



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 356 295**

51 Int. Cl.:
B23K 26/40 (2006.01)
B28D 5/00 (2006.01)
H01L 21/301 (2006.01)
B23K 101/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06782385 .6**
96 Fecha de presentación : **04.08.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1920874**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.05.2008**

54 Título: **Método para procesamiento con láser.**

30 Prioridad: **12.08.2005 JP 2005-235037**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
06.04.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
06.04.2011

73 Titular/es:
HAMAMATSU PHOTONICS KABUSHIKI KAISHA
1126-1, Ichino-cho
Hamamatsu City, Shizuoka 435-8558, JP

72 Inventor/es: **Sakamoto, Takeshi y**
Muramatsu, Kenichi

74 Agente: **Miltenyi Null, Peter**

ES 2 356 295 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para procesamiento con láser

Campo técnico

La presente invención se refiere a un método de procesamiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

5 **Técnica anterior**

En este tipo de técnica es conocido convencionalmente un procedimiento para irradiar un sustrato semiconductor con luz láser para formar una pluralidad de filas de partes modificadas dentro del sustrato semiconductor a lo largo de una vía del sustrato semiconductor, y cortar el sustrato semiconductor a lo largo de la vía (véase, por ejemplo, documento de patente 1).

10 Documento de patente 1: solicitud de Patente Japonesa puesta a disposición del público nº 2005-19667. Otro ejemplo puede encontrarse en US2004/0002199 A1 en el cual se basa el preámbulo de la reivindicación 1.

Descripción de la invención**Problema que resuelve la invención**

15 Al cortar el sustrato semiconductor mediante el procedimiento citado anteriormente pueden producirse, sin embargo, partículas de la sección cortada y contaminar chips semiconductores obtenidos por el corte.

A la vista de tales circunstancias, el objetivo de la presente invención es un método de procesamiento con láser para evitar que se produzcan partículas de secciones cortadas de chips obtenidos cortando una oblea de silicio.

Medios para resolver problema

20 Los inventores llevaron a cabo estudios exhaustivos para conseguir el objetivo indicado anteriormente y como resultado han descubierto que las partículas se producen por secciones cortadas de chips obtenidos al cortar una oblea de silicio debido a grietas en forma de pluma girada que aparecen en las zonas modificadas formadas en áreas predeterminadas de la oblea de silicio.

25 Concretamente, cuando una luz láser converge en una oblea de silicio que tiene un grosor t ($500 \mu\text{m} < t$) mediante una lente condensadora para formar y cortar una pluralidad de filas de zonas modificadas dentro de la oblea de silicio a lo largo de una línea para cortar la oblea de silicio, aparecen unas notables grietas en forma de pluma girada en las secciones cortadas al menos en unas áreas de la oblea de silicio en las que la profundidad de la superficie de entrada de la luz láser es de $350 \mu\text{m}$ a $500 \mu\text{m}$. Por lo tanto, partes diminutas entre las grietas en forma de pluma girada se desprenden, generándose de este modo partículas de silicio.

30 La figura 18 es una vista que muestra la fotografía de una sección cortada de una oblea de silicio al formar 19 filas de zonas modificadas para una línea de corte en la oblea de silicio que presenta un grosor de $625 \mu\text{m}$ a través de un método de procesamiento con láser convencional. Las zonas modificadas 7_1 a 7_{19} se formaron sucesivamente desde el lado de la cara trasera 21 bajo las condiciones citadas en la siguiente Tabla 1, a la vez que la cara delantera 3 de la oblea de silicio 11 se utilizó como superficie de entrada de la luz láser. En la siguiente tabla 1, la posición del punto convergente se refiere a la distancia desde la cara delantera 3 a la posición en la cual el punto de convergencia de la luz láser está focalizado (lo mismo en adelante). La potencia de salida es la potencia de la luz láser emitida desde la lente condensadora, mientras que el ángulo divergente es el ángulo divergente de la luz láser incidente en la lente condensadora (lo mismo en adelante).

35

[Tabla 1]

	Posición del punto convergente (μm)	Potencia de salida (W)	Ángulo divergente ($^{\circ}$)
Zona modificada 7 ₁	618	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₂	599	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₃	580	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₄	561	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₅	535	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₆	517	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₇	494	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₈	467	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₉	440	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₁₀	409	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₁₁	375	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₁₂	342	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₁₃	305	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₁₄	280	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₁₅	245	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₁₆	210	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₁₇	174	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₁₈	121	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₁₉	69	0,72	0,2

5 En este ejemplo, tal como se muestra en la figura 18, aparecieron de manera notable unas grietas en forma de pluma girada (partes oscuras) 51 en áreas de la oblea de silicio 11 en las que la profundidad de la cara delantera 3 era de 310 μm a 540 μm . Parece que, cuando las grietas en forma de pluma girada 51 aparecen de manera notable, es probable que se desprendan diminutas partes 52 entre las grietas en forma de pluma girada 51, de manera que es fácil que se produzcan partículas en áreas en las que la profundidad de la cara delantera 3 era de 310 μm a 540 μm . En zonas de la oblea de silicio 11 en las que la profundidad de la cara delantera 3 era mayor de 540 μm , las grietas en forma de pluma girada 51 aparecen solamente de manera poco significativa tal como se muestra en la figura 20, de modo que parece difícil que se produzcan partículas.

10 Los inventores han encontrado entonces que las grietas en forma de pluma girada aparecen de manera notable en secciones de corte en por lo menos áreas de una oblea de silicio en las que la profundidad desde la superficie de entrada de la luz láser es de 350 μm a 500 μm debido a un aumento de la aberración esférica de la luz láser en zonas que presentan la profundidad de 350 μm a 500 μm .

15 Cuando incide en la oblea de silicio 11, la luz láser L avanza mientras es refractada según la ley de Snell tal como se muestra en la figura 21. Por lo tanto, a medida que se acerca una lente condensadora 53 a la oblea de silicio 11 para converger la luz láser en una zona de la oblea 11 más profunda desde la cara delantera 3, la posición convergente P1 de los rayos centrales L1 y la posición convergente P2 de los rayos marginales L2 se desvían más entre sí en la dirección del grosor de la oblea 11. Por lo tanto, el punto convergente de luz láser L se ensancha en la dirección del grosor de la oblea 11, de modo que el grado de convergencia de la luz láser L empeora, de modo que se forma una zona modificada irregular y de baja calidad que se extiende en la dirección del grosor de la oblea 11 (una zona modificada que se corta en una pluralidad de partes sin conectarse entre sí en la dirección del grosor de la oblea 11 a pesar de un disparo de la luz láser L). Consecuentemente, parece que zonas modificadas de baja calidad intentan conectarse anormalmente cuando se cortan, para generar grietas en forma de pluma girada, a la vez que se producen fracturas irregulares debido a las zonas modificadas irregulares, de modo que es probable que se produzcan partículas que se desprendan de secciones de corte de la oblea 11 entre las fracturas y las grietas en forma de pluma girada. Las grietas en forma de pluma girada 51 no aparecen de manera notable en las áreas de la oblea de silicio 11 donde la profundidad de la cara delantera 3 es superior a 540 μm en el ejemplo citado anteriormente por el motivo siguiente. Concretamente, parece que la densidad de energía de la luz láser L en el punto convergente P se vuelve menor en las zonas que presentan una profundidad superior a 540 μm , de modo que la anchura de la zona modificada formada en la dirección del grosor de la oblea 11 se vuelve menor (lo que parece deberse a que una parte de la luz láser L que presenta un menor grado de convergencia da lugar a dicha pequeña energía que no logra superar un umbral de

procesamiento), se reducen las zonas modificadas irregulares, a la vez que se reducen las fracturas irregulares en el momento del corte, de modo que puede limitarse la formación de grietas en forma de pluma girada y reducirse las partículas generadas entre las grietas en forma de pluma girada y las fracturas.

5 Los inventores llevaron a cabo otros estudios basados en las conclusiones anteriores y han completado la presente invención.

El método de procesamiento con láser de acuerdo con la presente invención se define en la reivindicación 1.

10 En este método de procesamiento con láser las condiciones de irradiación de luz láser se modifican de manera que la aberración esférica de la luz láser se corrige al formar la primera zona modificada en la primera área que presenta una profundidad de $350\ \mu\text{m}$ a $500\ \mu\text{m}$ desde la superficie de entrada de la luz láser de la oblea de silicio para la oblea de silicio que tiene un grosor t ($500\ \mu\text{m} < t$) y cuando se forma la primera zona modificada en la primera área que presenta una profundidad de $350\ \mu\text{m}$ a $t\ \mu\text{m}$ desde la superficie de entrada de la luz láser de la oblea de silicio para la oblea de silicio que tiene un grosor t ($350\ \mu\text{m} < t \leq 500\ \mu\text{m}$). Por lo tanto, al cortar la oblea de silicio en chips de la primera y segunda zona modificada que actúan como punto inicial de corte, no aparecen grietas en forma de pluma girada de manera notable en la primera zona, de modo que es difícil que se formen partículas. Por lo tanto, estos procedimientos de corte por láser evitan que se produzcan partículas de secciones cortadas de chips durante y después del corte. La etapa de formar la primera zona modificada en la primera área y la etapa de formar la segunda zona modifica en la segunda área puede realizarse en cualquier orden.

15 En el método de procesamiento con láser de acuerdo con la presente invención, la primera y la segunda zona modificada se forman generando una absorción de multifotones u otras absorciones ópticas dentro de la oblea de silicio convergiendo la luz láser en la oblea de silicio con la lente condensadora. Un ejemplo de primera y segunda zonas modificada formadas en la oblea de silicio es una zona procesada fundida.

20 Preferiblemente, en los procedimientos de procesamiento con láser de acuerdo con la presente invención, la luz láser incidente en la lente condensadora al formar la primera zona modificada presenta un ángulo divergente mayor que el de la luz láser incidente en la lente condensadora al formar la segunda zona modificada. Preferiblemente, la lente condensadora al formar la primera zona modificada presenta una AN de salida mayor que la de la lente condensadora al formar la segunda zona modificada. Preferiblemente, entre la lente condensadora y la oblea de silicio se dispone un elemento esférico de corrección de aberración al formar la primera zona modificada. Esto puede hacer que la condición de irradiación de láser para formar la primera zona modificada sea diferente de la condición de irradiación de láser para formar la segunda zona modificada para así corregir la aberración esférica de la luz láser en la primera zona.

30 **Efecto de la invención**

Incluso al cortar una oblea de silicio en chips, la presente invención puede evitar que se formen partículas de secciones cortadas de los chips durante y después del corte.

Breve descripción de los dibujos

35 La figura 1 es una vista en planta de un objeto a procesar durante un procesamiento con láser a través del método de procesamiento con láser de acuerdo con una realización;

La figura 2 es una vista en sección del objeto según la línea II-II de la figura 1;

La figura 3 es una vista en planta del objeto después del procesamiento con láser mediante el método de procesamiento con láser de acuerdo con la realización;

La figura 4 es una vista en sección del objeto según la línea IV-IV de la figura 3;

40 La figura 5 es una vista en sección del objeto según la línea V-V de la figura 3;

La figura 6 es una vista en planta del objeto cortado mediante el método de procesamiento con láser de acuerdo con la realización;

La figura 7 es una vista que muestra una fotografía de una sección cortada en una parte de una oblea de silicio cortada mediante el método de procesamiento con láser de acuerdo con la realización;

45 La figura 8 es una gráfica muestra relaciones entre la longitud de onda de la luz láser y la transmitancia dentro de un sustrato de silicio en el método de procesamiento con láser de acuerdo con la realización;

La figura 9 es una vista en planta del objeto en el método de procesamiento con láser de acuerdo con la realización;

La figura 10 es una vista en sección de una parte del objeto según la línea X-X de la figura 9;

La figura 11 es una vista para explicar el método de procesamiento con láser de acuerdo con la realización, en la cual (a) es un estado en el que una cinta expandible está unida al objeto, y (b) es un estado en el que el objeto es irradiado con luz láser;

5 La figura 12 es un diagrama que muestra un expansor de haz para variar el ángulo divergente de la luz láser incidente en una lente condensadora;

La figura 13 es una vista para explicar el método de procesamiento con láser de acuerdo con la realización, ilustrándose un estado en el cual la cinta expansible se encuentra expandida;

10 La figura 14 es una vista que muestra una fotografía obtenida al formar 19 filas de zonas modificadas para una línea de corte en el interior de una oblea de silicio que presenta un grosor de 625 μm mediante el método de procesamiento con láser de acuerdo con la realización;

La figura 15 es un diagrama que muestra a una lente condensadora para variar la AN de salida;

La figura 16 es un diagrama que muestra una lente condensadora y un elemento de corrección de la aberración esférica para variar una aberración esférica;

15 La figura 17 es un diagrama que muestra el expansor de haz para variar el ángulo divergente de la luz láser incidente en la lente condensadora y la relación entre la distribución Gaussiana de la luz láser incidente en la lente condensadora y el diámetro de la pupila de entrada de la lente condensadora;

La figura 18 es una vista que muestra una fotografía obtenida al formar 19 filas de zonas modificadas para una línea de corte en el interior de una oblea de silicio que presenta un grosor de 625 μm mediante el método de procesamiento con láser convencional;

20 La figura 19 es una vista esquemática de una sección cortada en una área de la oblea de silicio en la que la profundidad desde la cara delantera es de 310 μm a 540 μm ;

La figura 20 es una vista esquemática de una sección cortada en una área de la oblea de silicio en la que la profundidad desde la cara delantera es superior a 540 μm ; y

La figura 21 es una vista esquemática que muestra un estado de progreso de la luz láser incidente en la oblea de silicio.

25 Explicaciones de números o letras

3 ... cara delantera (superficie de entrada de luz láser); 5... línea de corte; 7... zona modificada; 11... oblea de silicio; 13... zona procesada fundida; 53... lente condensadora; 57... elemento de corrección de la aberración esférica; L... luz láser

Mejores modos de llevar a cabo la invención

30 A continuación se explicará en detalle una realización preferida de la presente invención con referencia a los dibujos. En el método de procesamiento con láser de acuerdo con la realización se emplea un fenómeno conocido como absorción de multifotones para formar una zona modificada en el interior de un objeto a procesar. Por lo tanto, para empezar se explicará un método de procesamiento con láser para formar una zona modificada mediante absorción de multifotones.

35 Un material se vuelve transparente cuando su banda prohibida de absorción E_G es mayor que la energía fotónica $h\nu$. En consecuencia, una condición bajo la cual se produce la absorción en el material es que $h\nu > E_G$. Sin embargo, incluso cuando es ópticamente transparente, el material genera absorción bajo la condición $n h\nu > E_G$. (donde $n = 2, 3, 4, \dots$) si la intensidad de la luz láser llega a ser muy alta. Este fenómeno se conoce como absorción multifotónica. En el caso de ondas pulsadas, la intensidad de la luz láser viene determinada por la densidad de potencia máxima (W/cm^2) de la luz láser en su punto convergente. La absorción multifotónica se produce bajo una condición en la que la densidad de potencia máxima es de 1×10^8 (W/cm^2) o mayor, por ejemplo. La densidad de potencia máxima viene determinada por (energía de luz láser en el punto convergente por pulso)/(área en sección transversal del punto del haz de la luz láser \times anchura de pulso). En el caso de ondas continuas, la intensidad de la luz láser viene determinada por la intensidad de campo (W/cm^2) de la luz láser en el punto convergente.

45 El principio del método de procesamiento con láser de acuerdo con la realización utilizando la citada absorción multifotónica se explicará con referencia a las figuras 1 a 6. Tal como se muestra en la figura 1, en una cara delantera 3 de un objeto (plano) en forma de oblea a procesar 1, existe una línea de corte 5 para cortar el objeto 1. La línea de corte 5 es una línea virtual que se extiende recta. Tal como se muestra en la figura 2, el método de procesamiento con láser de acuerdo con esta realización irradia el objeto 1 con luz láser L mientras se sitúa un punto convergente P con el mismo bajo un estado que genera una absorción multifotónica, para formar una zona modificada 7. El punto convergente P se encuentra en una posición en la cual converge la luz láser L. La línea de corte 5 puede ser curva en lugar de ser recta, y puede ser una línea dibujada realmente en el objeto 1 sin limitarse a la línea virtual.

Después, la luz láser L se desplaza relativamente a lo largo de la línea de corte 5 (es decir, en la dirección de la flecha A en la figura 1), para cambiar el punto convergente P a lo largo de la línea de corte 5. Por lo tanto, tal como se muestra en las figuras 3 a 5, la zona modificada 7 se forma a lo largo de la línea de corte 5 dentro del objeto 1, y se convierte en una zona de punto de inicio del corte 8. La zona del punto de inicio del corte 8 se refiere a una zona que se convierte en un punto inicial para el corte (fractura) cuando se corta el objeto 1. La zona del punto de inicio del corte 8 puede realizarse formando la zona modificada 7 continuamente o bien intermitentemente.

En el método de procesamiento con láser de acuerdo con esta realización, la zona modificada 7 no se forma por el calor generado del objeto 1 que absorbe la luz láser L. La luz láser L se transmite a través del objeto 1, para generar con el mismo una absorción multifotónica, formando de este modo la zona modificada 7. Por lo tanto, la cara delantera 3 del objeto 1 apenas absorbe la luz láser L y no se funde.

La formación de la zona del punto de inicio del corte 8 dentro del objeto 1 hace más fácil generar fracturas desde la zona del punto de inicio del corte 8 que actúa como punto inicial, de manera que el objeto 1 puede cortarse con una fuerza relativamente pequeña tal como se muestra en la figura 6. Por lo tanto, el objeto 1 puede cortarse con una elevada precisión sin generar fracturas innecesarias en la cara delantera 3 del objeto 1.

Parece haber las siguientes dos maneras de cortar el objeto 1 desde la zona del punto de inicio del corte 8 que actúa como punto inicial. Una es en la que al objeto 1 se aplica una fuerza artificial después de formar la zona del punto de inicio del corte 8, de modo que el objeto 1 se fractura desde de la zona del punto de inicio del corte 8 que actúa como punto inicial, a través del cual se corta el objeto 1. Éste es el corte en el caso en el que el objeto 1 presenta, por ejemplo, un gran grosor. Aplicar una fuerza artificial se refiere a ejercer un esfuerzo de flexión o un esfuerzo cortante en el objeto 1 a lo largo de la zona del punto de inicio del corte 8, o generar una tensión térmica aplicando una diferencia de temperatura al objeto 1, por ejemplo. La otra es aquella en la que la formación de la zona del punto de inicio del corte 8 provoca que el objeto 1 se fracture de manera natural en su dirección en sección transversal (dirección del grosor) desde la zona del punto de inicio del corte 8 que actúa como punto de partida, cortando de este modo el objeto 1. Esto llega a ser posible si la zona del punto de inicio del corte 8 está formada por una fila de la zona modificada 7 cuando el objeto 1 tiene un pequeño grosor, o si la zona del punto de inicio del corte 8 está formada por una pluralidad de filas de la zona modificada 7 en la dirección del grosor cuando el objeto 1 tiene un gran grosor. Incluso en este caso de fractura natural, las fracturas no se extienden sobre la cara delantera 3 en una parte correspondiente a una zona no formada con la zona del punto de inicio del corte 8 en la parte a cortar, de modo que sólo la parte correspondiente al área formada con la zona del punto de inicio del corte 8 puede separarse, de manera que la separación puede controlarse bien. Dicho procedimiento de separación con una controlabilidad favorable resulta muy eficaz, ya que el objeto 1 tal como una oblea de silicio ha sido últimamente apropiado para reducir su grosor.

Un ejemplo de la zona modificada formada por absorción multifotónica en el método de procesamiento con láser de acuerdo con la realización es una zona procesada fundida.

Un objeto a ser procesado (por ejemplo, un material semiconductor tal como silicio) se irradia con luz láser mientras se sitúa un punto convergente en el interior del objeto bajo una condición con una intensidad de campo de por lo menos 1×10^8 (W/cm²) en el punto convergente y una anchura de impulso de 1 μ s o menor. Por consiguiente, el interior del objeto se calienta localmente por absorción multifotónica. Este calentamiento forma una zona procesada fundida dentro del objeto. La zona procesada fundida comprende zonas una vez fundidas y después vueltas a solidificar, zonas justo en estado fundido, y zonas en fase de volverse a solidificar desde el estado fundido, y puede denominarse también como zona cuya fase ha cambiado o una zona cuya estructura cristalina ha cambiado. La zona procesada fundida puede denominarse también zona en la cual una estructura determinada cambia a otra estructura entre estructura monocristalina, amorfa, y policristalina. Por ejemplo, quiere decir una zona en la que se ha cambiado de estructura monocristalina a estructura amorfa, una zona en la que se ha cambiado de estructura monocristalina a estructura policristalina, o una zona en la que se ha cambiado de estructura monocristalina a estructura que contiene estructuras amorfas y policristalinas. Cuando el objeto a procesar es de una estructura monocristalina de silicio, la zona procesada fundida es una estructura de silicio amorfa, por ejemplo. El límite superior de la intensidad del campo es de 1×10^{12} (W/cm²), por ejemplo. La anchura de impulso es preferiblemente de 1 ns a 200 ns, por ejemplo.

Mediante un experimento, los inventores verificaron que dentro de una oblea de silicio se formó una zona procesada fundida. Las siguientes son las condiciones del experimento.

(A) Objeto a procesar: oblea de silicio (con un grosor de 350 μ m y un diámetro exterior de 4 pulgadas)

(B) Láser

fuente de luz: láser semiconductor de bombeo de láser Nd:YAG

longitud de onda: 1064 nm

área en sección transversal del punto de luz láser: $3,14 \times 10^{-8}$ cm²

modo de oscilación: impulsos de conmutación en Q

frecuencia de repetición: 100 kHz

anchura de impulso: 30 ns

potencia: 20 J/pulso

calidad de la luz láser: TEM₀₀

5 propiedad polarizante: polarización lineal

(C) Lente condensadora

aumento: x50

A.N.: 0,55

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

10 (D) Velocidad de movimiento de la mesa de soporte donde se dispone el objeto: 100 mm/seg.

La figura 7 es una vista que muestra una fotografía de una sección transversal de una parte de una oblea de silicio cortada por procesamiento con láser bajo las condiciones indicadas anteriormente. Dentro de la oblea de silicio 11 se forma una zona procesada fundida 13. La zona procesada fundida 13 formada bajo las condiciones indicadas anteriormente presenta un tamaño de aproximadamente 100 μm en la dirección del grosor.

15 Se explicará ahora el hecho que la zona procesada fundida 13 se forma por absorción multifotónica. La figura 8 es una gráfica que muestra relaciones entre la longitud de onda de la luz láser y la transmitancia dentro del sustrato de silicio. Aquí, los respectivos componentes reflejados sobre la cara delantera y trasera del sustrato de silicio son eliminados para mostrar la transmitancia interna sola. Las respectivas relaciones se muestran en los casos en los que el grosor t del sustrato de silicio es 50 μm , 100 μm , 200 μm , 500 μm , y 1000 μm .

20 Por ejemplo, a la longitud de onda de 1064 nm del láser Nd:YAG, la luz láser parece transmitirse a través del sustrato de silicio por al menos un 80% cuando el sustrato de silicio presenta un grosor de 500 μm o menor. Como que la oblea de silicio 11 mostrada en la figura 7 presenta un grosor de 350 μm , la zona procesada fundida 13 producida por absorción multifotónica se forma cerca del centro de la oblea de silicio 11, es decir, en una parte distanciada de la cara delantera por 175 μm . La transmitancia en este caso es de un 90% o mayor respecto a una oblea de silicio que presenta un grosor de 200 μm , de manera que la luz láser sólo es absorbida ligeramente en el interior de la oblea de silicio 11 pero es transmitida substancialmente a través de la misma. Esto significa que la zona procesada fundida 13 se forma en el interior de la oblea de silicio 11 no por absorción de luz láser dentro de la oblea de silicio 11 (es decir, no por el calentamiento habitual con la luz láser) sino por absorción multifotónica. La formación de una zona procesada fundida por absorción multifotónica se describe, por ejemplo, en "Silicon Processing Characteristic Evaluation by Picosecond Pulse Laser", Preprints of the National Meetings of Japan Welding Society, vol. 66 (Abril de 2000), págs. 72-73 .

30 En una oblea de silicio se genera una fractura desde una zona del punto de inicio del corte formada por una zona procesada fundida, actuando como punto inicial, en una dirección seccionada transversalmente, y alcanza la cara delantera y trasera de la oblea de silicio, de manera que la oblea de silicio es cortada. La fractura que alcanza la cara delantera y trasera de la oblea de silicio puede crecer naturalmente o a medida que se aplica una fuerza a la oblea de silicio. La fractura que crece naturalmente desde la zona del punto de partida para cortar la cara delantera y trasera de la oblea de silicio comprende un caso en el que la fractura crece de un estado en el que la zona procesada fundida que forma la zona del punto de partida está fundida y un caso en el que la fractura crece cuando la zona procesada fundida que forma la zona del punto de inicio del corte vuelve a solidificarse desde el estado fundido. En ambos casos la zona procesada fundida solamente se forma dentro de la oblea de silicio, y de este modo está presente solamente dentro de la sección cortada tras el corte tal como se muestra en la figura 7. Cuando una zona del punto de inicio del corte se forma de este modo dentro del objeto por una zona procesada fundida, es más difícil que se produzcan fracturas innecesarias que se desvían de una zona del punto de partida para la línea de corte en el momento de la separación, de modo que el control de la separación llega a resultar más fácil.

35 Aunque la zona procesada fundida se explica en la técnica anterior como una zona modificada formada por absorción multifotónica, puede formarse una zona del punto de partida para cortar tal como sigue a la vez que se tiene en cuenta la estructura cristalina de un objeto a modo de oblea a procesar, su característica de separación, y similares, de modo que el objeto puede ser cortado con una precisión favorable con una fuerza menor desde la zona del punto de inicio del corte que actúa como punto inicial.

40 Concretamente, en el caso de un sustrato realizado en un semiconductor monocristalino que presenta una estructura de diamante tal como silicio, se preferirá si una zona del punto de inicio del corte está formada en una dirección que se extienda a lo largo de un plano (111) (primer plano de separación) o un plano (110) (segundo plano de separación). En el caso de un sustrato realizado en un semiconductor del compuesto del grupo III-V de una estructura de esfalerita tal como GaAs, se preferirá si una zona del punto de inicio del corte se forma en una dirección que se extienda a lo largo del plano (110). En el caso de un sustrato que tenga una estructura cristalina de sistema hexagonal tal como zafiro

(Al₂O₃), se preferirá si una zona del punto de inicio del corte se forma en una dirección que se extienda a lo largo de un plano (1120) (plano A) o un plano (1100) (plano M) mientras se utiliza el plano (0001) (plano C) como plano principal.

5 Cuando el sustrato está formado con una orientación plana en una dirección para formarse con la zona del punto de inicio del corte que se ha citado anteriormente (por ejemplo, una dirección que se extiende a lo largo del plano (111) en un sustrato de silicio monocristalino) o una dirección ortogonal a la dirección a formarse con el mismo, la zona del punto de inicio del corte que se extiende en la dirección para formarse con la zona del punto de inicio del corte puede formarse fácilmente y de manera precisa en el sustrato respecto a la orientación plana.

10 Se explicará ahora la realización preferida de la presente invención. La figura 9 es una vista en planta del objeto a procesar en el método de procesamiento con láser de acuerdo con la realización, mientras que la figura 10 es una vista en sección de una parte del objeto según la línea X-X de la figura 9.

15 Tal como se muestra en las figuras 9 y 10, el objeto 1 comprende una oblea de silicio 11 que presenta un grosor de 625 μm y una capa de dispositivos funcionales 16 formada en la cara delantera 3 de la oblea de silicio 11, que incluye una pluralidad de dispositivos funcionales 15. Una serie de dispositivos funcionales 15, ejemplos de los cuales incluyen capas de operación de semiconductor formadas por crecimiento de cristales, dispositivos de receptores de luz tales como fotodiodos, dispositivos emisores de luz tales como diodos láser, y dispositivos de circuito formados como circuitos, se forman de manera similar como en una matriz en direcciones paralelas y perpendiculares a una orientación plana 6 de la oblea de silicio 11.

20 El objeto así construido 1 se corta en dispositivos funcionales 15 tal como sigue. Primero, se une una cinta expandible 23 a la cara trasera 21 de la oblea de silicio 11 tal como se muestra en la figura 11 (a). Posteriormente, tal como se muestra en la figura 11 (b), el objeto 1 se sujeta sobre una mesa de soporte de un aparato de procesamiento con láser (no mostrado) con la capa de dispositivos funcionales 16 orientada hacia arriba.

25 Después, el objeto 1 es irradiado con luz láser L, mientras se utiliza la cara delantera 3 como superficie de entrada de luz láser y se sitúa un punto convergente P dentro de la oblea de silicio 11 bajo una condición en la que se produce absorción multifotónica, y la mesa de sujeción se mueve para la exploración del punto convergente P a lo largo de líneas de corte 5 (véase líneas de trazos en la figura 9) que se disponen como rejillas que pasan entre los dispositivos funcionales 15, 15 adyacentes entre sí.

30 La exploración del punto convergente P a lo largo de las líneas de corte 5 se realiza 19 veces para cada línea de corte 5 con respectivas distancias desde la cara delantera 3 a la posición en la cual el punto convergente P es focalizado, de modo que se forman sucesivamente 19 filas de zonas modificadas 7₁ a 7₁₉ una a una desde la cara trasera 21 dentro de la oblea de silicio 11 a lo largo de la línea de corte 5 bajo las condiciones mostradas en la siguiente tabla 2. Cada una de las zonas modificadas 7₁ a 7₁₉ es una zona procesada fundida que puede incluir grietas mezcladas en las mismas.

[Tabla 2]

	Posición del punto convergente (μm)	Potencia de salida (W)	Ángulo divergente (°)
Zona modificada 7 ₁	618	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₂	603	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₃	588	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₄	573	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₅	558	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₆	545	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₇	520	0,92	0,4
Zona modificada 7 ₈	496	0,92	0,4
Zona modificada 7 ₉	469	0,92	0,4
Zona modificada 7 ₁₀	434	0,92	0,4
Zona modificada 7 ₁₁	404	0,92	0,4
Zona modificada 7 ₁₂	368	0,92	0,4
Zona modificada 7 ₁₃	330	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₁₄	299	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₁₅	261	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₁₆	220	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₁₇	175	1,2	0,2

Zona modificada 7 ₁₈	120	1,2	0,2
Zona modificada 7 ₁₉	73	0,72	0,2

5 Tal como puede apreciarse en la tabla 2 citada anteriormente, el ángulo divergente de la luz láser L que incide sobre la lente condensadora del aparato de procesamiento con láser se establece a 0,4° al formar las zonas modificadas 7₇ a 7₁₂ situadas en áreas en las que la profundidad de la cara delantera 3 de la oblea de silicio 11 es de 335 μm a 525 μm. Por otra parte, el ángulo divergente de la luz láser L incide sobre la lente condensadora del aparato de procesamiento con láser se establece a 0,2° al formar las zonas modificadas 7₁ a 7₆ situadas en áreas en las que la profundidad de la cara delantera 3 de la oblea de silicio 11 es superior a 525 μm y al formar las zonas modificadas 7₁₃ a 7₁₉ situadas en áreas en las que la profundidad es menor de 335 μm. Para aumentar el ángulo divergente de la luz láser L que incide sobre la lente condensadora, será suficiente si se dispone una lente convexa 55 más cerca de una lente cóncava 56 en un expansor de haz 54 tal como se muestra en las figuras 12 (a) y (b).
10

Después de formar las zonas modificadas 7₁₃ a 7₁₉, la cinta expansible 23 se expande tal como se muestra en la figura 13, para generar una fractura de cada una de las zonas modificadas 7₁₃ a 7₁₉ que actúan como punto inicial, cortando de este modo la oblea de silicio 11 y la capa de dispositivos funcionales 16 a lo largo de las líneas de corte 5 y separando entre sí los chips semiconductores 25 obtenidos por el corte.

15 En el método de procesamiento con láser indicado anteriormente, tal como se ha explicado anteriormente, el ángulo divergente (0,4°) de la luz láser L que incide en la lente condensadora al formar las zonas modificadas 7₇ a 7₁₂ se hace mayor que el ángulo divergente (0,2°) de la luz láser L que incide en la lente condensadora al formar las zonas modificadas 7₁₃ a 7₁₉. Esto hace que la condición de irradiación de la luz láser L para formar las zonas modificadas 7₇ a 7₁₂ sea diferente de la condición de irradiación de la luz láser L para formar las zonas modificadas 7₁₃ a 7₁₉ por ejemplo para corregir la aberración esférica de la luz láser L en áreas en las que la profundidad de la cara delantera 3 de la oblea de silicio 11 es de 335 μm a 525 μm. Por lo tanto, incluso cuando la oblea de silicio 11 y la capa de dispositivos funcionales 16 se cortan en chips semiconductores 25 de las zonas modificadas 7₁ a 7₁₉ que actúan como punto inicial de corte, no aparecen grietas en forma de pluma girada de manera notable en las áreas en las que la profundidad es de 335 μm a 525 μm, de modo que es difícil que se produzcan partículas. Por lo tanto, el método de procesamiento con láser indicado anteriormente evita que se produzcan partículas de las secciones de corte de los chips semiconductores 25.
20
25

La figura 14 es una vista que muestra una fotografía obtenida al formar 19 filas de zonas modificadas para una línea de corte dentro de una oblea de silicio que presenta un grosor de 625 μm por el método de procesamiento con láser de acuerdo con la realización. En este ejemplo, tal como se muestra en el dibujo, las grietas en forma de pluma girada no aparecen de manera notable en las áreas en las que la profundidad de la cara delantera 3 de la oblea de silicio 11 es de 335 μm a 525 μm además de las áreas en las que la profundidad es mayor de 525 μm y menor de 335 μm. Por lo tanto, las secciones cortadas de la oblea de silicio 11 parecen encontrarse en un estado en el que es difícil que se produzcan partículas.
30

Mientras tanto, cuando el ángulo divergente de la luz láser L que incide en la lente condensadora del aparato de procesamiento con láser se establece a 0,4° en áreas en las que la profundidad de la cara delantera 3 de la oblea de silicio 11 es mayor de 525 μm como en áreas en las que la profundidad es de 335 μm a 525 μm, se da el problema de que las zonas modificadas 7₁ a 7₆ no logran conectarse entre sí debido a la falta de energía en la luz láser L. Para resolver este problema, la energía de la luz láser L puede mejorarse sin establecer el ángulo divergente de la luz láser L que incide en la lente condensadora a 0,2°.
35

40 Cuando el ángulo divergente de la luz láser L que incide en la lente condensadora del aparato de procesamiento con láser se establece a 0,4° en áreas en las que la profundidad de la cara delantera 3 de la oblea de silicio 11 es menor de 335 μm como en las áreas en las que la profundidad es de 335 μm a 525 μm, puede darse el problema de un aumento de grietas en forma de pluma girada y similares. Establecer el ángulo divergente de la luz láser L que incide en la lente condensadora a 0,2° resulta eficaz para resolver este problema.

45 La presente invención no queda limitada a la realización citada anteriormente.

Por ejemplo, el ángulo divergente de la luz láser L que incide en la lente condensadora al formar las zonas modificadas 7₇ a 7₁₂ puede hacerse no sólo mayor que el de la luz láser L que incide en la lente condensadora al formar las zonas modificadas 7₁₃ a 7₁₉ sino también tal como sigue, para hacer de este modo que la condición de irradiación de luz láser L para formar las zonas modificadas 7₇ a 7₁₂ sea diferente de la condición de la irradiación de luz láser L para formar las zonas modificadas 7₁₃ a 7₁₉ para corregir la aberración esférica de la luz láser L.
50

En particular, la AN (apertura numérica) de salida de la lente condensadora 53 para formar las zonas modificadas 7₇ a 7₁₂ (véase figura 12 (b)) puede hacerse mayor que la AN de salida (apertura numérica) de la lente condensadora 53 para formar las zonas modificadas 7₁₃ a 7₁₉ (véase figura 12 (a)).

Puede disponerse un elemento de corrección de la aberración esférica 57 entre la lente condensadora 53 y la oblea de silicio al formar las zonas modificadas 7_7 a 7_{12} (véase figura 13 (b)) pero no al formar las zonas modificadas 7_{13} a 7_{19} (véase figura 13 (a)). El elemento de corrección de la aberración esférica 57 es un elemento tal como una lámina de vidrio de sílice que tiene un grosor de 0,5 mm, por ejemplo, que genera una aberración esférica en una dirección que cancela una aberración esférica correspondiente a una profundidad desde la superficie de entrada de luz láser de la oblea de silicio.

También, puede prepararse una lente condensadora que se deje originalmente con dicha aberración esférica para cancelar una aberración esférica correspondiente a una profundidad de la superficie de entrada de luz láser de la oblea de silicio, y dichas lentes condensadoras pueden conmutarse según la profundidad de la superficie de entrada de luz láser de la oblea de silicio. Además, puede prepararse una lente condensadora que pueda cambiar el rendimiento de la lente para cancelar una aberración esférica correspondiente a una profundidad desde la superficie de entrada de la luz láser de la oblea de silicio moviendo un tubo de corrección o similar dentro de la lente condensadora, para así variar el rendimiento de la lente condensadora según la profundidad de la superficie de entrada de luz láser de la oblea de silicio.

Reducir la influencia de la aberración esférica en lugar de corregir la aberración esférica también puede limitar la aparición de grietas en forma de pluma girada.

A medida que la lente condensadora se acerca más a la oblea de silicio para converger la luz láser en una zona de la oblea de silicio más profunda desde la superficie de entrada de luz láser, la posición convergente de los rayos centrales de la luz láser y la posición convergente de los rayos marginales de la luz láser se desvían entre sí en la dirección del grosor de la oblea, para extender la distribución de energía, con lo cual aparecen grietas en forma de pluma girada al cortar una sección. Por lo tanto, al hacer que la energía de los rayos marginales sea menor que un umbral de procesamiento puede reducirse la influencia de los rayos marginales, limitando de este modo la aparición de grietas en forma de pluma girada.

Por ejemplo, al formar las zonas modificadas 7_{13} a 7_{19} , el ángulo divergente de luz láser L aumenta por el expansor de haz 54 tal como se muestra en la figura 17 (a), de modo que la energía de los rayos marginales que inciden en la pupila de entrada (con un diámetro de pupila d) es mayor que el umbral de procesamiento. Al formar las zonas modificadas 7_7 a 7_{12} , por otra parte, el ángulo divergente de la luz láser L es reducido por el expansor de haz 54 tal como se muestra en la figura 17 (b), de modo que la energía de los rayos marginales que inciden en la pupila de entrada (con el diámetro de pupila d) es menor que el umbral de procesamiento.

Aunque la realización mencionada anteriormente es un caso en el cual se forma una pluralidad de filas de zonas modificadas en el interior de una oblea de silicio que tiene un grosor t ($500 \mu\text{m} < t$) a lo largo de una línea de corte, lo siguiente puede evitar que se produzcan partículas de secciones cortadas de chips obtenidos por el corte una oblea de silicio que tiene un grosor t ($350 \mu\text{m} < t \leq 500 \mu\text{m}$) al formar una pluralidad de filas de zonas modificadas dentro de esta oblea de silicio a lo largo de una línea de corte. En particular, será suficiente si la condición de irradiación de luz láser para formar una zona modificada en un área en la que la profundidad de la superficie de entrada de luz láser de la oblea de silicio es de $350 \mu\text{m}$ a $t \mu\text{m}$ se hace diferente de la condición de irradiación de luz láser para formar una zona modificada en un área en la que la profundidad es de $0 \mu\text{m}$ a $250 \mu\text{m}$ para así corregir la aberración esférica de la luz láser en el área en la que la profundidad es de $350 \mu\text{m}$ a $t \mu\text{m}$.

Aunque la realización mencionada anteriormente es un caso en el cual se utiliza la cara delantera de la oblea de silicio como superficie de entrada de luz láser, puede emplearse la cara trasera de la oblea de silicio como superficie de entrada de luz láser. Aunque la realización mencionada anteriormente es un caso en el cual la capa funcional existe en líneas de corte, la cara delantera de la oblea de silicio puede utilizarse como superficie de entrada de luz láser en un estado en el que la cara delantera de la oblea de silicio queda expuesta sin capa de dispositivos funcionales en las líneas de corte.

El número de filas de zonas modificadas formadas dentro de la oblea de silicio para una línea de corte varía en función del grosor de la oblea de silicio y similares sin limitarse a 19.

Aplicabilidad industrial

Incluso si se corta una oblea de silicio en chips, la presente invención evita que se produzcan partículas de secciones cortadas de los chips durante y después del corte.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método de procesamiento con láser de luz láser convergente (L) en el interior de una oblea de silicio (11) que presenta un grosor $t > 350 \mu\text{m}$ con una lente condensadora (53) para formar una pluralidad de filas de zonas modificadas para convertirse en un punto inicial de corte dentro de la oblea de silicio (11) a lo largo de una línea de corte (5) de la oblea de silicio,
- caracterizado por el hecho de que dicho procedimiento comprende las etapas de:
- formar una primera zona modificada a lo largo de la línea de corte (5) en una primera área que presenta una profundidad de $350 \mu\text{m}$ a $t \mu\text{m}$ con $t \leq 500 \mu\text{m}$, o que presenta una profundidad de $350 \mu\text{m}$ a $500 \mu\text{m}$ con $t > 500 \mu\text{m}$, desde una superficie de entrada de luz láser (3) de la oblea de silicio (11); y
- 10 formar una segunda zona modificada a lo largo de la línea de corte (5) en una segunda área que presenta una profundidad de $0 \mu\text{m}$ a $250 \mu\text{m}$ desde la superficie de entrada de luz láser (3);
- en el que una condición de irradiación de luz láser para formar la primera zona modificada se hace diferente de una condición de irradiación de luz láser para formar dicha segunda zona modificada para corregir una aberración esférica de la luz láser en la primera área.
- 15 2. Método de procesamiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la primera y la segunda zona modificada son zonas procesadas fundidas.
3. Método de procesamiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la luz láser (L) que incide en la lente condensadora (53) al formar la primera zona modificada tiene un ángulo divergente mayor que el de la luz láser (L) que incide en la lente condensadora (53) al formar la segunda zona modificada.
- 20 4. Método de procesamiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la lente condensadora (53) al formar la primera zona modificada tiene una AN de salida mayor que el de la lente condensadora (53) al formar la segunda zona modificada.
- 25 5. Método de procesamiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que se dispone un elemento de corrección de la aberración esférica (57) entre la lente condensadora (53) y la oblea de silicio (11) al formar la primera zona modificada.

Fig.1

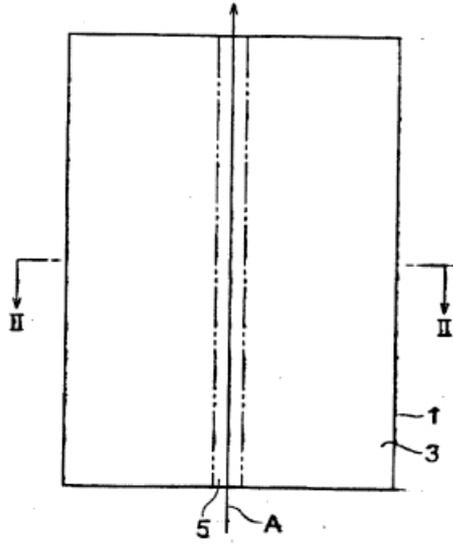


Fig.2

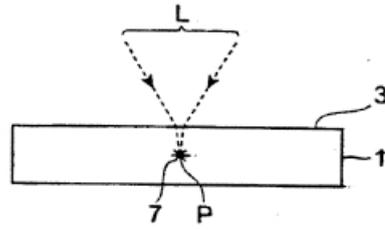


Fig.3

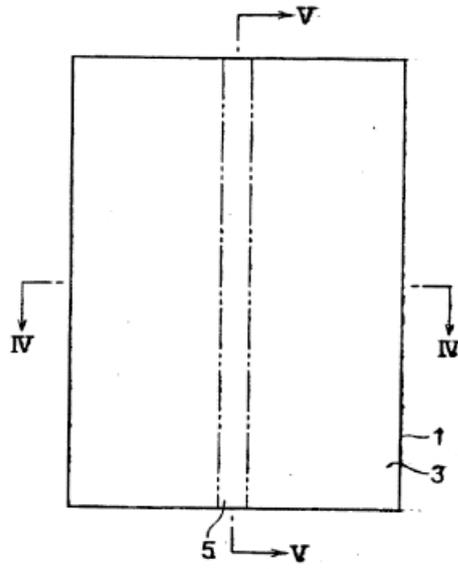


Fig.4

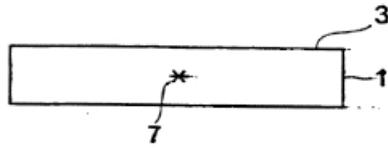


Fig.5

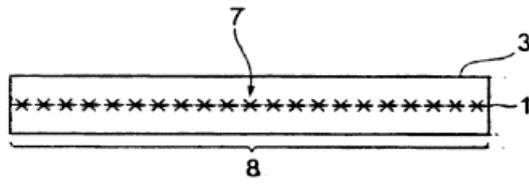
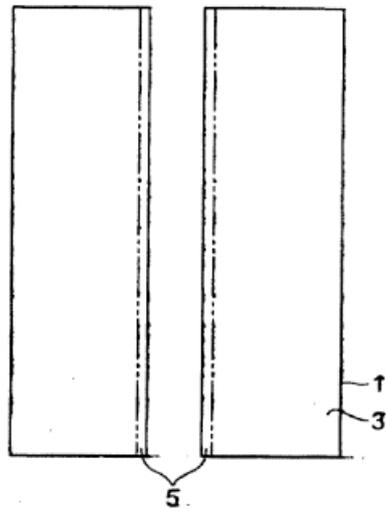


Fig.6



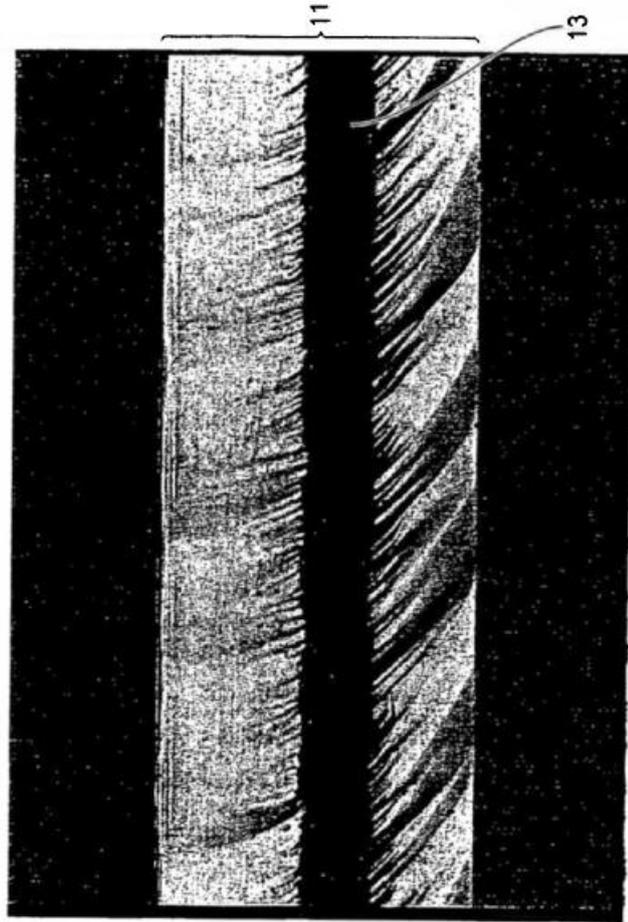
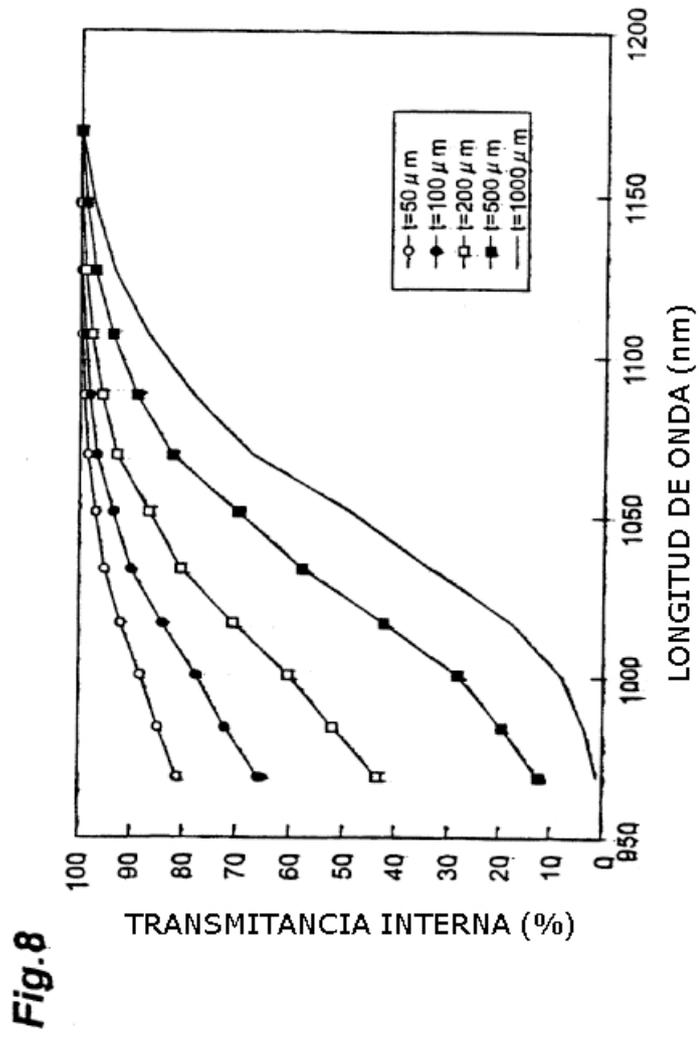


Fig.7



--

Fig.9

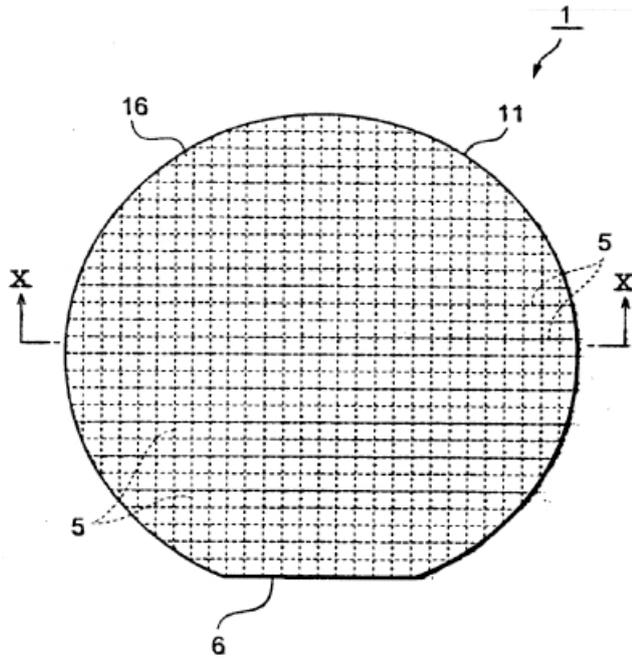


Fig.10

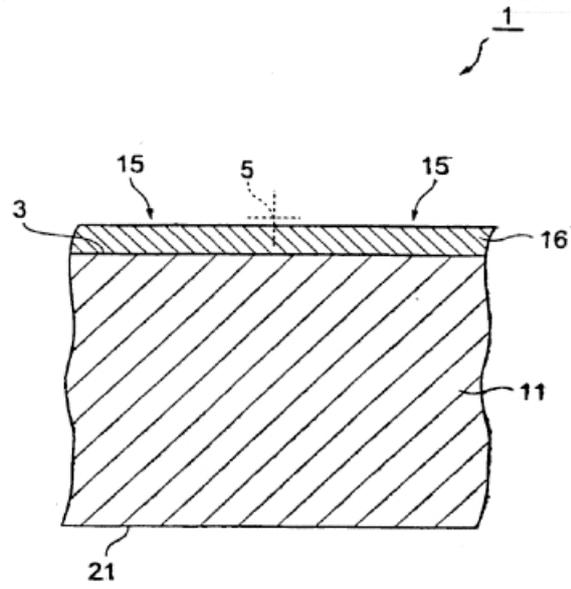


Fig.11

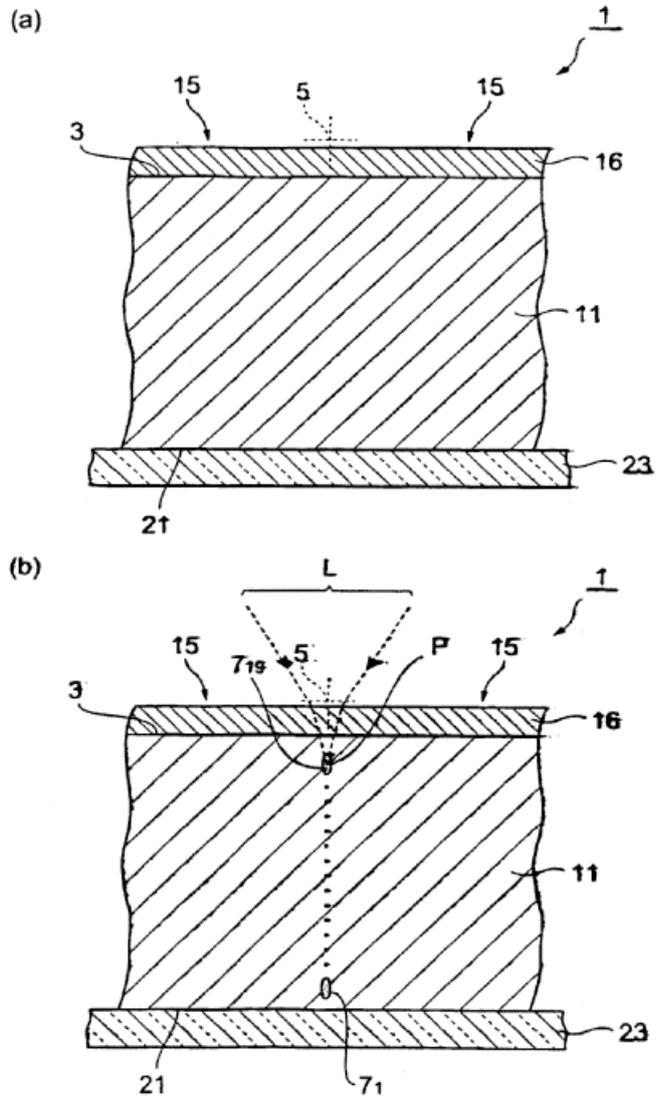


Fig.12

(a)

(b)

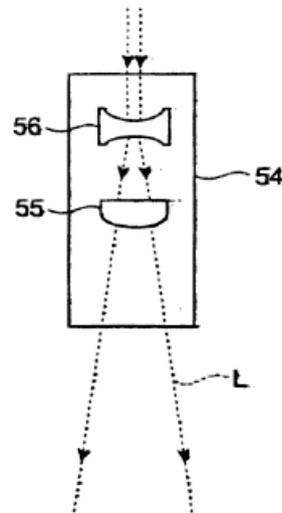
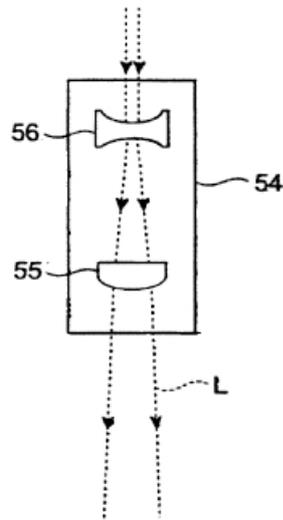


Fig.13

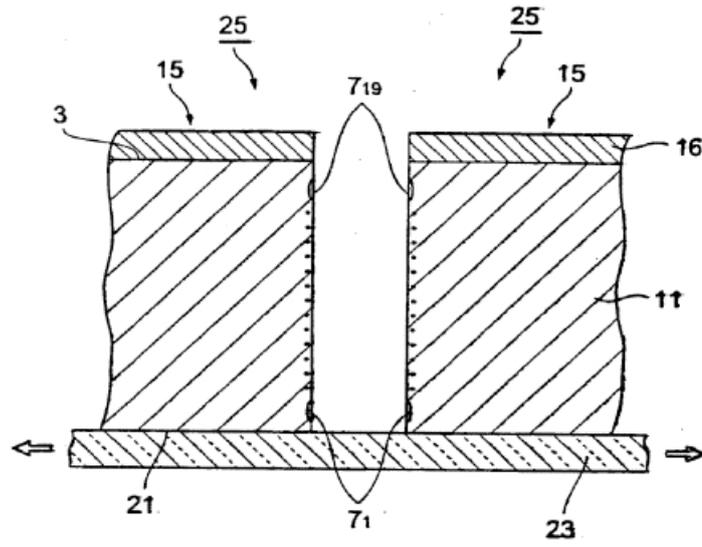


Fig.14

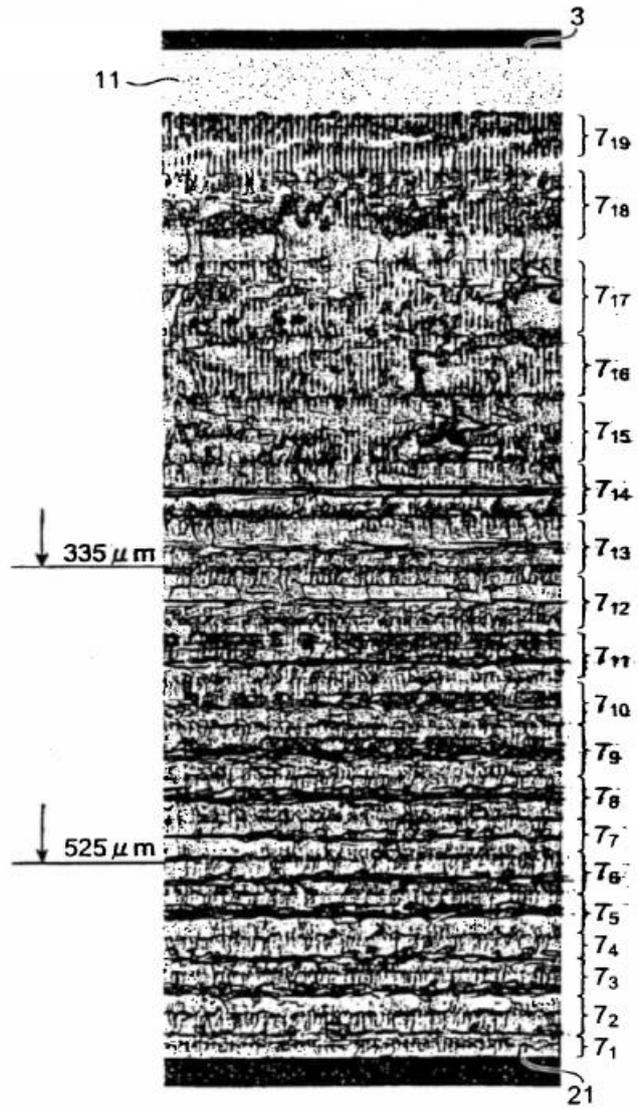
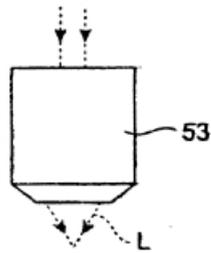


Fig.15

(a)



(b)

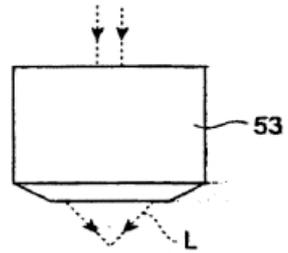
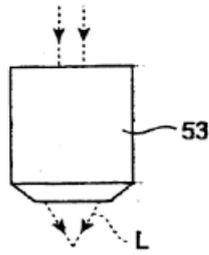


Fig.16

(a)



(b)

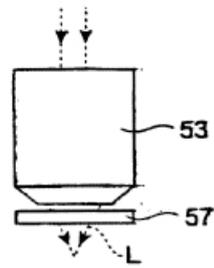


Fig.17

(a)

(b)

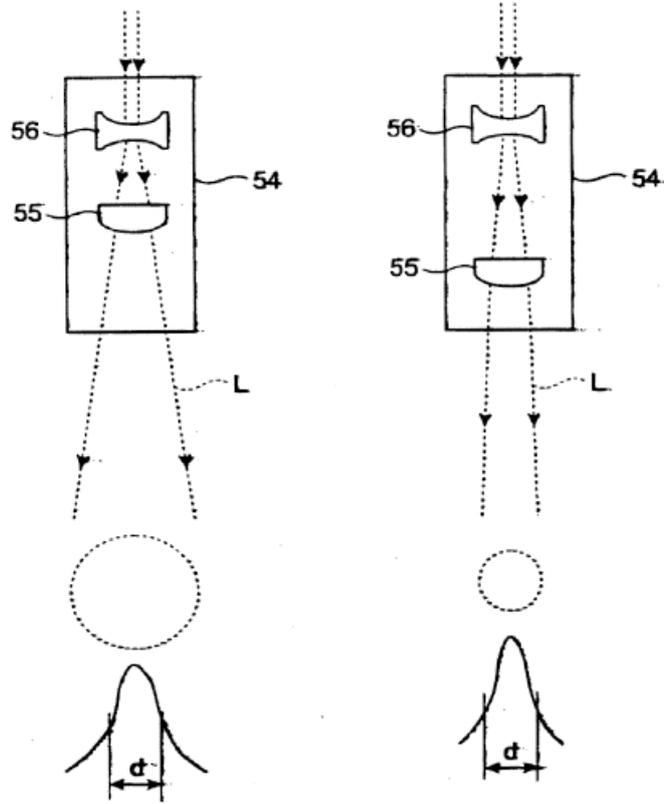


Fig.18

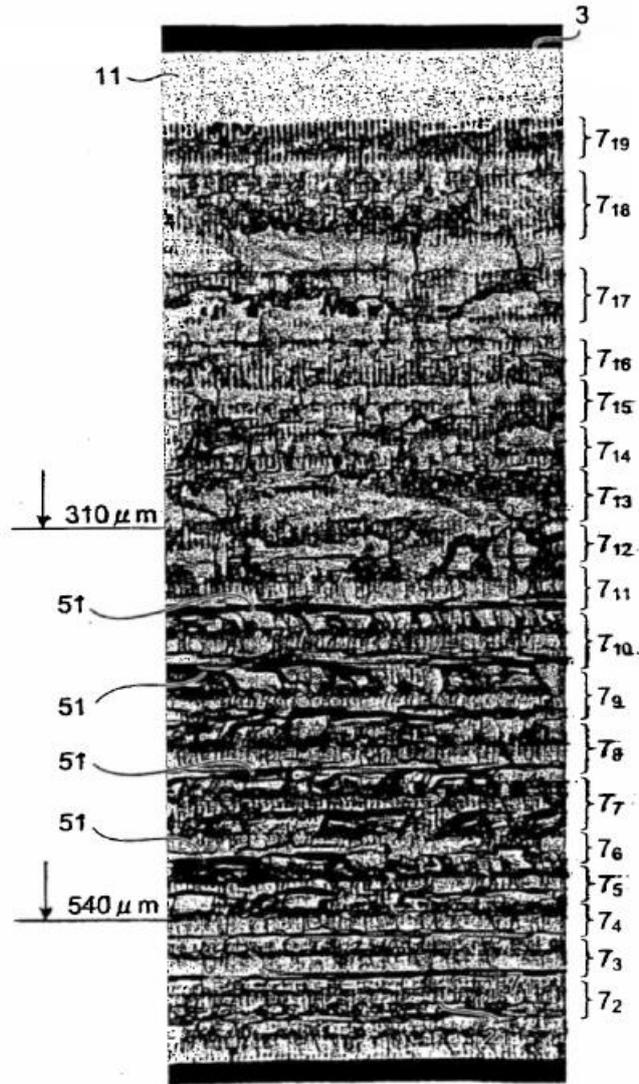


Fig.19

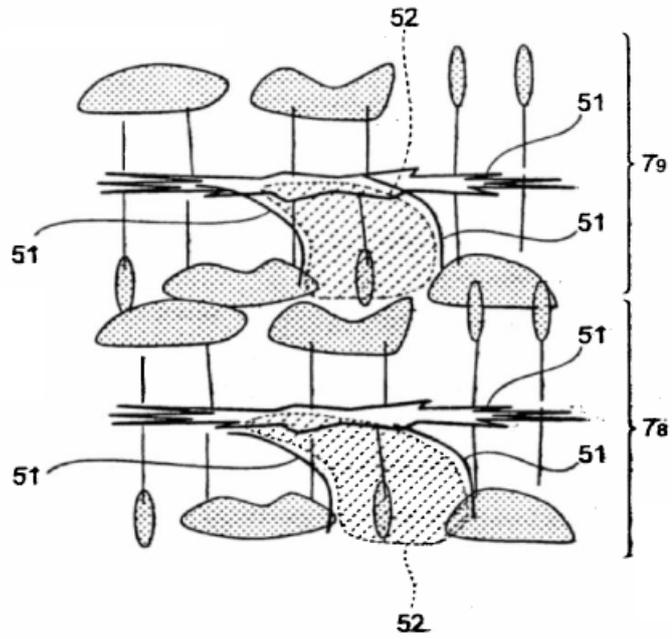


Fig.20

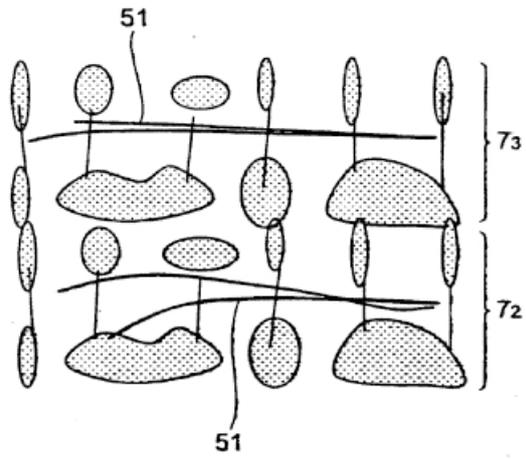


Fig.21

