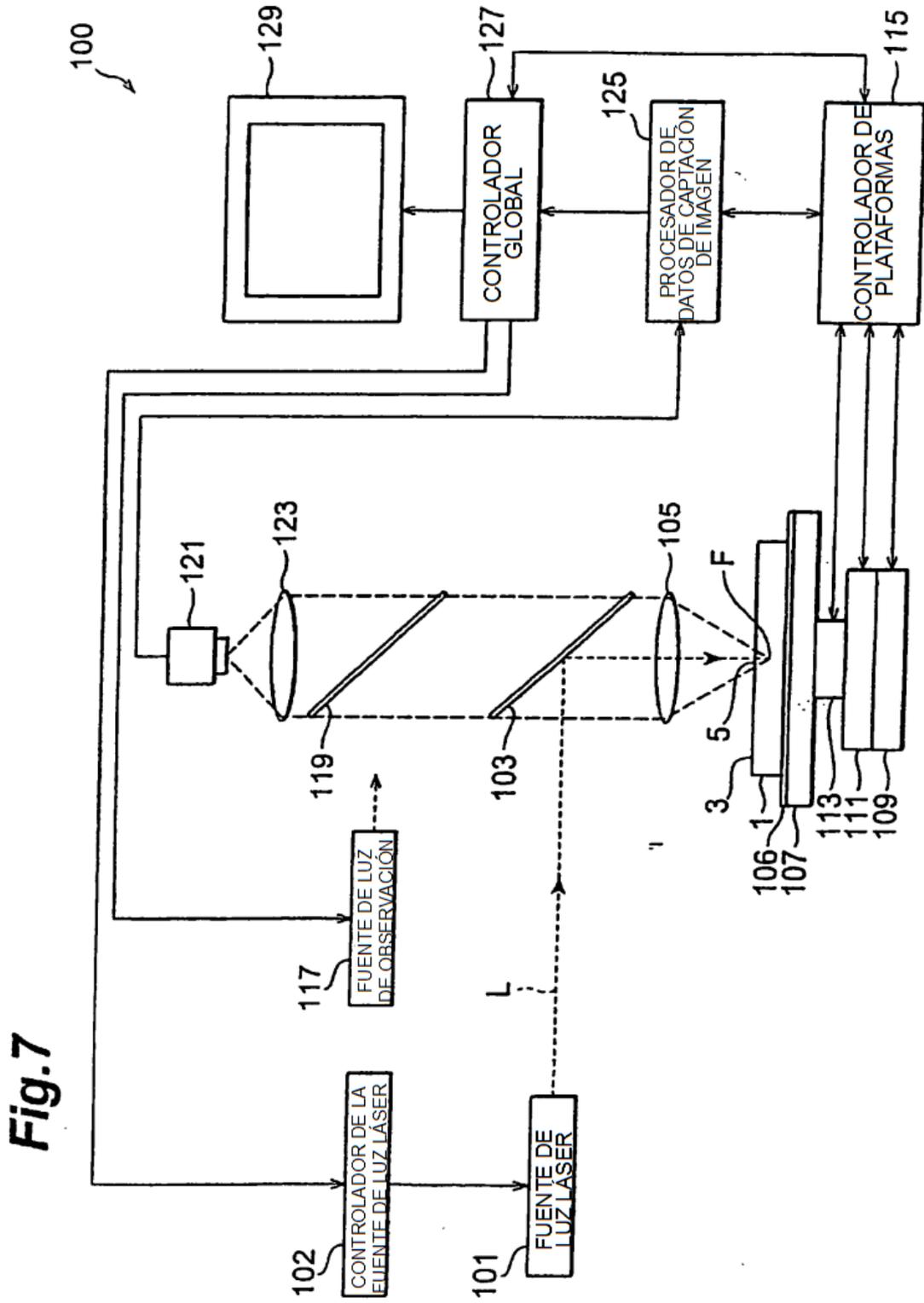


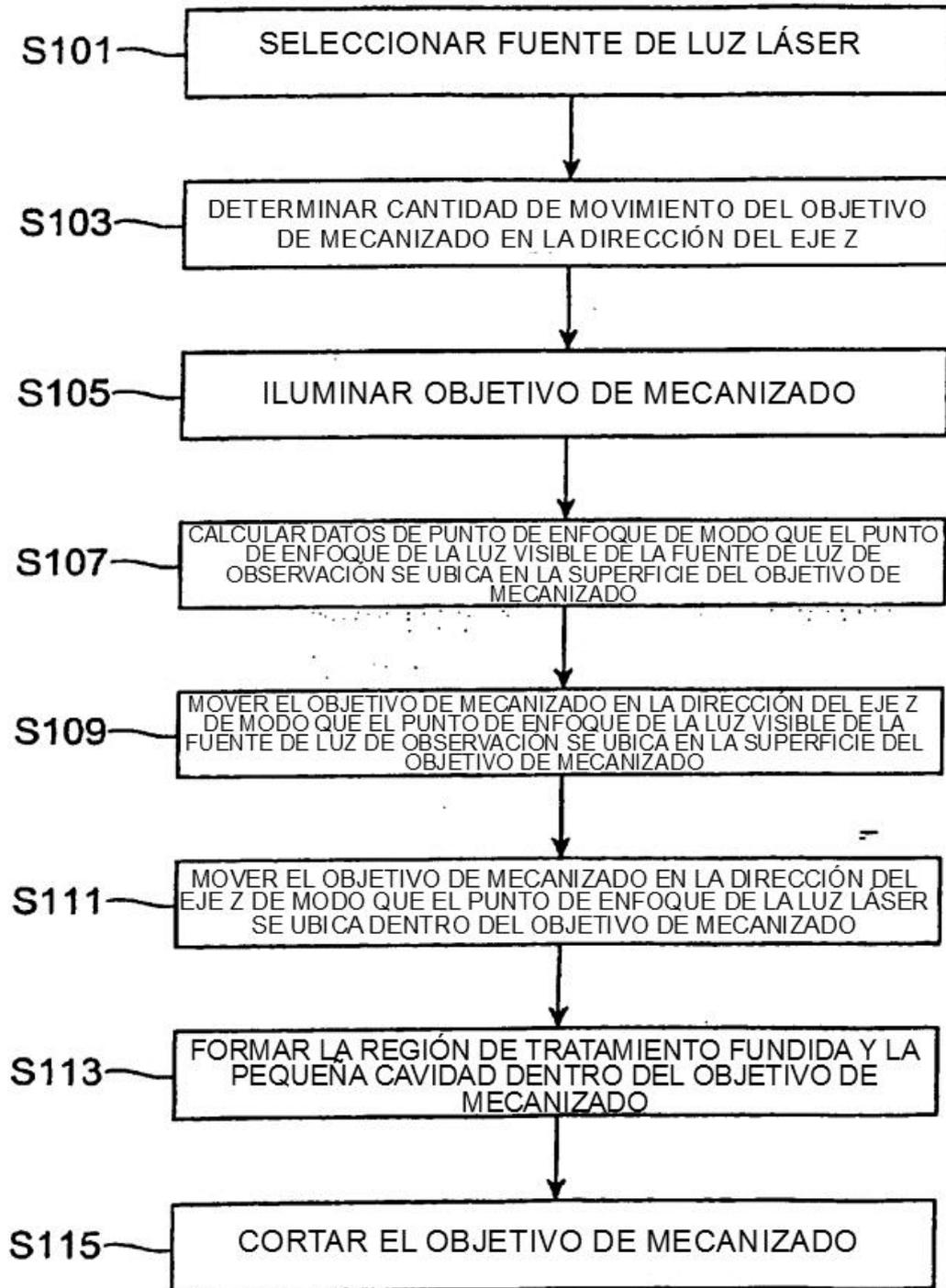
Fig.5



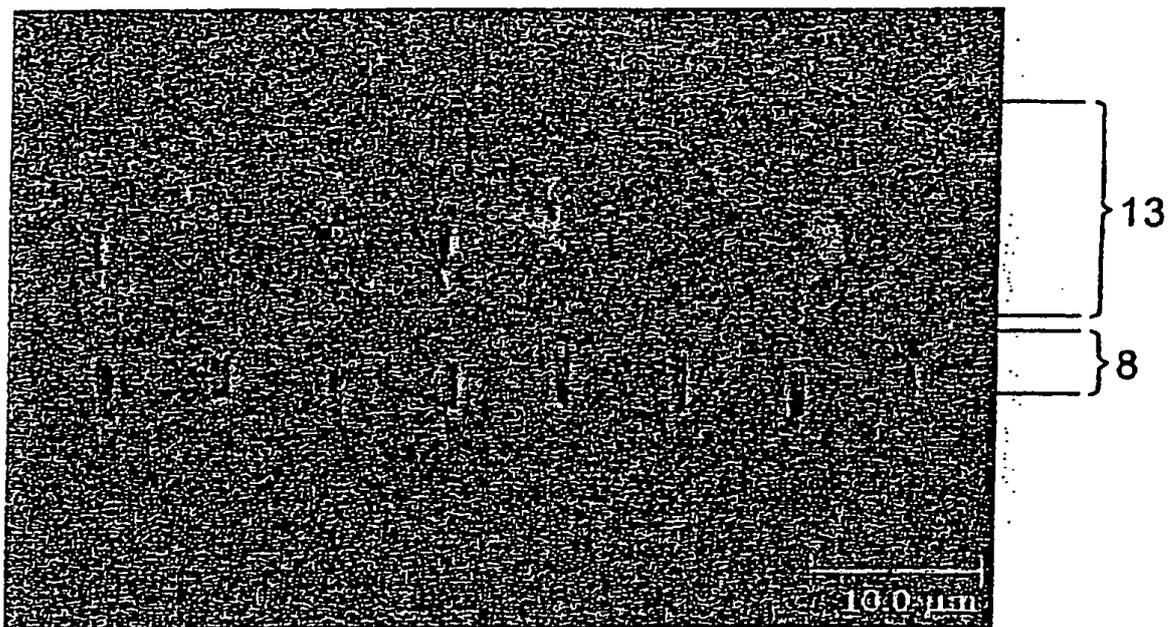
**Fig.6**



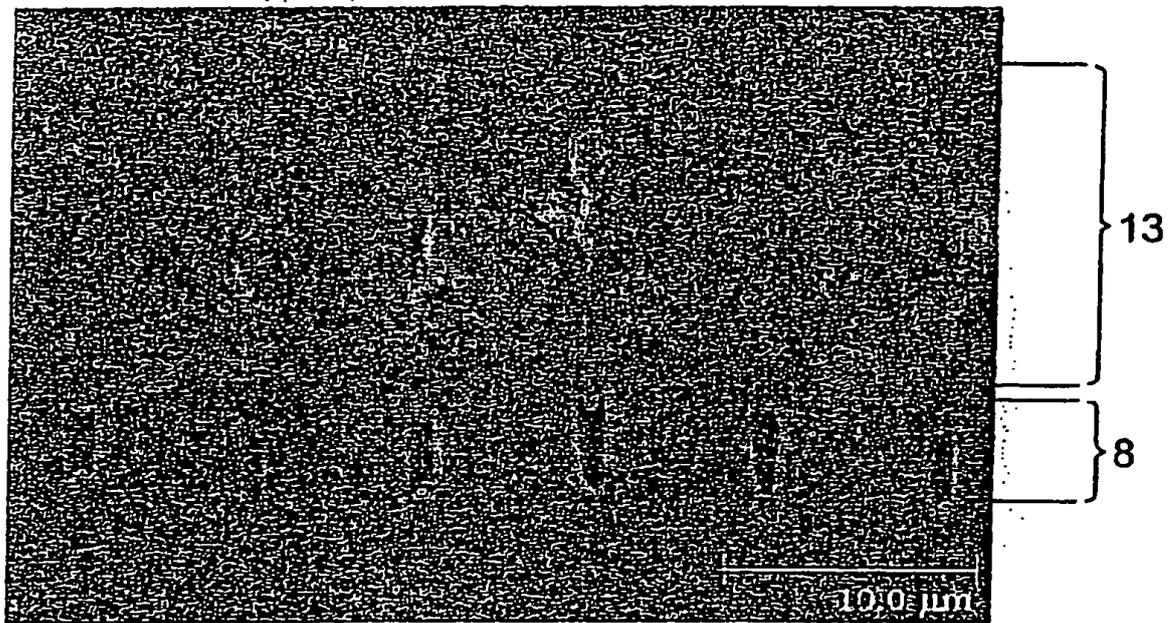


**Fig.8**

**Fig.9**



**Fig.10**



***Fig.11***

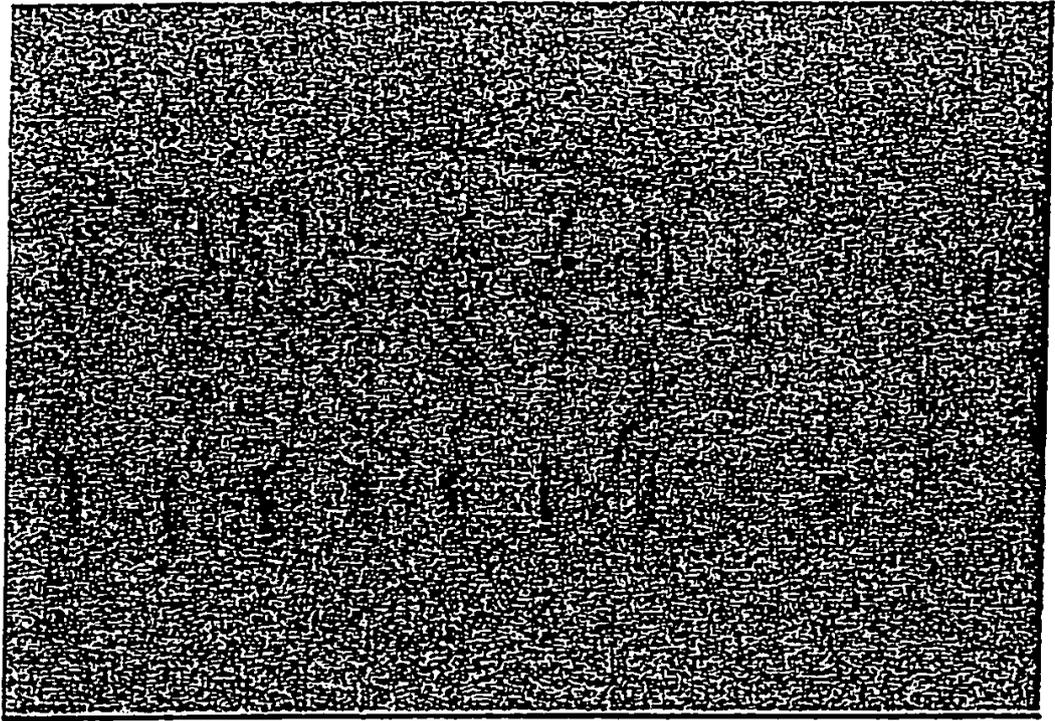
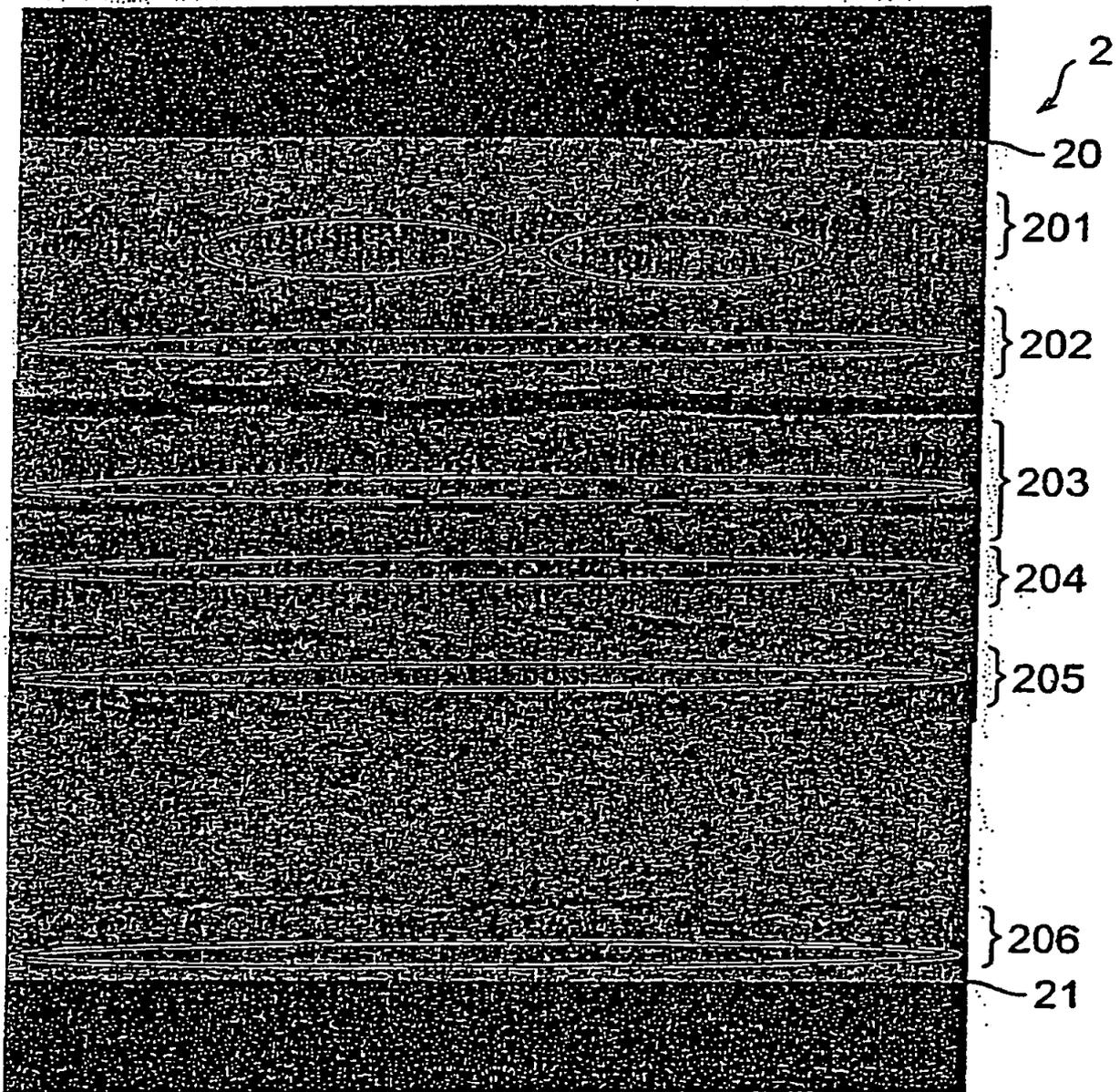


Fig.12

	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00
DISTANCIA ENTRE PULSOS (µm)							
PROFUND. MECANIZADO (mm/seg)	75	150	225	300	250	300	280
FRECUENCIA (kHz)	75	75	75	75	50	50	40
ANCHO DE PULSO (nseg)	170	170	170	170	161	161	152
45	CM						
	MONTAÑA, Δ	MONTAÑA, Δ	MONTAÑA, Δ	MONTAÑA, O	MONTAÑA, O	MONTAÑA, O	MONTAÑA, O
50	CM						
	MONTAÑA, Δ	MONTAÑA, Δ	MONTAÑA, O				
51	CM						
	MONTAÑA, Δ	MONTAÑA, O					
56	CM						
	MONTAÑA, Δ	MONTAÑA, O					
60	CM						
	MONTAÑA, O						
68	SI	CM	CM	CM	SI	SI	SI
	Δ	MONTAÑA, O	MONTAÑA, O	MONTAÑA, O	Δ	Δ	Δ
69	SI	CM	SI	CM	SI	SI	SI
	Δ	MONTAÑA, O	O	MONTAÑA, O	O	O	Δ
79	SI	SI	SI	CM	SI	SI	SI
	Δ	O	O	MONTAÑA, O	O	O	Δ
81	SI						
	O	O	VALLE, O	O	O	O	Δ
82	SI						
	O	VALLE, O	VALLE, O	O	O	O	Δ
88	SI						
	O	VALLE, O	VALLE, O	O	O	O	O
90	SI						
	O	VALLE, O	VALLE, O	O	VALLE, O	O	Δ
PROFUNDIDAD DE MECANIZADO (µm)							

**Fig.13**



**Fig.14**

2a

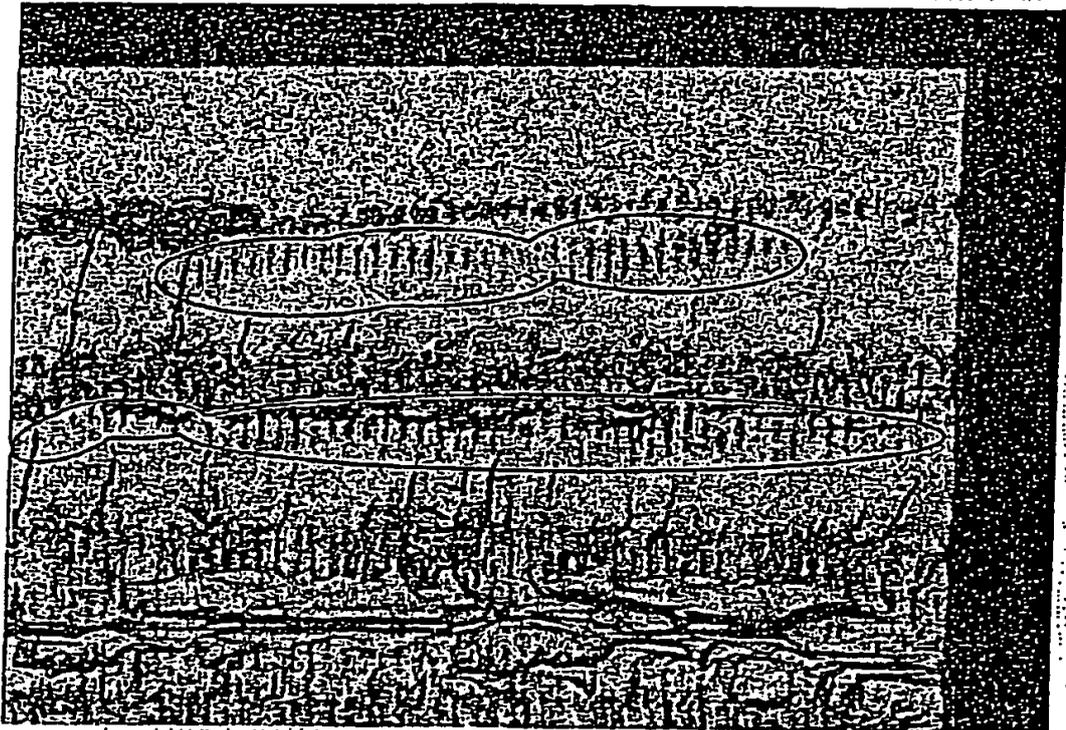


Fig. 15

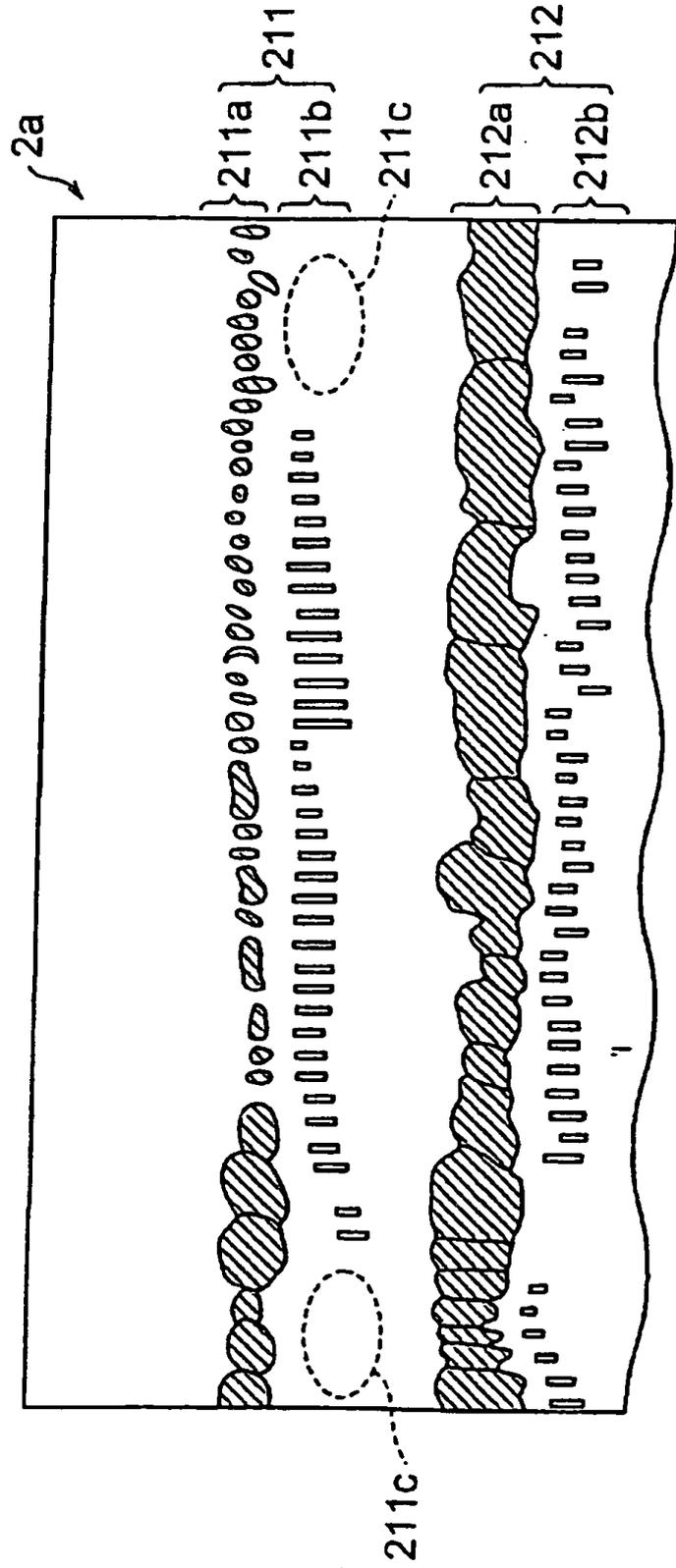
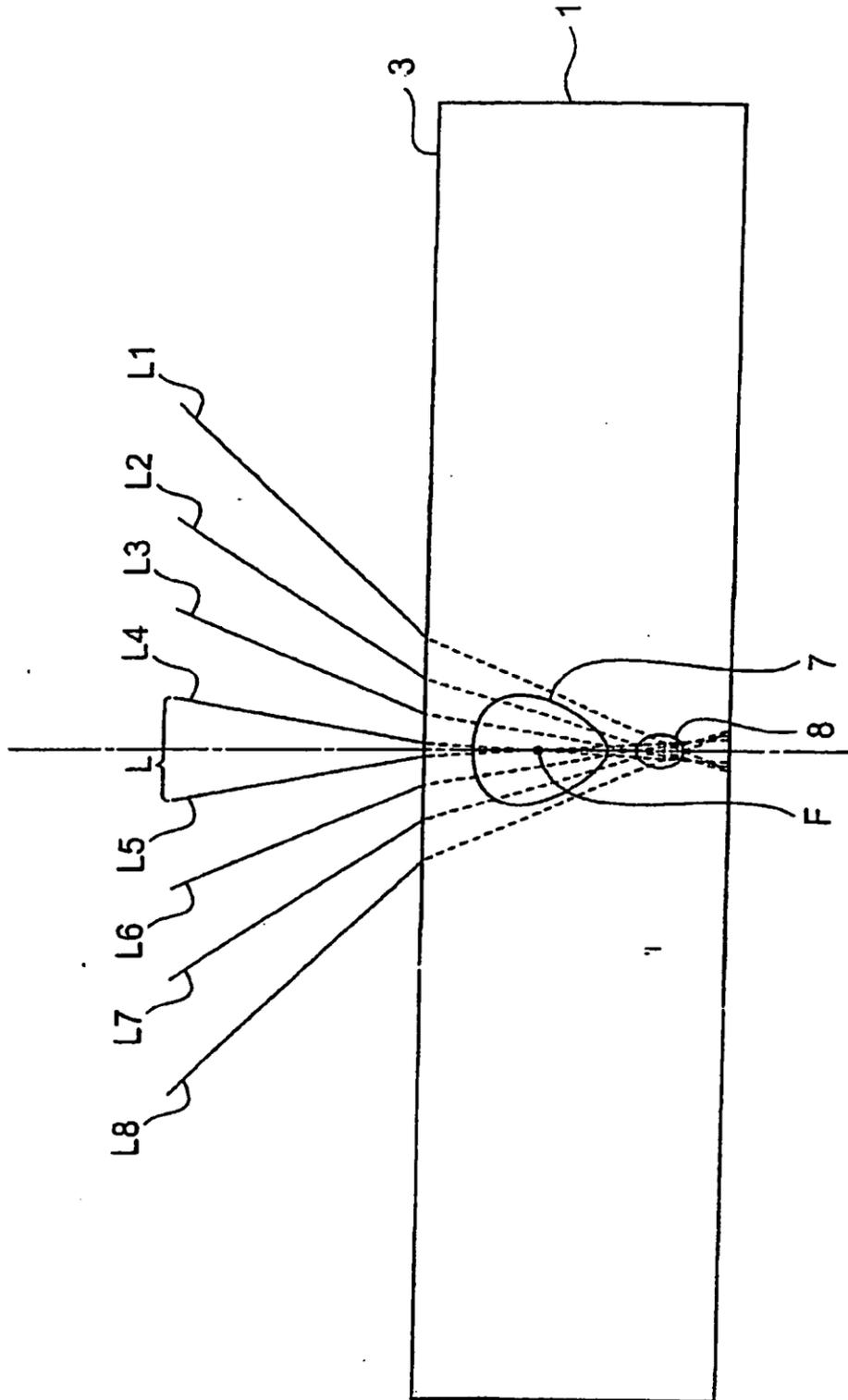
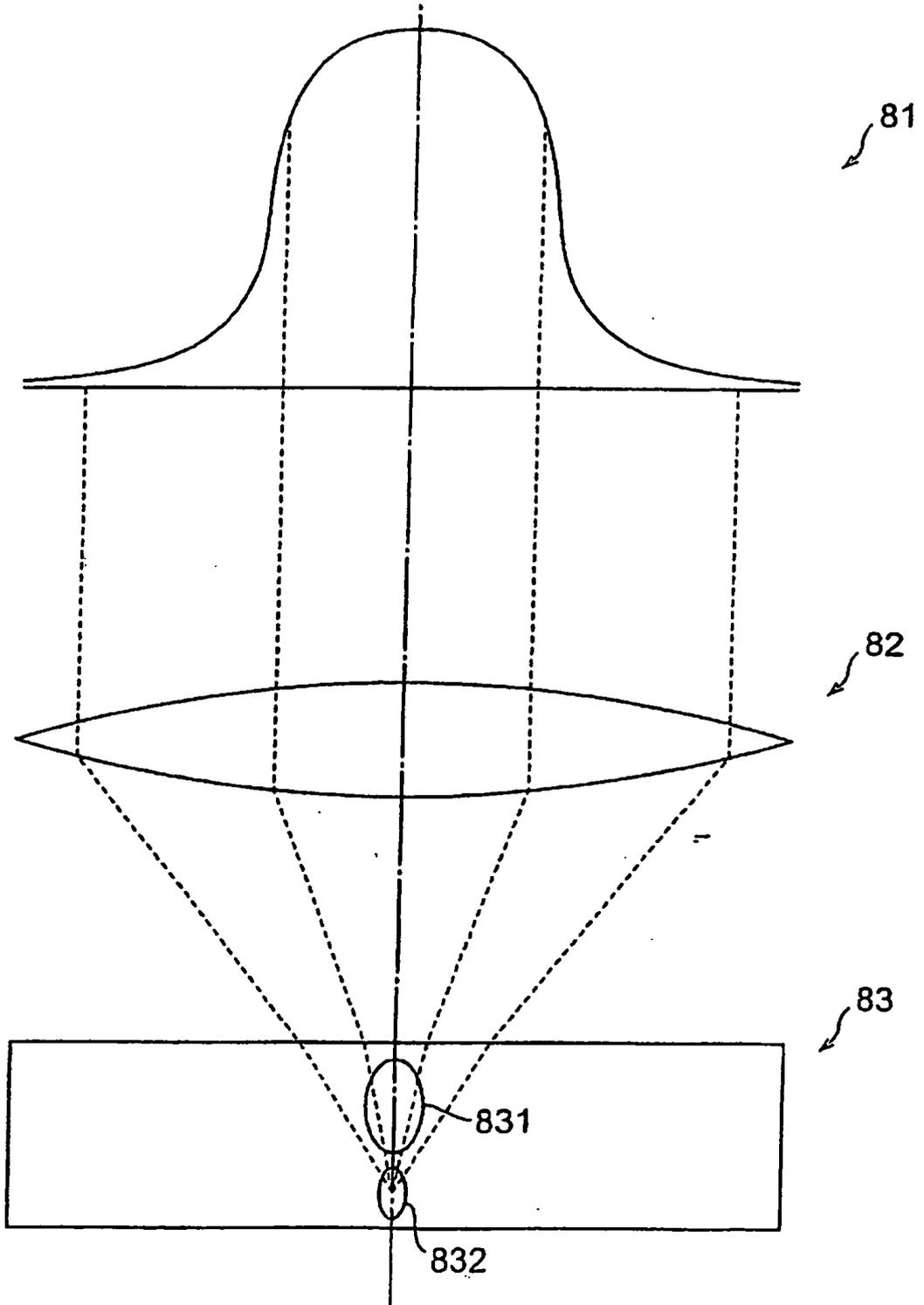


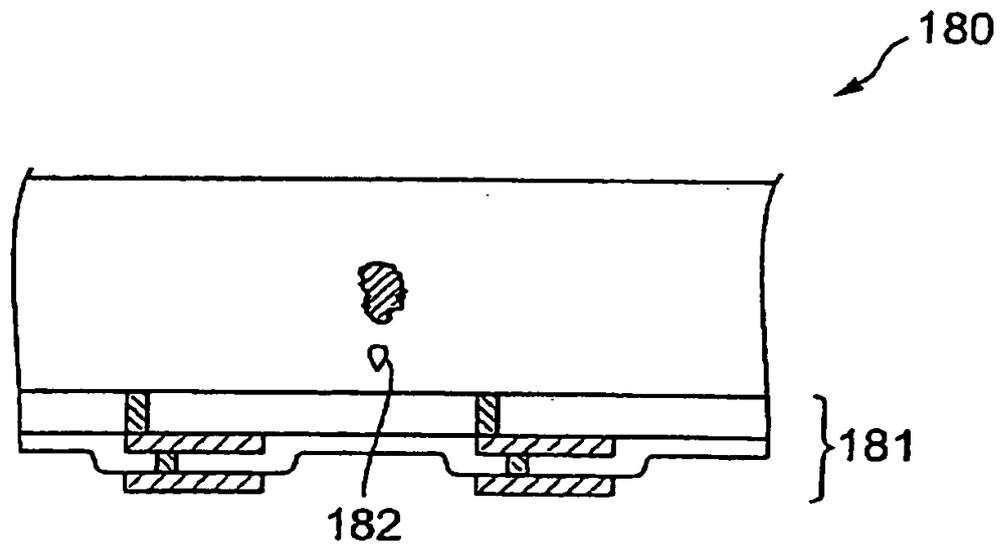
Fig.16



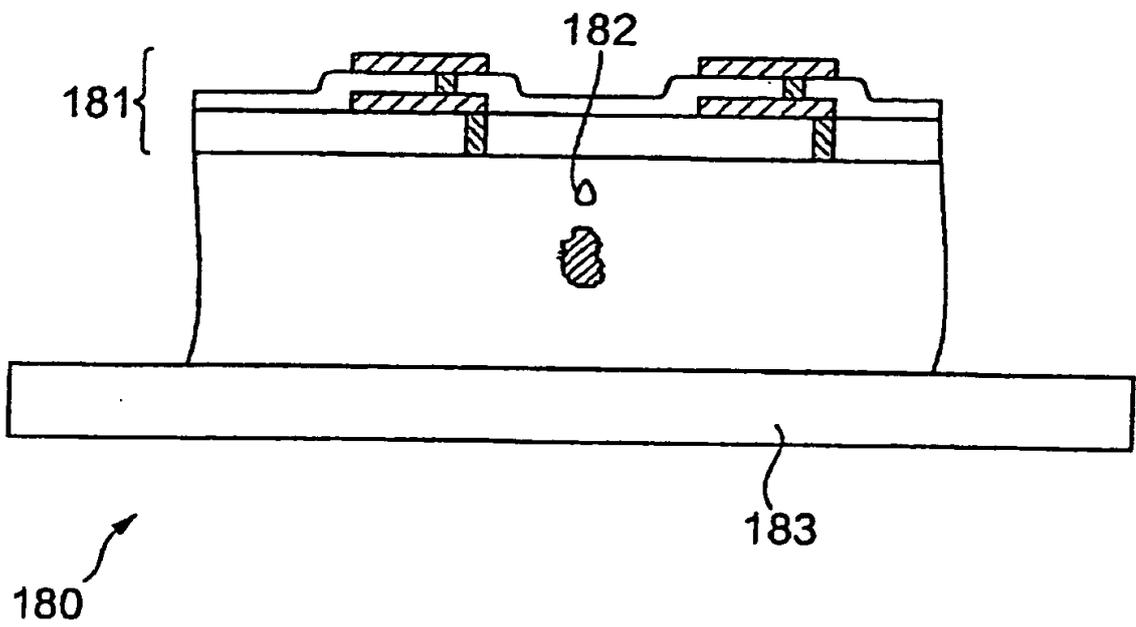
**Fig.17**



**Fig.18**



**Fig.19**



**Fig.20**

