



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 356 817**

51 Int. Cl.:
B23K 26/38 (2006.01)
B28D 5/00 (2006.01)
H01L 21/301 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03744054 .2**
96 Fecha de presentación : **11.03.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **1498216**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.01.2005**

54 Título: **Método de corte de un objeto procesado.**

30 Prioridad: **12.03.2002 JP 2002-67372**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
13.04.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
13.04.2011

73 Titular/es: **HAMAMATSU PHOTONICS K.K.**
1126-1 Ichino-cho
Hamamatsu-shi, Shizuoka-ken 435-8558, JP

72 Inventor/es: **Fukuyo, Fumitsugu y**
Fukumitsu, Kenshi

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 356 817 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de corte de un objeto procesado.

Campo Técnico

5 La presente invención se refiere a un método de corte de un objeto a procesar, para cortar un objeto a procesar, tal como un sustrato de material semiconductor, un sustrato piezoeléctrico, y un sustrato de vidrio.

Técnica Antecedente

10 Una de las aplicaciones del láser es el corte. Lo que sigue es un corte típico por láser. Por ejemplo, una pieza a cortar en un objeto a procesar, tal como una oblea semiconductor o un sustrato de vidrio, se irradia con luz láser que tiene una longitud de onda absorbida por el objeto, y la fusión por calentamiento se hace avanzar mediante la absorción de la luz de láser desde la cara anterior a la cara posterior del objeto en la pieza a cortar, a fin de cortar el objeto. Sin embargo, este método también funde los alrededores de una región que se convierte en una pieza a cortar en la cara anterior del objeto. Como consecuencia, en el caso en que el objeto a procesar sea una oblea semiconductor, existe el temor de que los dispositivos semiconductores situados cerca de la región mencionada anteriormente, entre aquellas formadas en la cara anterior de la oblea semiconductor, se fundan.

15 Los ejemplos de métodos para evitar la fusión de la cara anterior de un tal objeto a procesar incluyen los métodos de corte por láser descritos en las Solicitudes de Patente Japonesa Abiertas a Inspección Pública N° 2000-219528 y 2000-15467. Los métodos de corte de estas publicaciones provocan que la luz láser caliente una pieza a cortar en el objeto a procesar, y después enfrían el objeto, a fin de generar un choque térmico en la pieza a cortar, cortando de este modo el objeto.

20 La Patente Japonesa N° JP-A-4 111 800 (el mejor estado de la técnica) describe un método de corte de un material transparente irradiándolo con luz de láser focalizada en un punto dentro del material, de modo que se forma una pequeña fisura a través de toda la profundidad del material. Moviendo la luz láser a lo largo del material se forma una pluralidad de pequeñas fisuras en línea y el objeto se parte.

25 La Patente de Estados Unidos N° US-A-5786560 describe un método de micromecanizado tridimensional empleando pulsos de láser de femtosegundos. El haz de láser se divide en una pluralidad de haces de láser separados que están focalizados cada uno de ellos de modo que todos se superponen en un solo punto en el interior de la muestra. La recombinación de la luz láser en el punto provoca daños en dicho punto, de modo que pueden modificarse las características bajo la superficie de la muestra.

Descripción de la Invención.

30 Cuando el choque térmico generado en el objeto a procesar es grande en los métodos de corte de estas publicaciones, sin embargo, pueden darse fracturas innecesarias en la cara anterior del objeto, como las que se desvían de la línea de corte del objeto o las que se extienden a un parte no irradiada con el láser. Por ello, estos métodos de corte no pueden realizar cortes precisos. Cuando el objeto a procesar es una oblea semiconductor, un sustrato de vidrio formado con una unidad de visualización de cristal líquido o un sustrato de vidrio formado con un patrón de electrodo en particular, los chips semiconductores, la unidad de visualización de cristal líquido, y el patrón de electrodo pueden dañarse por las fracturas innecesarias. Puesto que la energía media de entrada es grande en estos métodos de corte, puede causarse un daño térmico grande a los chips semiconductores y similares.

35 En vista de tales circunstancias, un objeto de la presente invención es proporcionar un método de corte de un objeto a procesar, que pueda cortar el objeto con precisión.

40 Para conseguir el método mencionado anteriormente, el método de corte de un objeto a procesar de acuerdo con la presente invención se define en la reivindicación 1.

45 En este método de corte de un objeto a procesar, la región modificada formada por absorción multifotónica forma una región de punto de partida de corte dentro del objeto a lo largo de una línea deseable a lo largo de la que el objeto debe cortarse, para cortar el objeto. Aquí, la absorción multifotónica ocurre localmente dentro del objeto, de modo que la luz láser apenas se absorbe por una cara terminal del objeto y por la otra cara terminal en el lado contrario del mismo, por lo que puede evitarse que se fundan ambas caras finales por irradiación de luz láser. Puesto que la región de punto de partida de corte se forma para desviar desde la posición central del objeto en la dirección del espesor del mismo hacia una cara terminal, cuando el objeto se presiona desde el lado de la otra cara terminal, puede generarse una fractura en el objeto desde la región del punto de partida de corte, que actúa como el punto de partida con una fuerza de presión menor que la necesaria en el caso en el que la región del punto de partida para cortar se forma en la posición central. Esto puede evitar la aparición de fracturas innecesarias, desviadas de la línea a lo largo de la que el objeto debe cortarse, y permitir un corte exacto del objeto a lo largo de la línea de corte.

55 Aquí, el punto de convergencia de luz hace referencia al lugar en el que converge la luz láser. La región de punto de partida se refiere a la región que se convierte en punto de partida de corte cuando el objeto a procesar se corta. Por tanto, la región de punto de partida de corte es una pieza a cortar en la que se realiza el corte del objeto.

- La región del punto de partida de corte puede producirse formando continua o intermitentemente una región modificada. La expresión "formar una región de punto de partida de corte, desviada desde la posición central del objeto en la dirección del espesor del mismo, hacia una cara terminal del objeto" significa que una región modificada que constituye la región de punto de partida de corte se forma para desviar desde la posición media del espesor del objeto en la dirección del espesor del mismo, hacia una cara terminal. Concretamente, significa que la posición central de la anchura de la región modificada (región de punto de partida de corte) en la dirección del espesor del objeto se sitúa para desviarse de la posición central del objeto en la dirección del espesor hacia una cara terminal, y no se limita al caso en el que la región modificada completa (región de punto de partida de corte) se sitúa en el lado de una cara terminal de la posición central del objeto, en la dirección del espesor.
- Preferiblemente, la etapa de presión presiona el objeto a lo largo de la línea a lo largo de la que el objeto debe cortarse. Al cortar un objeto a procesar en dispositivos funcionales en el caso en el que los aparatos funcionales forman una especie de matriz como una parte laminada en la otra cara terminal del objeto, por ejemplo, el objeto puede cortarse con precisión en aparatos funcionales, si una línea a lo largo de la que el objeto debe cortarse se sitúa entre aparatos funcionales vecinos y el objeto se presiona a lo largo de esta línea a lo largo de la que el objeto debe cortarse. Además, esto puede eliminar sustancialmente la acción de fuerza de presión en los dispositivos funcionales.
- Preferiblemente, los datos posicionales de la línea a lo largo de la que el objeto debe cortarse, con respecto al objeto a cortar, se almacenan en la etapa de formación de la región de punto de partida de corte, y el objeto se presiona a lo largo de la línea a lo largo de la que el objeto debe cortarse de acuerdo con los datos posicionales en la etapa de presión. Esto posibilita que la fuerza de presión actúe fácil y precisamente en la región de punto de partida de corte formada dentro del objeto.
- Breve Descripción de los Dibujos
- La figura 1 es una vista en planta de un objeto a procesar durante el procesado por láser del método de procesado por láser de acuerdo con una realización de la presente invención;
- La figura 2 es una vista transversal del objeto a procesar tomada a lo largo de la línea II-II de la figura 1;
- La figura 3 es una vista en planta del objeto a procesar tras el procesado por láser por el método de procesado por láser de acuerdo con la realización;
- La figura 4 es una vista transversal del objeto a procesar tomada a lo largo de la línea IV-IV de la figura 3;
- La figura 5 es una vista transversal del objeto a procesar tomada a lo largo de la línea V-V de la figura 3;
- La figura 6 es una vista en planta del objeto a procesar tras el procesado por láser por el método de procesado por láser de acuerdo con la realización;
- La figura 7 es un gráfico que muestra las relaciones entre la intensidad del campo eléctrico y el tamaño de los puntos de fisura en el método de procesado por láser de acuerdo con la realización;
- La figura 8 es una vista transversal del objeto a procesar en una primera etapa del método de procesado por láser de acuerdo con la realización;
- La figura 9 es una vista transversal del objeto a procesar en una segunda etapa del método de procesado por láser de acuerdo con la realización;
- La figura 10 es una vista transversal del objeto a procesar en una tercera etapa del método de procesado por láser de acuerdo con la realización;
- La figura 11 es una vista transversal del objeto a procesar en una cuarta etapa del método de procesado por láser de acuerdo con la realización;
- La figura 12 es una vista que muestra una fotografía de una sección cortada en una parte de una oblea de silicio cortada por el método de procesado por láser de acuerdo con la realización;
- La figura 13 es un gráfico que muestra las relaciones entre la longitud de onda de la luz láser y la transmitancia interna de un sustrato de silicio en el método de procesado por láser de acuerdo con la realización;
- La figura 14 es un diagrama esquemático del aparato procesador de láser de acuerdo con la realización;
- La figura 15 es un diagrama de flujo para explicar el método de procesado por láser de acuerdo con la realización;
- La figura 16 es una vista en planta del objeto a procesar de acuerdo con el Ejemplo 1;
- La figura 17 es una vista transversal que muestra una etapa de elaboración del objeto a procesar de acuerdo con el Ejemplo 1;

La figura 18 es una vista transversal que muestra la etapa de formación de la región de punto de partida de corte de acuerdo con el Ejemplo 1;

La figura 19 es una vista transversal que muestra un caso en el que una región de punto de partida de corte se sitúa a través de una línea central en el objeto a procesar de acuerdo con el Ejemplo 1;

5 La figura 20 es una vista transversal que muestra un caso en el que toda la región de corte se sitúa en el lado de la cara anterior de la línea central en el objeto a procesar de acuerdo con el Ejemplo 1;

10 La figura 21 es una vista transversal que muestra un caso en el que una región de punto de partida de corte en el lado de la cara posterior se sitúa a través de una línea central mientras que una región de punto de partida de corte en el lado de la cara anterior se sitúa entre la región de punto de partida de corte en el lado de la cara posterior y el lado de la cara anterior en el objeto a procesar de acuerdo con el Ejemplo 1;

La figura 22 es una vista transversal que muestra la etapa de presión de de acuerdo con el Ejemplo 1;

La figura 23 es una vista transversal que muestra una etapa de expansión de una lámina de expansión de acuerdo con el Ejemplo 1;

15 La figura 24 es una vista transversal que muestra un caso en el que el objeto a procesar se irradia con luz láser desde el lado de la cara posterior del mismo en la etapa de formación de la región de punto de partida de corte de acuerdo con el Ejemplo 1;

La figura 25 es una vista transversal que muestra la etapa de formación de la región de punto de partida de corte de acuerdo con el Ejemplo 2;

La figura 26 es una vista transversal que muestra la etapa de presión de acuerdo con el Ejemplo 2; y

20 La figura 27 es una vista transversal que muestra un caso en el que el objeto a procesar se irradia con luz láser desde el lado de la cara posterior del mismo en la etapa de formación de la región de punto de partida de corte de acuerdo con el Ejemplo 2.

Mejores Modos para Realizar la Invención

25 A continuación, se explicará una realización preferida de la presente invención, con referencia a los dibujos. En la etapa de formación de la región de punto de partida de corte del método de corte de un objeto a procesar de acuerdo con esta realización, se irradia el objeto con luz láser mientras que se sitúa un punto de convergencia de luz en su interior, para formar una región modificada debido a absorción multifotónica dentro del objeto. Por tanto, se explicará primeramente el método de procesado por láser, la absorción multifotónica en particular.

30 Un material se vuelve ópticamente transparente si su banda prohibida de absorción E_G es mayor que una energía fotónica $h\nu$. Por tanto, la condición en la que ocurre la absorción en el material es $h\nu > E_G$. Sin embargo, incluso siendo ópticamente transparente, el material presenta absorción en la condición de $n h\nu > E_G$ ($n = 2, 3, 4, \dots$) si la intensidad de la luz láser es muy alta. Este fenómeno se conoce como absorción multifotónica. En el caso de ondas de pulso la intensidad de la luz láser está determinada por la densidad de potencia pico (W/cm^2) de la luz láser en un punto de convergencia de luz del mismo. La absorción multifotónica ocurre, por ejemplo, a una densidad de potencia pico (W/cm^2) de 1×10^8 (W/cm^2) o superior. La densidad de potencia pico se determina por (energía por pulso de luz láser en el punto de convergencia de luz) / (área de la sección transversal del punto del haz de luz láser \times anchura de pulso). En el caso de una onda continua, la intensidad de la luz láser está determinada por la fuerza del campo eléctrico (W/cm^2) de la luz láser en el punto de convergencia de luz.

40 El principio del procesado por láser de acuerdo con la realización que utiliza absorción multifotónica se explicará ahora con referencia a las figuras 1 a 6. La figura 1 es una vista en planta de un objeto a procesar 1 durante el procesado por láser; la figura 2 es una vista transversal del objeto 1 tomada a lo largo de la línea II-II de la figura 1; la figura 3 es una vista en planta del objeto 1 tras el procesado por láser; la figura 4 es una vista transversal del objeto 1 tomada a lo largo de la línea IV-IV de la figura 3; la figura 5 es una vista transversal del objeto 1 tomada a lo largo de la línea V-V de la figura 3; y la figura 6 es una vista en planta de objeto cortado 1.

45 Como se muestra en las figuras 1 y 2, la cara anterior 3 del objeto 1 tiene una línea deseable para cortar el objeto 1 a lo largo de la que el objeto debe cortarse 5. La línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse es una línea virtual linealmente extendida (el objeto 1 puede también formarse con una línea real actuando como la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse). En el procesado por láser de acuerdo con esta realización, se irradia el objeto 1 con luz láser L tal que un punto de convergencia de luz P se sitúa dentro del objeto 1 en una condición causante de absorción multifotónica, a fin de formar una región modificada 7. Aquí, el punto de convergencia de luz es un lugar en el que converge la luz láser L.

50 La luz láser L se mueve relativamente a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse (en la dirección de la flecha A), para mover el punto de convergencia de luz P a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse. Esto forma la región modificada 7 a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse solamente dentro del objeto 1 como se muestra en las figuras 3 a 5, y la región modificada 7 forma una

55

5 región de punto de partida de corte (pieza a cortar) 8. En el método de procesado por láser de acuerdo con esta realización, no se forma ninguna región modificada 7 por calentamiento del objeto 1 provocado por la absorción de la luz láser L del objeto 1. En lugar de esto, la luz láser L se transmite a través del objeto 1, para generar absorción multifotónica en el interior del objeto 1, y forma de este modo la región modificada 7. Por lo tanto la luz láser L apenas es absorbida por la cara anterior 3 del objeto 1, por lo que la cara anterior 3 del objeto 1 no se funde.

Si existe un punto de partida en un lugar a cortar cuando se corta el objeto 1, el objeto 1 se fractura desde este punto de partida, y así puede cortarse con una fuerza relativamente pequeña como se muestra en la figura 6. Esto hace posible cortar el objeto 1 sin generar fracturas innecesarias en la cara anterior 3 del objeto 1.

10 Parecer haber los siguientes dos caminos para cortar el objeto desde la región del punto de partida de corte, que actúa como punto de partida. El primer caso es el que, tras formar la región de punto de partida de corte, se aplica una fuerza artificial al objeto para que el objeto fracture desde la región del punto de partida de corte, que actúa como punto de partida, por donde se corta el objeto. Éste es el corte en el caso en el que el objeto tiene un gran espesor, por ejemplo. La aplicación de una fuerza artificial abarca la aplicación de esfuerzo de flexión y esfuerzo de cizalla a lo largo de la región del punto de partida de corte del objeto, y la aplicación de una diferencia de temperatura sobre el objeto para generar una tensión térmica, por ejemplo. El otro caso es en el que una región de punto de partida de corte se forma de modo que el objeto se fractura naturalmente en una dirección transversal (dirección del espesor) del objeto desde la región de punto de partida de corte, que actúa como punto de partida, por lo que se corta el objeto. Esto es posible, por ejemplo, al formarse la región del punto de partida de corte mediante una fila simple de regiones modificadas cuando el objeto tenga un espesor pequeño, y con una pluralidad de filas de regiones modificadas alineadas en la dirección del espesor cuando el objeto tenga un espesor grande. Incluso en el caso de fractura natural, las fracturas no se extienden a la cara anterior en un lugar no formado con la región del punto de partida de corte en la pieza a cortar, por lo que solamente la parte correspondiente al lugar formado con la región del punto de partida de corte puede fracturarse. Así, la fractura puede regularse bien. Un método de fractura tal, con una capacidad de control favorable, es bastante eficaz, ya que los objetos a procesar tales como las obleas de silicio tienen recientemente tendencia a volverse más finas.

La región modificada formada por absorción multifotónica en esta realización incluye los siguientes casos (1) a (3):

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

30 Un objeto a procesar (por ejemplo, vidrio o material piezoeléctrico hecho de LiTaO_3) se irradia con luz láser mientras se sitúa dentro del mismo un punto de convergencia de luz, en una condición con una intensidad de campo eléctrico de al menos 1×10^8 (W/cm^2) en el punto de convergencia de luz y una anchura de pulso de $1 \mu\text{s}$ o inferior. Esta anchura de pulso es una condición en la que puede formarse una región de fisura únicamente en el interior del objeto, mientras se genera absorción multifotónica sin causar daños innecesarios al objeto. Esto genera un fenómeno de daño óptico debido a la absorción multifotónica en el interior del objeto. Este daño óptico induce una distorsión térmica dentro del objeto, que forma así una región de fisura en su interior. El límite superior de la intensidad de campo eléctrico es 1×10^{12} (W/cm^2), por ejemplo. La anchura de pulso se encuentra preferiblemente entre 1 ns y 200 ns, por ejemplo. La formación de una región de fisura debido a absorción multifotónica se describe, por ejemplo, en "Internal Marking of Glass Substrate by Solid-state Laser Harmonics", Proceedings of 45th Laser Materials Processing Conference (diciembre 1998) pág. 23-28.

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

(A) Objeto a procesar: vidrio (con un espesor de $700 \mu\text{m}$) Pyrex (marca comercial registrada)

(B) Láser

Fuente de luz: láser Nd:YAG de pulsación periódica láser semiconductor

45 Longitud de onda: 1064 nm

Área de la sección transversal de punto de luz láser: $3,14 \times 10^{-8} \text{cm}^2$

Modo de oscilación: pulso de conmutador Q

Frecuencia de repetición: 100 kHz

Anchura de pulso: 30 ns

50 Potencia de salida: potencia de salida $< 1 \text{mJ}/\text{pulso}$

Calidad de luz láser: TEM_{00}

Característica de polarización: polarización lineal

(C) Lente de convergencia de luz

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

(D) Velocidad de movimiento de una mesa de montaje donde está montando el objeto: 100 mm/s

Aquí, que la calidad de luz láser sea TEM₀₀ indica que la convergencia de la luz es tan alta que la luz puede converger hasta aproximadamente la longitud de onda de la luz láser.

- 5 La figura 7 es un gráfico que muestra los resultados del experimento mencionado anteriormente. La abscisa indica la densidad de potencia pico. Puesto que la luz láser es luz láser pulsante, su intensidad de campo eléctrico se representa por la densidad de potencia pico. La ordenada indica el tamaño de una parte de fisura (punto de fisura) formada dentro del objeto procesado por un pulso de luz láser. Los puntos de fisura se juntan para formar una región de fisura. El tamaño de punto de fisura se refiere al de la parte de dimensiones del punto de fisura que produce la longitud máxima. Los datos representados con círculos negros en la gráfica se refieren a un caso el que la lente de convergencia de luz (C) tiene un aumento de x100 y una apertura numérica (NA) de 0,80. Los datos representados con círculos blancos en el gráfico se refieren a un caso en el que la lente de convergencia de luz (C) tiene un aumento de x50 y una apertura numérica (NA) de 0,55. Se ve que los puntos de fisura comienzan a darse dentro del objeto cuando la densidad de potencia máxima alcanza aproximadamente 10^{11} (W/cm²), y se vuelve mayor conforme la densidad de potencia pico aumenta.

- 20 Ahora se explicará con referencia a las figuras 8 a 11 un mecanismo por el que el objeto a procesar se corta tras la formación de una región de fisura en el procesado láser de acuerdo con esta realización. Como se muestra en la figura 8, el objeto 1 se irradia con luz láser L mientras se sitúa el punto P de convergencia de luz dentro del objeto 1 en una condición en la que ocurra la absorción multifotónica, a fin de formar una región de fisura 9 en su interior a lo largo de una línea a lo largo de la que el objeto debe cortarse. La región de fisura 9 es una región que incluye uno o una pluralidad de puntos de fisura. La región de fisura 9 forma una región de puntos de partida de corte. Como se muestra en la figura 9, la fisura crece mientras se emplea la región de fisura 9 como punto de partida (es decir, empleando la región de punto de partida de corte como punto de partida). Como se muestra en la figura 10, la fisura alcanza la cara anterior 3 y la cara posterior 21 del objeto 1. Como se muestra en la figura 11, el objeto 1 se rompe para cortarse. La fisura que alcanza la cara anterior y la cara posterior del objeto puede crecer naturalmente o crecer cuando se aplica una fuerza al objeto.

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

- 30 Un objeto a procesar (por ejemplo, un material semiconductor tal como silicio) se irradia con luz láser mientras se sitúa dentro del mismo un punto de convergencia de luz en una condición con una intensidad de campo eléctrico de al menos 1×10^8 (W/cm²) en el punto de convergencia de luz y una anchura de pulso de 1 μs o inferior. Como consecuencia, el interior del objeto se calienta localmente mediante absorción multifotónica. Este calentamiento forma una región procesada fundida en el interior del objeto. La región procesada fundida se refiere a una región una vez fundida y luego resolidificada, una región justo en un estado fundido, o una región en proceso de resolidificación a partir de su estado fundido, y puede también definirse como una región de cambio de fase o una región que ha cambiado su estructura cristalina. La región procesada fundida puede también considerarse como una región en la que una cierta estructura se ha transformado en otra estructura monocristalina, amorfa o policristalina. Concretamente, se refiere a la región en la que una estructura monocristalina se ha transformado en una estructura amorfa, una región en la que una estructura monocristalina se ha transformado en una estructura policristalina, y una región en la que una estructura monocristalina se ha transformado en una estructura que incluye una estructura amorfa y una policristalina, por ejemplo. Cuando el objeto es una estructura monocristalina de silicio, la región procesada fundida es una estructura amorfa de silicio, por ejemplo. El límite superior de intensidad de campo eléctrico es 1×10^{12} (W/cm²), por ejemplo. La anchura de pulso es preferiblemente de 1 ns a 200 ns, por ejemplo. Mediante un experimento, los inventores han verificado que una región procesada fundida se forma en el interior de una oblea de silicio. Las condiciones para el experimento son las siguientes:

- 45 (A) Objeto a procesar: oblea de silicio (que tiene un espesor de 350 μm y un diámetro exterior de 10,2 cm (4 pulgadas))

(B) Láser

Fuente de luz: láser Nd:YAG de pulsación periódica láser semiconductor

Longitud de onda: 1064 nm

- 50 Área de la sección transversal de punto de luz láser: $3,14 \times 10^{-8}$ cm²

Modo de oscilación: pulso de conmutador Q

Frecuencia de repetición: 100 kHz

Anchura de pulso: 30 ns

Potencia de salida: 20 μJ/pulso

Calidad de luz láser: TEM₀₀

Característica de polarización: polarización lineal

(C) Lente de convergencia de luz

Aumento: x50

5 A.N.: 0,55

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

(D) Velocidad de movimiento de una mesa de montaje en la que está montando el objeto: 100 mm/s

10 La figura 12 es una vista que muestra una fotografía de una sección cortada en una parte de una oblea de silicio, cortada por proceso láser en las condiciones mencionadas anteriormente. Una región procesada fundida 13 se forma dentro de una oblea de silicio 11. El tamaño de la región procesada fundida 13 formada en las condiciones mencionadas anteriormente es de aproximadamente 100 μm en la dirección del espesor.

15 El hecho de que la región procesada fundida 13 se forme mediante absorción multifotónica se explicará ahora. La figura 13 es un gráfico que muestra la relación entre la longitud de onda de la luz láser y la transmitancia dentro del sustrato de silicio. Aquí, se eliminan componentes reflejantes respectivos en el lado de la cara anterior y el lado de la cara posterior del sustrato de silicio, por lo que sólo se representa la transmitancia del interior. Las relaciones mencionadas anteriormente se muestran en los casos en los que el espesor t del sustrato de silicio es 50 μm, 100 μm, 200 μm, 500 μm, y 1000 μm, respectivamente.

20 Por ejemplo, se ve que la luz láser se transmite a través del sustrato de silicio en al menos un 80% a 1064 nm, en la que se sitúa la longitud de onda de Nd:YAG cuando el sustrato de silicio tiene un espesor de 500 μm o inferior. Puesto que la oblea de silicio 11 mostrada en la figura 12 tiene un espesor de 350 μm, la región procesada fundida 13 se forma debido a la absorción cerca del centro de la oblea de silicio, es decir, a una parte distante 175 μm de la cara anterior. La transmitancia en este caso es del 90% o superior con referencia a la oblea de silicio que tiene un espesor de 200 μm, por lo que la luz láser se absorbe dentro de la oblea de silicio 11 sólo ligeramente y se transmite sustancialmente a su través. Esto significa que la región procesada fundida 13 no se forma por absorción de luz láser dentro de la oblea de silicio 11 (es decir, no se forma por el habitual calentamiento con luz láser), sino por absorción multifotónica. La formación de una región procesada fundida por absorción multifotónica se describe, por ejemplo, en "Processing Characteristic Evaluation of Silicon by Picosecond Pulse Laser", Preprints of the National Meeting of Japan Welding Society, Nº 66 (abril 2000), pág.72-73.

30 Aquí, se genera una fractura en la dirección de la sección transversal mientras se emplea una región procesada fundida como punto de partida, por lo que la oblea de silicio se corta cuando la fractura alcanza las caras anterior y posterior de la oblea de silicio. La fractura que alcanza las caras anterior y posterior de la oblea de silicio puede crecer naturalmente o cuando se aplique una fuerza a la oblea de silicio. La fractura crece naturalmente desde la región de punto de partida de corte hacia las caras anterior y posterior de la oblea de silicio en cualquiera de los casos en los que la fractura crezca desde la región procesada fundida en estado fundido y en los que la fractura crezca desde la región procesada fundida en el proceso de re-solidificación desde el estado fundido. En cualquiera de estos casos, la región procesada fundida se forma solamente en el interior de la oblea de silicio. En la sección de corte tras el corte, la región procesada fundida se forma únicamente en el interior, como se muestra en la figura 12. Cuando una región procesada fundida se forma dentro del objeto, es difícil que en el momento de la fractura se den fracturas innecesarias que se desvíen de la línea a lo largo de la que deberían cortarse los objetos, lo que hace más fácil controlar la fractura.

35 (3) Caso en el que la región modificada es una región de cambio de índice de refracción

40 Un objeto a procesar (por ejemplo, vidrio) se irradia con una luz láser mientras se sitúa dentro del mismo un punto de convergencia de luz en una condición con una intensidad de campo eléctrico de al menos 1×10^8 (W/cm²) en el punto de convergencia de luz y una anchura de pulso de 1 μs o inferior. Cuando la absorción multifotónica se genera dentro del objeto con una anchura de pulso muy corta, la energía causada por la absorción multifotónica no se transforma en energía térmica, de manera que se induce dentro del objeto un cambio estructural permanente, tal como un cambio de la valencia iónica, cristalización u orientación de la polarización, por lo que se forma una región de cambio de índice de refracción. El límite superior de intensidad de campo eléctrico es 1×10^{12} (W/cm²), por ejemplo. La anchura de pulso es preferiblemente de 1 ns o inferior, más preferiblemente 1 ps o inferior, por ejemplo. La formación de una región de cambio de índice de refracción por absorción multifotónica se describe, por ejemplo, en "Formation of Photoinduced Structure within Glass by Femtosecond Laser Irradiation", Proceedings of 42th Laser Materials Processing Conference (noviembre 1997), pág. 105-111.

55 Los casos de (1) a (3) se explican como regiones modificadas formadas por absorción multifotónica en lo anterior. Cuando una región de punto de partida de corte se forma como sigue en vista de la estructura cristalina de un objeto con forma de oblea que se va a procesar, la propiedad de escisión del mismo y similares, el sustrato puede cortarse con una fuerza menor y una exactitud mayor mientras se emplea la región de punto de partida de corte

como punto de partida.

Concretamente, en el caso de un sustrato hecho de un semiconductor monocristalino que tiene una estructura de diamante, tal como silicio, la región de punto de partida de corte se forma preferiblemente en una dirección a lo largo del plano (111) (primer plano de escisión) o plano (110) (segundo plano de escisión). En el caso de un sustrato hecho de un semiconductor compuesto de la familia III-V que tiene una estructura tipo mineral de cinc, tal como GaAs, la región de punto de partida de corte se forma preferiblemente en una dirección a lo largo del plano (110). En el caso de un sustrato que tiene una estructura hexagonal cristalina, tal como zafiro (Al_2O_3), una región de punto de partida de corte se forma preferiblemente en una dirección a lo largo del plano (1120) (plano A) o plano (1100) (plano M) mientras se emplea el plano (0001) (plano C) como un plano principal.

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

Un aparato de procesado por láser empleado en el método de procesado por láser mencionado anteriormente se explicará ahora con referencia a la figura 14. La figura 14 es un diagrama esquemático del aparato de procesado por láser 100.

El aparato de procesado por láser 100 comprende una fuente de luz láser 101 para generar luz láser L; un controlador de la fuente de láser 102 para controlar la fuente de láser 101 a fin de regular la potencia de salida, la anchura de pulso, etc. de la luz láser L y similares; un espejo dicróico 103, dispuesto de manera que cambie la orientación del eje óptico de la luz láser L en 90° , que tiene una función reflectante de la luz láser L; una lente de convergencia de luz 105 para hacer converger la luz láser L reflejada por el espejo dicróico 103; una mesa de montaje 107 para montar un objeto a procesar 1 irradiado con luz láser L hecha converger por la lente de convergencia de luz 105; un soporte del eje X 109 para mover la mesa de montaje 107 en la dirección del eje X; un soporte del eje Y 111 para mover la mesa de montaje 107 en la dirección del eje Y, ortogonal a la dirección del eje X; un soporte del eje Z 113 para mover la mesa de montaje 107 en la dirección del eje ortogonal a las direcciones de los ejes X e Y; y un controlador de soporte 115 para controlar el movimiento de estos tres soportes 109, 111 y 113.

Este movimiento del punto de convergencia de luz P en la dirección del eje X(Y) se efectúa moviendo el objeto 1 en la dirección del eje X(Y) mediante el soporte del eje X(Y) 109 (111). La dirección del eje Z es una dirección ortogonal a la cara anterior 3 del objeto 1, y por eso se convierte en la dirección de profundidad focal de luz láser L que incide sobre el objeto 1. Por tanto, moviendo el soporte del eje Z 113 en la dirección del eje Z puede colocarse el punto de convergencia de luz P de luz láser L dentro del objeto 1. Esto puede situar el punto de convergencia de luz P en una posición deseable, tal como el sustrato, la parte laminada sobre el sustrato, o similar en el objeto 1, cuando el objeto 1 tiene una estructura multicapa, por ejemplo.

La fuente de luz láser 101 es un láser Nd:YAG que genera luz láser pulsante. Conocido como otros tipos de láser útil como la fuente de luz láser 101 incluyen: láser Nd:YVO₄, láser Nd:YLF, y láser de zafiro de titanio. Aunque la luz láser pulsante se emplea para procesar el objeto 1 en esta realización, la luz de láser de onda continua puede emplearse siempre y cuando pueda provocar la absorción multifotónica.

El aparato de procesado por láser 100 comprende además una fuente de luz de observación 117 para generar un haz de luz visible para irradiar el objeto 1 montado en la mesa de montaje 107, y un divisor del haz de luz visible 119 colocado en el mismo eje óptico que el del espejo dicróico 103 y que la lente de convergencia de luz 105. El espejo dicróico 103 se coloca entre el divisor del haz 119 y la lente de convergencia de luz 105. El divisor del haz 119 tiene la función de reflejar aproximadamente la mitad de un haz de luz visible y transmitir la otra mitad a su través, y está dispuesto de modo que cambie la orientación del eje óptico del haz de luz visible en 90° . Aproximadamente la mitad del haz de luz visible generado desde la fuente de luz de observación 117 se refleja mediante el divisor del haz 119, y así el haz de luz visible reflejado se transmite a través del espejo dicróico 103 y la lente de convergencia de luz 105, de modo que ilumina la cara anterior 3 del objeto 1, incluyendo la línea a lo largo de la que el objeto debe cortarse 5 y similares. Cuando el objeto 1 se monta en la mesa de montaje 107 de manera que la cara posterior del objeto 1 se enfrenta a la lente de convergencia de luz 105, la "cara anterior" mencionada anteriormente se convierte en la "cara posterior" automáticamente.

El aparato de procesado por láser 100 comprende además un dispositivo de captura de imágenes 121 y una lente de formación de imágenes 123 que se coloca en el mismo eje óptico que el del divisor del haz 119, el espejo dicróico 103, y la lente de convergencia de luz 105. Un ejemplo de dispositivo de captura de imágenes 121 es una cámara CCD. La luz reflejada del haz de luz visible que tiene iluminada la cara anterior 3 que incluye la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse y similares, se transmite a través de la lente de convergencia de luz 105, el espejo dicróico 103, y el divisor de haz 119 y forma una imagen por medio de la lente de formación de imágenes 123, mientras la imagen así formada se captura mediante un dispositivo de captura de imágenes 121, para producir datos de formación de imágenes.

El aparato de procesado por láser 100 comprende además un procesador de datos de formación de imágenes 125 para introducir los datos de formación de imágenes obtenidos por el dispositivo de captura de

5 imágenes 121, un controlador global 127 para controlar el aparato de procesado por láser 100 como un todo, y un monitor 129. De acuerdo con los datos de formación de imágenes, el procesador de datos de formación de imágenes 125 calcula los datos del punto focal para colocar el punto focal de luz visible generado desde la fuente de luz de observación 117 hacia la cara anterior 3 del objeto 1. De acuerdo con los datos del punto focal, el controlador del soporte 115 controla el movimiento del soporte del eje Z 113, de modo que el punto focal de luz visible se coloque en la cara anterior 3 del objeto. Por lo tanto, el procesador de datos de formación de imágenes 125 funciona como una unidad de auto-enfoque. También, de acuerdo con los datos de formación de imágenes, el procesador de datos de formación de imágenes 125 calcula datos de imagen tal como una imagen aumentada de la cara anterior 3. Los datos de imagen, se envían al controlador general 127, donde se someten a varios tipos de procesado, y se envían luego al monitor 129. Como consecuencia, una imagen aumentada o similar se visualiza en el monitor 129.

10 Los datos del controlador de soporte 115, los datos de imagen del procesador de datos de formación de imágenes 125, y similares, se introducen en el controlador global 127. De acuerdo con estos datos también, el controlador global 127 regula el controlador de la fuente de luz láser 102, la fuente de luz de observación 117, y el controlador de soporte 115, y controla con ello el aparato de procesado por láser 100 como un todo. Así, el controlador global 127 funciona como una unidad de ordenador.

15 La etapa de formación de la región del punto de partida de corte en el caso de empleo del aparato de procesado de láser mencionado anteriormente se explicará ahora con referencia a las figuras 14 y 15. La figura 15 es un diagrama de flujo para explicar la etapa de formación de la región del punto de partida de corte.

20 Las características de absorción luminosa del sustrato del objeto 1 se determinan mediante un espectrofotómetro o similar, que no se representa. De acuerdo con los resultados de medición, se elige una fuente de luz láser 101 que genera una luz láser L que tiene una longitud de onda a la que el sustrato del objeto 1 es transparente o exhibe una absorción baja (S101). Posteriormente, en vista del espesor y el índice de refracción del objeto 1, se determina la cantidad de movimiento del objeto 1 en la dirección del eje Z en el aparato de procesado por láser 100 (S103). Ésta es una cantidad de movimiento del objeto 1 en la dirección del eje Z con referencia al punto de convergencia de luz P de luz láser L colocado en la cara posterior del objeto 1 para que el punto de convergencia de luz P de luz láser L se sitúe en una posición deseable dentro del objeto 1. Esta cantidad de movimiento se introduce en el controlador global 127.

25 El objeto 1 se monta en la mesa de montaje 107 del aparato de procesado por láser 100 de tal manera que la cara posterior del sustrato está de cara a la lente de convergencia de luz 105. Posteriormente, el espesor del objeto 1 se mide. De acuerdo con el resultado de la medición del espesor y el índice de refracción del objeto 1, se determina la cantidad de movimiento del objeto 1 en la dirección del eje Z (S103). Ésta es una cantidad de movimiento del objeto 1 en la dirección del eje Z con referencia al punto de convergencia de luz de luz láser L posicionado en la cara anterior 3 del objeto 1, a fin de situar el punto de convergencia de luz P de luz láser L dentro del objeto 1. Esta cantidad de movimiento se introduce en el controlador global 127.

30 El objeto 1 se monta en la mesa de montaje 107 del aparato de procesado por láser 100. Posteriormente, se genera luz visible desde la fuente de luz de observación 117, a fin de iluminar la cara anterior del objeto 1 (S105). La cara anterior 3 iluminada del objeto 1, incluyendo la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse, se captura con el dispositivo de captura de imágenes 121. Los datos de formación de imágenes capturados por el dispositivo de captura de imágenes 121 se envían al procesador de datos de formación de imágenes 125. De acuerdo con los datos de formación de imágenes, el procesador de datos de formación de imágenes 125 calcula los datos del punto focal tales que el punto focal de luz visible desde la fuente de luz de observación 117 se coloque en la cara anterior 3 (S107).

35 Los datos del punto focal se envían al controlador de soporte 115. De acuerdo con los datos del punto focal, el controlador de soporte 115 mueve el soporte del eje Z 113 en la dirección del eje Z (S109). Como consecuencia, el punto focal de luz visible desde la fuente de luz de observación 117 se sitúa en la cara anterior 3 del objeto 1. De acuerdo con los datos de formación de imágenes, el procesador de datos de formación de imágenes 125 calcula los datos de imagen aumentada de la cara anterior 3 del objeto 1, incluyendo la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse. Los datos de imagen aumentada se envían al monitor 129 por medio del controlador global 127, por lo que se visualiza en el monitor 129 una imagen aumentada de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse, y los alrededores de la misma.

40 Los datos de la cantidad de movimiento determinados en la etapa S103 se han introducido de antemano en el controlador global 127, y se envían al controlador de soporte 115. De acuerdo con los datos de la cantidad de movimiento, el controlador de soporte 115 induce al soporte del eje Z 113 a mover el objeto 1 en la dirección del eje Z hasta una posición en la que el punto de convergencia de luz P de la luz láser L se sitúa dentro del objeto 1 (S111).

45 Posteriormente, la luz láser L se genera desde la fuente de luz láser 101, a fin de irradiar la línea 5 a lo largo de la que el objeto debería cortarse en la cara anterior 3 del sustrato del objeto 1. Puesto que el punto de convergencia de luz P de la luz láser L se sitúa dentro del objeto 1, se forma una región modificada únicamente dentro del objeto 1. Después, el soporte del eje X 109 y el del eje Y 111 se mueven a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debería cortarse, de manera que la región modificada formada a lo largo de la línea 5 a lo largo

de la que el objeto debería cortarse forma una región de punto de partida de corte dentro del objeto 1 a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debería cortarse (S113).

La presente invención se explicará ahora más específicamente con referencia a los Ejemplos.

Ejemplo 1

5 Se explicará el Ejemplo 1 del método de corte de un objeto a procesar de acuerdo con la presente invención. Las figuras 17, 18, y 22 a 24 son vistas parciales de secciones del objeto a procesar 1, tomadas a lo largo de la línea XVII - XVII de la figura 16. Las figuras 19 a 21 son vistas parciales de secciones del objeto 1 tomadas a lo largo de la línea XIX - XIX de la figura 16.

10 Como se muestra en las figuras 16 y 17, la cara anterior 3 del objeto 1 a procesar, que es una oblea de silicio, se forma con una pluralidad de dispositivos funcionales 17 en una matriz en paralelo con una orientación plana 16 del objeto 1, por lo que se produce el objeto 1. En el lado de la cara anterior 3 del objeto 1 se forma una película aislante 18 hecha de SiO_2 , o similar, que recubre la cara anterior 3 y los dispositivos funcionales 17.

15 Por tanto, el objeto 1 es un sustrato, mientras que los dispositivos funcionales 17 y la película aislante 18 constituyen una parte laminada dispuesta en la cara anterior del sustrato. Aquí, la parte laminada dispuesta en la cara anterior del sustrato hace referencia a una depositada en la cara anterior del sustrato, una unida a la cara anterior del sustrato, una unida a la cara anterior del sustrato, etc., sin reparar en si su material es diferente o igual al del sustrato. La parte laminada dispuesta en la cara anterior del sustrato incluye una dispuesta en contacto próximo con el sustrato, una dispuesta con un hueco desde el sustrato, etc. Los ejemplos de la parte laminada incluyen capas activas semiconductoras formadas mediante crecimiento de cristales en el sustrato, dispositivos funcionales (que se refieren a dispositivos receptores de luz, tales como fotodiodos, y dispositivos emisores de luz, tales como diodos láser, dispositivos de circuito formados como un circuito, etc.) formados sobre el sustrato, sustratos de vidrio unidos a otro sustrato de vidrio, etc. La parte laminada también incluye una en la que una pluralidad de capas está formada por materiales diferentes de la de las otras.

25 Posteriormente, como se muestra en la figura 18, una película de expansión expandible 19 se une a la cara posterior 21 del objeto 1, y entonces el objeto 1 se monta en la mesa de montaje 107 del aparato de procesado por láser 100 mencionado anteriormente, por ejemplo, de modo que la cara anterior 3 del objeto 1 se oriente hacia la lente de convergencia de luz 105. Después de eso, el objeto 1 se irradia con luz láser L mientras su punto de convergencia de luz P se sitúa en el interior del objeto 1, de modo que forme una región modificada 7 dentro del objeto 1, y provoque que la región modificada 7 forme una región de punto de partida de corte 8 a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse en el interior a una distancia predeterminada de la cara anterior 3 (cara de incidencia de luz láser) del objeto 1 (etapa de formación de la región de punto de partida de corte). Puesto que el objeto a procesar 1 es una oblea de silicio, se forma una región procesada fundida como la región modificada 7.

30 En la etapa de formación de la región de punto de partida de corte, como se muestra en la figura 19, la región de punto de partida de corte 8 desviada de la línea central L que pasa por la posición central del objeto 1 en la dirección del espesor hacia la cara anterior (una cara terminal) 3 se forma a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse. En el caso en que el objeto 1, que es una oblea de silicio, tenga un espesor de $100\ \mu\text{m}$, por ejemplo, la anchura en la dirección del espesor (denominado, en lo sucesivo en este documento, simplemente como "anchura") de una región no modificada 1a situada en el lado de la cara anterior 3 de la región de punto de partida de corte 8 es de $20\ \mu\text{m}$, la anchura de la región de punto de partida de corte 8, (es decir, región modificada 7) es de $40\ \mu\text{m}$, y la anchura de una región no modificada 1b situada en el lado de la cara posterior 21 de la región de punto de partida de corte 8 es $40\ \mu\text{m}$. Cuando el espesor del objeto es $50\ \mu\text{m}$, la anchura de la región no modificada 1a es $10\ \mu\text{m}$, la anchura de la región de punto de partida de corte 8 es $20\ \mu\text{m}$, y la anchura de la región de no modificada 1b es de $20\ \mu\text{m}$.

45 Además del tal "caso en el que la región de punto de partida de corte 8 se sitúa a través de la línea central CL", una modalidad de "la región de punto de partida de corte 8 desviado de la línea central CL hacia la cara anterior 3" incluye los siguientes dos casos, por ejemplo. Concretamente, hay "un caso en el que toda la región de punto de partida de corte 8 se sitúa frente al lado de la cara anterior 3 de la línea central CL" como se muestra en la figura 20, y "un caso en el que dos regiones de punto de partida de corte 8a, 8b se forman en el lado de la cara anterior 3 y el lado de la cara posterior 21, de modo tal que la región de punto de partida de corte 8b en el lado de la cara posterior 21 se sitúa en la línea central CL, mientras que la región de punto de partida de corte 8a en el lado de la cara anterior 3 se sitúa entre la región de punto de partida de corte 8b y la cara anterior 3".

50 En el caso de la figura 20, por ejemplo, el espesor del objeto 1 es $100\ \mu\text{m}$, la anchura de la región no modificada 1a es $30\ \mu\text{m}$, la anchura de la región de punto de partida de corte 8 es $10\ \mu\text{m}$, y la anchura de la región no modificada 1b es $60\ \mu\text{m}$. En el caso de la figura 21, el espesor del objeto 1 es $200\ \mu\text{m}$, la anchura de la región no modificada 1a es $20\ \mu\text{m}$, la anchura de la región de punto de partida de corte 8a es $40\ \mu\text{m}$, la anchura de la región no modificada 1c situada entre las regiones de punto de partida de corte 8a, 8b es $20\ \mu\text{m}$, la anchura de la región de punto de partida de corte 8b es $40\ \mu\text{m}$, y la anchura de la región no modificada 1b es $80\ \mu\text{m}$.

En la etapa de formación de la región de punto de partida de corte, la línea 5 a lo largo de la que el objeto

debe cortarse se explora con la luz láser L. La línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse se representa como una rejilla que pasa entre los dispositivos funcionales 17, 17 adyacentes entre sí (ver figura 16). Los datos posicionales de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse con respecto al objeto 1 se almacenan en una sección de almacenamiento en el controlador global 127, en el aparato de procesado por láser 100, por ejemplo.

5 Tras formarse la región de punto de partida de corte, como se muestra en la figura 22, un filo de cuchilla 23 como medio de presión, se presiona contra el objeto 1 desde el lado de la cara posterior (otra cara terminal) 21 del mismo por medio de la película de expansión 19, para generar una fractura 24 desde la región de punto de partida de corte 8 que actúe como punto de partida, y provoque que la fractura 24 alcance la cara anterior 3 y la cara posterior 21 del objeto 1 (etapa de presión). Como consecuencia, el objeto 1 se divide en chips semiconductores
10 individuales 25, que tienen cada uno un dispositivo funcional 17.

En la etapa de presión, los datos posicionales de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse almacenada en la sección de almacenamiento se lee, y el filo de cuchilla 23 se controla de acuerdo con los datos posicionales para presionar contra el objeto 1 a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debería cortarse, por lo que el objeto 1 se presiona a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debería cortarse.

15 Así, los datos posicionales de la línea a lo largo de la que el objeto debe cortarse con respecto al objeto 1 se almacenan en la etapa de formación de la región de punto de partida de corte, y el objeto 1 se presiona contra la línea 5 a lo largo de la que el objeto debería cortarse de acuerdo con los datos posicionales en la etapa de presión, por lo que la fuerza de presión puede actuar fácil y exactamente en la región de punto de partida de corte 8 formado en el interior del sustrato 1. Después, presionando el objeto 1 a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto
20 debe cortarse puede cortarse exactamente el objeto 1 en cada dispositivo funcional 17 mientras se elimina sustancialmente la acción de fuerza de presión en los dispositivos funcionales 17.

25 Cuando la región modificada 7 se sitúa cerca de la cara anterior 3 del objeto 1, como en la etapa de presión mostrada en la figura 22, el filo de cuchilla 23 se presiona contra la cara posterior 21 del objeto 1 a lo largo de la región de punto de partida de corte (pieza a cortar) 8 formada mediante la región modificada 7, para romper y cortar el objeto 1. Esto se debe a que un gran esfuerzo de tracción entre los esfuerzos de flexión generados al presionar el filo de cuchilla 23 actúa en la región modificada 7, por lo que el objeto 1 puede cortarse con una fuerza relativamente pequeña.

30 Tras presionar el objeto 1, la película de expansión 19 se expande hacia fuera, para separar los chips semiconductores 25 entre sí, como se muestra en la figura 23. Separando los chips semiconductores 25 entre sí mediante el empleo de la película de expansión 19 como tal, puede hacer más fácil recoger los chips semiconductores 25.

35 En el método de cortar un objeto para procesarlo de acuerdo con el Ejemplo 1, como se explicó anteriormente, la región modificada 7 formada por absorción multifotónica forma la región a cortar 8 en el interior del objeto 1 a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse. Aquí, la absorción multifotónica se da localmente en el interior del objeto 1, de modo que la luz láser L apenas se absorbe por la cara anterior 3 y la cara posterior 21 del objeto 1, por lo que puede evitarse que la cara anterior 3 y la cara posterior 21 se fundan debido a la irradiación con luz láser L. Puesto que la región a cortar 8 se forma para moverse desde la línea central CL del objeto 1 hacia la cara anterior 3, cuando el objeto 1 se presiona mediante un filo de cuchilla 23 desde el lado de la cara posterior 21, la fractura puede generarse en el objeto 1 desde la región de punto de partida de corte 8, que
40 actúa como un punto de partida mediante una fuerza de presión menor que en el caso en el que la región de punto de partida de corte 8 se forma en la línea central CL. Esto puede cortar exactamente el objeto 1 a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse mientras se evita la aparición de fracturas innecesarias que se desvían de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debería cortarse.

45 En el caso en el que una película metálica para prevención electrostática o similar se forme entre los dispositivos funcionales adyacentes 17,17 (es decir, en la línea 5 a lo largo de la que el objeto debería cortarse) en el objeto 1 mostrado en las figuras 16 y 17, de modo que el objeto 1 sea difícilmente irradiable con la luz láser L desde el lado de la cara anterior 3, la región de punto de partida de corte 8 puede formarse como sigue. Concretamente, como muestra la figura 24, una película protectora 20 para proteger los dispositivos funcionales 17 se une al lado de la cara anterior 3 del objeto 1 antes de unir la película de expansión 19, y el objeto 1 se monta en la mesa de
50 montaje 107 del aparato de procesado por láser 100 mencionado anteriormente, por ejemplo, de modo tal que el lado de la cara posterior 21 del objeto 1 queda enfrente de la lente de convergencia de luz 105. Entonces, se irradia el objeto 1 con luz láser L mientras el punto de convergencia de luz P se sitúa en el interior, para formar una región modificada 7 dentro del objeto 1, y provocar la formación por parte de la región modificada 7 de una región de punto de partida de corte 8 movida desde la línea central CL hasta el lado de la cara anterior 3 del objeto 1 a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debería cortarse.
55

Ejemplo 2

Se explicará ahora el Ejemplo 2 del método de corte de un objeto a procesar de acuerdo con la presente invención. Las figuras 25 a 27 son vistas parciales de secciones del objeto 1, tomadas a lo largo de la línea XVII - XVII de la figura 16.

Como en el Ejemplo 1 mencionado anteriormente, se produce el objeto a procesar 1 mostrado en las figuras 16 y 17, y una región de punto de partida de corte 8 a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debería cortarse se forma en el interior, a una distancia predeterminada desde la cara anterior 3 (cara de incidencia de la luz láser) del objeto 1 (etapa de formación de la región de punto de partida de corte). En la etapa de formación de la región de punto de partida de corte del Ejemplo 2, la región de punto de partida de corte 8 movida desde la línea central CL, que pasa por la posición central del objeto 1, en la dirección del espesor hacia la cara posterior (una cara terminal) 21 se forma a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse, como se muestra en la figura 25.

Posteriormente, como se muestra en la figura 26, se une una película protectora al lado de la cara anterior 3 del objeto a procesar 1, para cubrir los dispositivos funcionales 17. Entonces, el filo de cuchilla 23 se presiona contra el objeto 1 desde el lado de la cara anterior (otra cara) 3 del objeto 1 mediante una película de expansión 19, para generar una fractura 24 desde la región de punto de partida de corte 8, que actúa como punto de partida y provocando que la fractura 24 alcance la cara anterior 3 y la cara posterior 21 del objeto 1 (etapa de presión). Como consecuencia, el objeto 1 se divide en chips semiconductores individuales 25, cada uno con un dispositivo funcional 17.

En la etapa de presión, como en el Ejemplo 1, los datos posicionales de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse almacenados en la sección de almacenamiento se leen, y el filo de cuchilla 23 se controla de acuerdo con los datos posicionales, para presionar contra el objeto 1 a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse, por lo que el objeto 1 se presiona a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse.

Cuando la región modificada 7 se sitúa cerca de la cara posterior 21 del objeto 1 como en la etapa de presión mostrada en la figura 25, el filo de cuchilla 23 se presiona contra la cara anterior 3 del objeto 1 a lo largo de la región de punto de partida de corte (pieza a cortar) 8 formada por la región modificada 7, para romper y cortar el objeto 1. Esto se debe a que un gran esfuerzo de tracción entre esfuerzos de flexión generados sobre el presionado del filo de cuchilla 23 actúa en la región modificada 7, por lo que el objeto 1 puede cortarse con una fuerza relativamente pequeña.

Posteriormente, la película protectora 20 se separa del objeto 1, y la película de expansión 19 se expande hacia fuera, para separar los chips semiconductores 25 entre sí, como en el Ejemplo 1, por lo que los chips semiconductores 25 se recogen.

En el método de corte de un objeto a procesar de acuerdo con el Ejemplo 2, como se ha explicado previamente, la región de punto de partida de corte 8 se forma para moverse desde la línea central del objeto 1 hasta la cara posterior 21. Por tanto, cuando el filo de cuchilla 23 presiona al objeto 1 desde el lado de la cara anterior 3, la fractura 24 puede generarse en el objeto 1 desde la región de punto de partida de corte 8 que actúa como un punto de partida mediante una fuerza de presión menor que el caso en el que la región de punto de partida de corte 8 se forma en la línea central CL. Esto puede cortar exactamente el objeto 1 a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse mientras se evitan fracturas innecesarias que se desvían de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debería cortarse. Además, puesto que el objeto 1 puede cortarse con una fuerza de presión pequeña, puede mitigarse la influencia sobre los dispositivos funcionales 17 cuando se presiona el objeto 1 desde el lado de la cara anterior 3.

En el caso en el que una película metálica para prevención electrostática o similar se forme entre los dispositivos funcionales adyacentes 17, 17 en el objeto 1, de modo que el objeto 1 sea difícilmente irradiable con la luz láser L desde el lado de la cara anterior 3, el objeto 1 se irradia con la luz láser L mientras el punto de convergencia de luz P se sitúa en su interior, para formar una región modificada 7 dentro del objeto 1, y provocar por parte de la región modificada 7 la formación de una región de punto de partida de corte 8 movida desde la línea central CL hacia la cara posterior 21 del objeto a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse por un método similar al del Ejemplo 1 mencionado anteriormente como muestra la figura 27.

La presente invención no se limita a la realización mencionada anteriormente. Por ejemplo, aunque el lado de la cara anterior 3 o el lado de la cara posterior 21 del objeto 1 se presionen a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse en la etapa de presión de los Ejemplos 1 y 2, el objeto 1 en conjunto en el lado de la cara anterior 3, o el lado de la cara posterior 21, puede presionarse con un rodillo o similar. Puesto que la fractura 24 se genera desde la región de punto de partida de corte 8 que actúa como punto de partida, el objeto 1 puede cortarse eficazmente a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse también en este caso. Además partes (por ejemplo, partes respectivas de dispositivos funcionales 17) del objeto 1 en el lado de la cara anterior 3, o el lado de la cara posterior 21, pueden presionarse sucesivamente con una aguja de presión o similar. Los medios para presionar el objeto 1 a lo largo de la línea 5 a lo largo de la que el objeto debe cortarse incluyen no sólo el filo de cuchilla 23 mencionado anteriormente, sino también una cortadora.

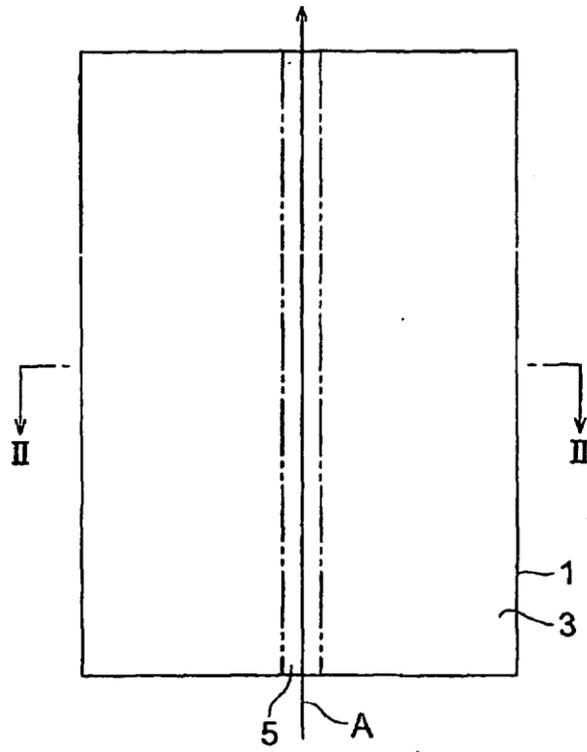
Aplicabilidad Industrial

Como se ha explicado previamente, el método de corte de un objeto a procesar de acuerdo con la presente invención puede cortar con precisión el objeto a procesar.

REIVINDICACIONES

1. Un método de corte de un objeto (1) a procesar, comprendiendo el método:
 - 5 una etapa de formación de la región de punto de partida de corte de irradiación de un objeto (1) con forma de oblea a procesar con luz láser (L) mientras se sitúa un punto de convergencia de luz (P) en su interior, a fin de formar una región modificada (7) debido a absorción multifotónica únicamente dentro del objeto (1), de manera que la luz láser apenas se absorba por una cara terminal del objeto (1) y la otra cara terminal en el lado opuesto del mismo para evitar que la una cara terminal del objeto y la otra cara terminal del objeto (1) se fundan tras la irradiación con luz láser (L) y provoquen que la región modificada (7) forme una región de punto de partida de corte, desviada desde una posición central del objeto (1) en una dirección de espesor de la misma hacia una cara terminal del objeto (1), a lo largo de una línea (5) a lo largo de la que el objeto (1) debería cortarse; y una etapa de presión en la que se presiona el objeto (1) desde el otro lado de la cara terminal del objeto (1).
2. Un método de corte de un objeto (1) a procesar, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el objeto (1) se presiona a lo largo de la línea (5) a lo largo de la que el objeto (1) debería cortarse en la etapa de presión.
3. Un método de corte de un objeto (1) a procesar, de acuerdo con la reivindicación 2, en el que los datos posicionales de la línea (5) a lo largo de la que el objeto (1) debe cortarse con respecto al objeto (1) se almacenan en la etapa de formación de la región de punto de partida de corte; y
 - 15 en el que el objeto (1) se presiona a lo largo de la línea (5) a lo largo de la que el objeto (1) debe cortarse de acuerdo con los datos posicionales en la etapa de presión.
4. Un método de corte de un objeto (1) a procesar, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el objeto (1) se irradia con luz láser (L) en una condición con una densidad de potencia pico de al menos 1×10^8 (W/cm²) en el punto de convergencia de luz (P) y una anchura de pulso de 1 μ s o inferior.
5. Un método de corte de un objeto (1) a procesar, de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la región modificada (7) incluye una región de fisura.
6. Un método de corte de un objeto (1) a procesar, de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la región modificada (7) incluye una región procesada fundida.
7. Un método de corte de un objeto (1) a procesar, de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el objeto (1) está hecho de un material semiconductor.
8. Un método de corte de un objeto (1) a procesar, de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el objeto (1) está hecho de un material piezoeléctrico.
9. Un método de corte de un objeto a procesar, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el objeto (1) se irradia con luz láser (L) en una condición con una densidad de potencia pico de al menos 1×10^8 (W/cm²) en el punto de convergencia de luz (P) y una anchura de pulso de 1 ns o inferior.
10. Un método de corte de un objeto (1) a procesar, de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la región modificada (7) incluye una región de cambio de índice de refracción, que es una región con un índice de refracción cambiado.
11. Un método de corte de un objeto (1) a procesar, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que una pluralidad de dispositivos funcionales (17) se forman en la otra cara terminal, el objeto (1) se presiona desde el lado de la otra cara terminal mediante medios de presión (23) a lo largo de la línea (5) a lo largo de la que el objeto (1) debe cortarse y que se dispone para pasar entre los dispositivos funcionales (17) adyacentes entre sí en la etapa de procesado.
12. Un método de corte de un objeto (1) a procesar, de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el objeto (1) se presiona desde el lado de la otra cara terminal mediante medios de presión (23) por medio de una película protectora (20) unida a la otra cara terminal en la etapa de presión.
13. Un método de corte de un objeto (1) a procesar, de acuerdo con la reivindicación 11, en el que una película de expansión (19) está unida a un a de las caras terminales en la etapa de presión.
14. Un método de corte de un objeto (1) a procesar, de acuerdo con la reivindicación 11, en el que una pluralidad de dispositivos funcionales (17) se forma en una de las caras terminales, el objeto (1) se presiona desde el lado de la otra cara terminal mediante medios de presión (23) a lo largo de la línea (5) a lo largo de la que el objeto (1) debe cortarse y que está dispuesto para pasar entre los dispositivos funcionales (17) adyacentes entre sí en la etapa de presión.
15. Un método de corte de un objeto (1) a procesar, de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el objeto (1) se presiona desde el lado de la otra cara terminal mediante medios de presión (23) por medio de una película de expansión (20) unida a la otra cara terminal en la etapa de presión.

Fig.1



5

5

Fig.2

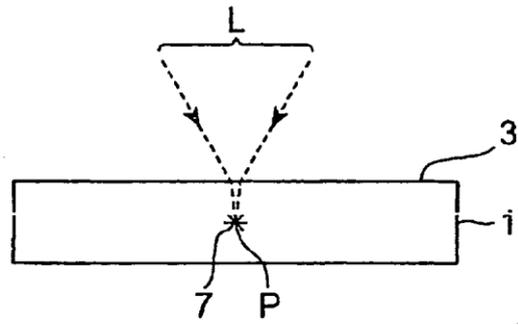
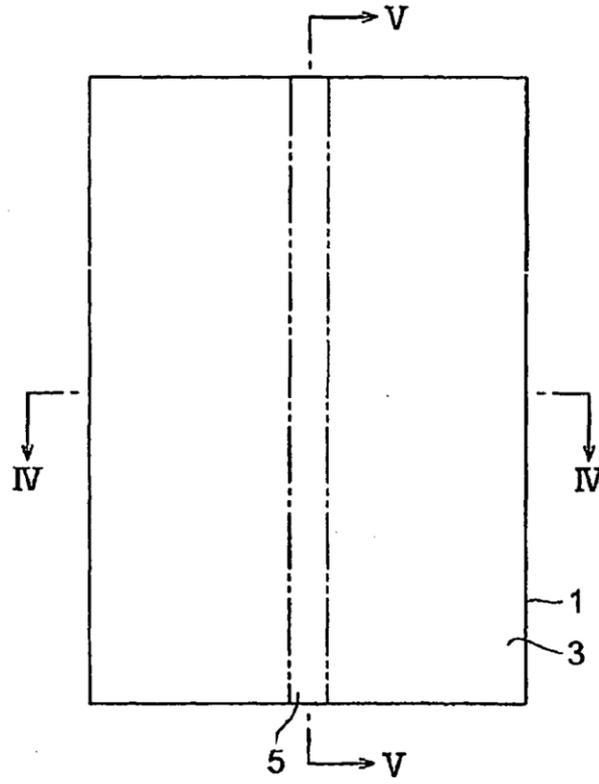


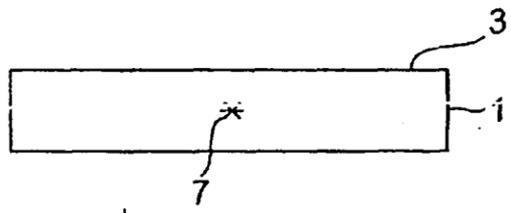
Fig.3



5

5

Fig.4



5

Fig.5

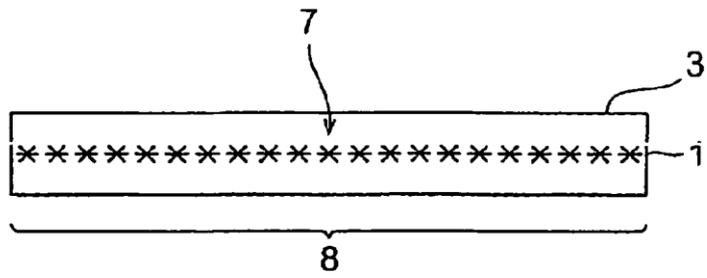
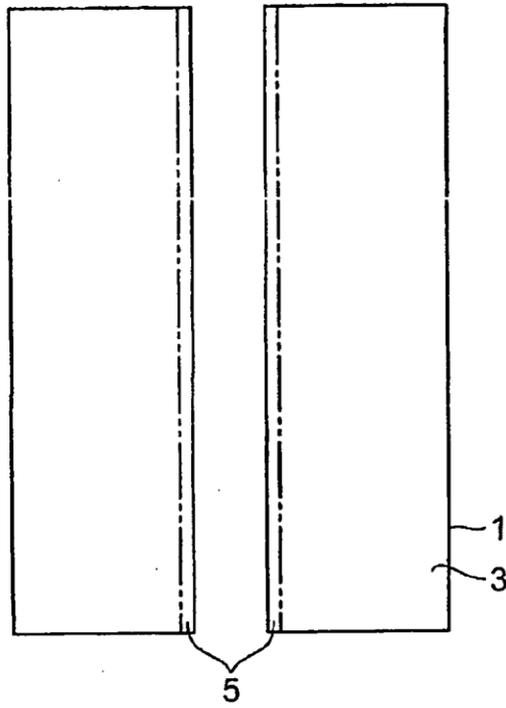
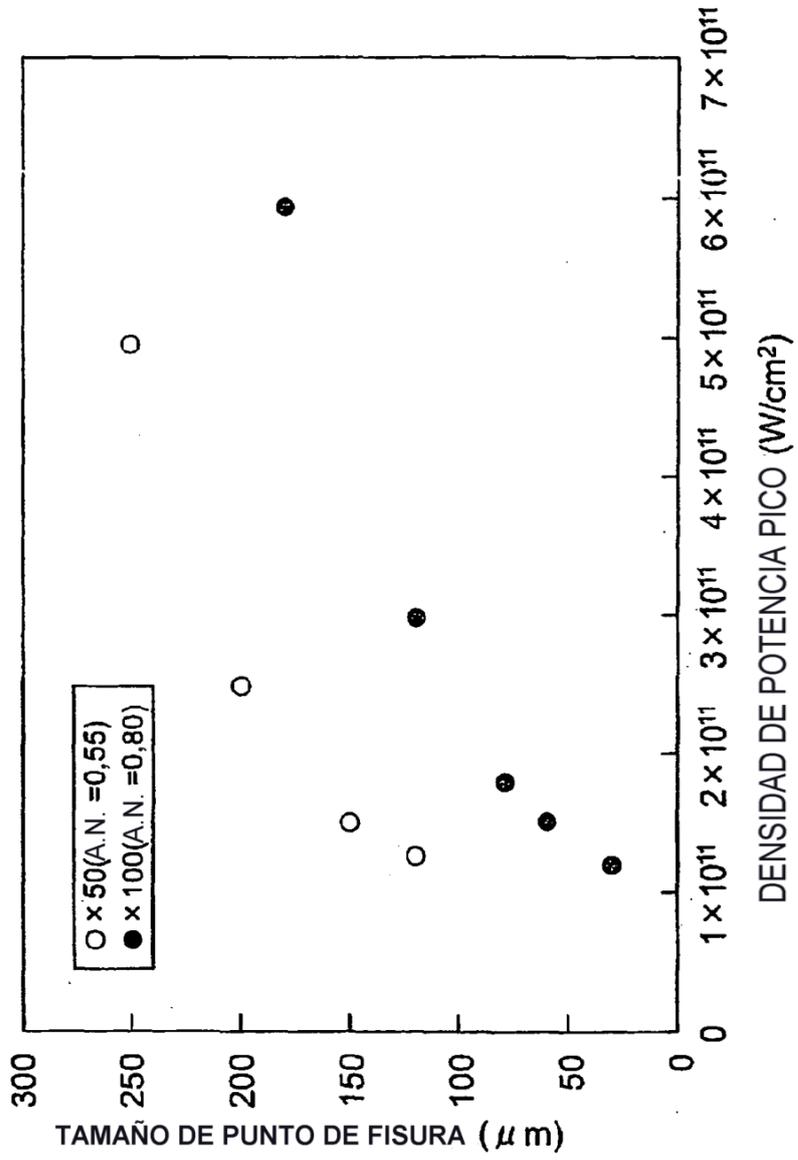


Fig.6



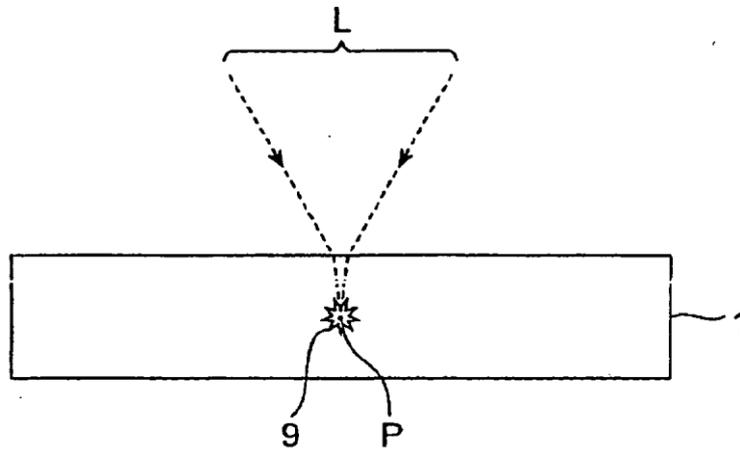
5

Fig.7



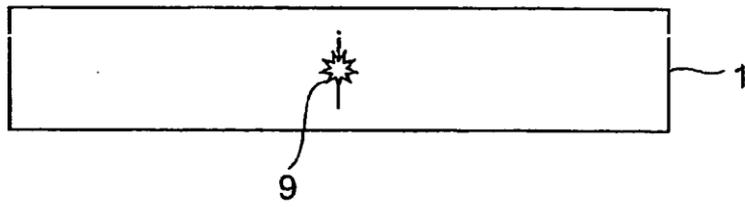
5

Fig.8



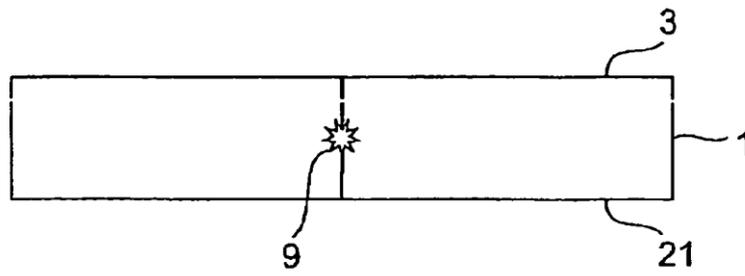
5

Fig.9



5

Fig.10



5

Fig.11

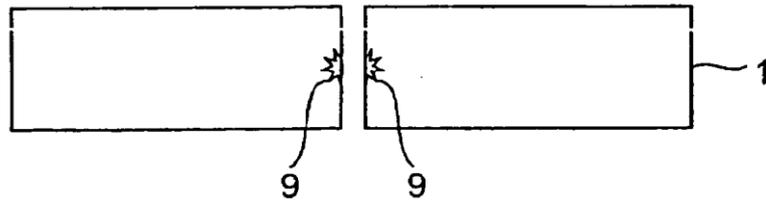




Fig.12

Fig.13

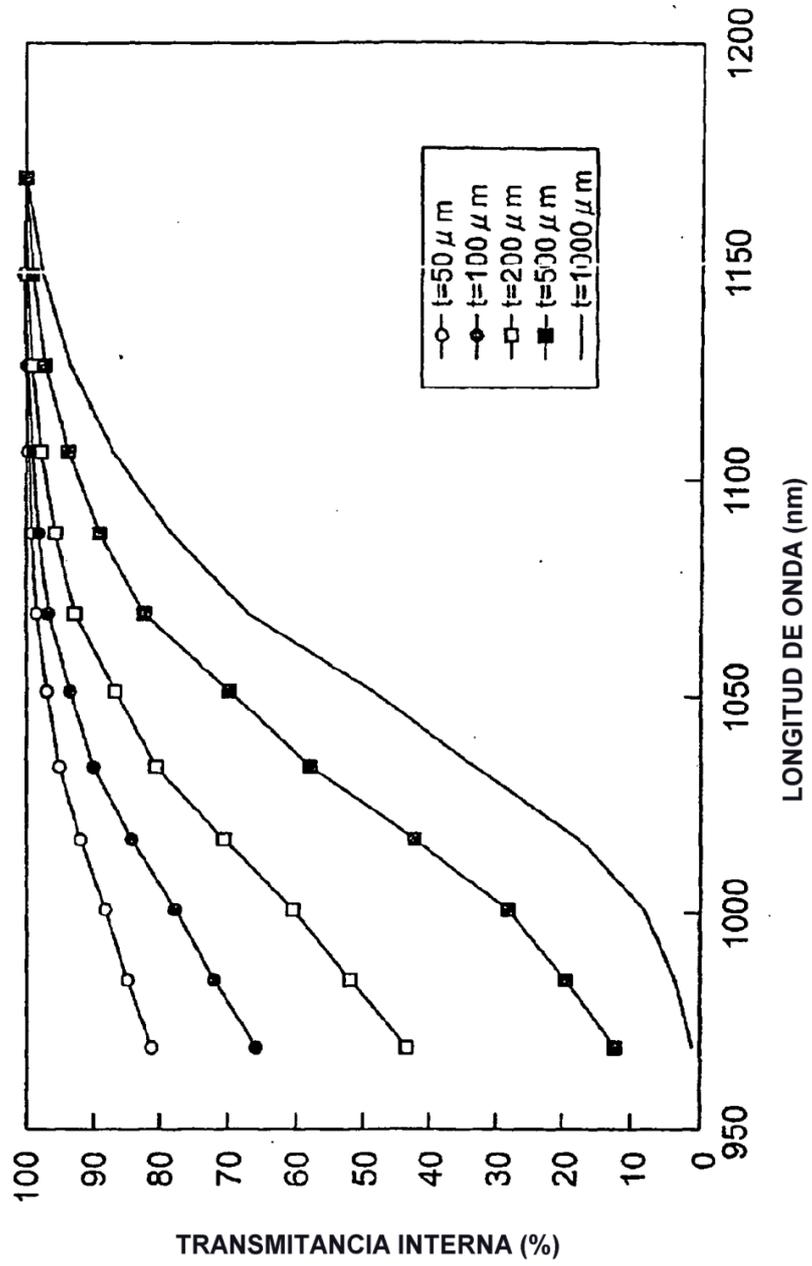


Fig.14

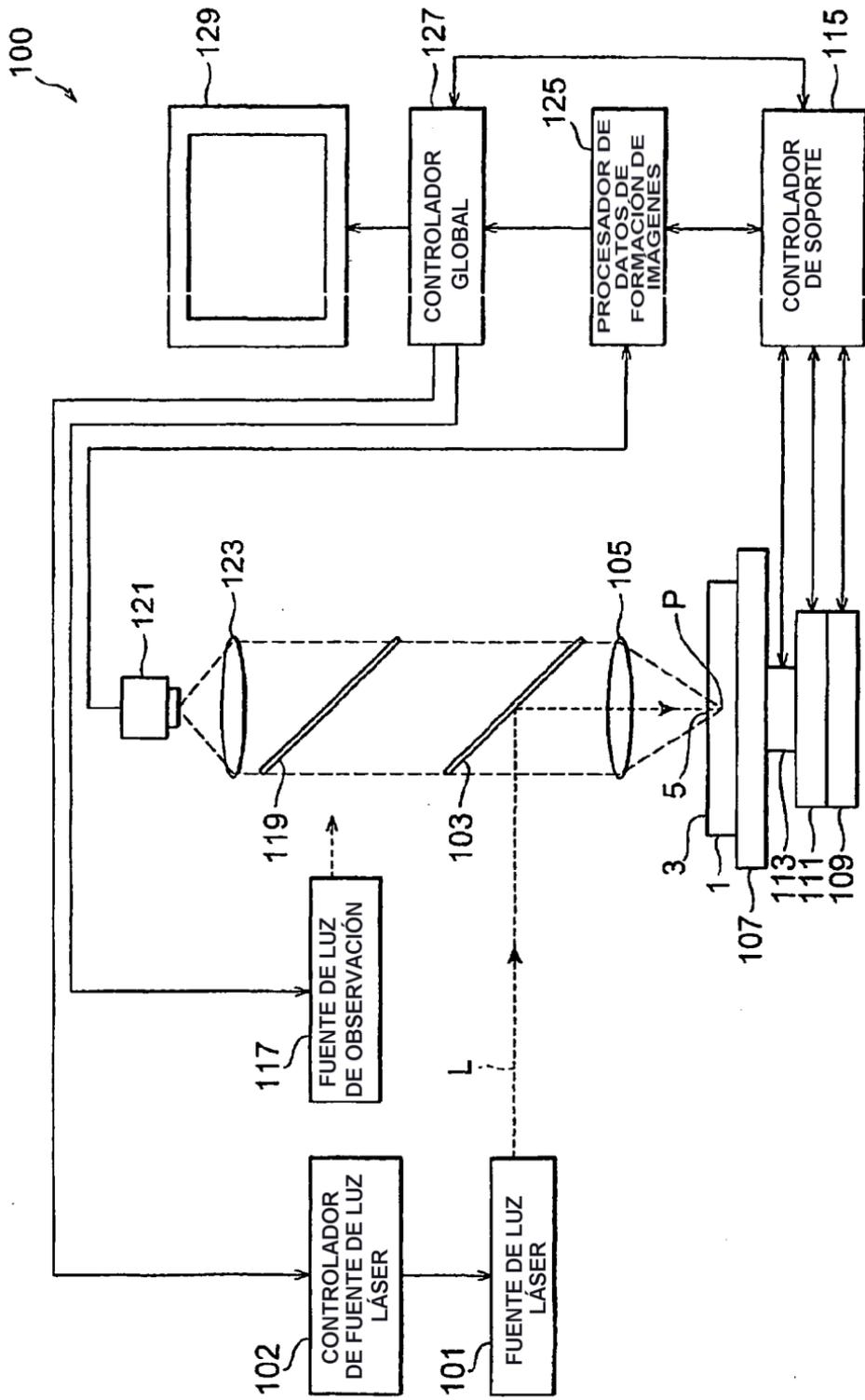


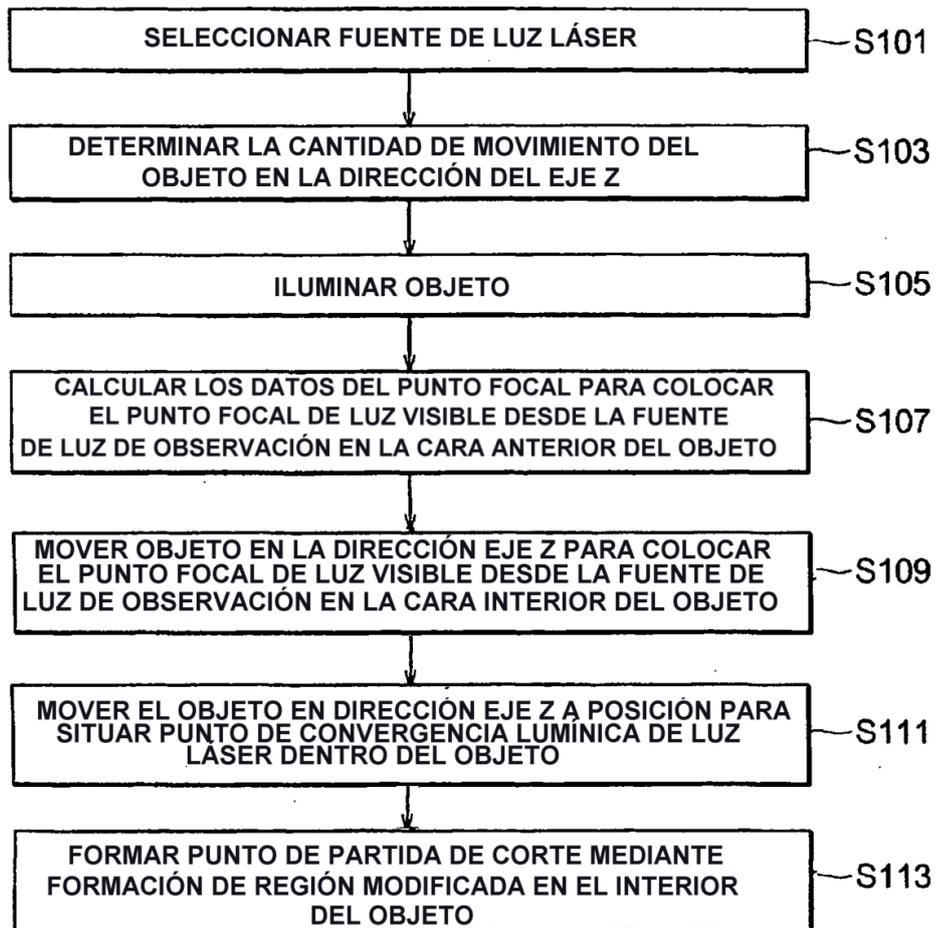
Fig.15

Fig.16

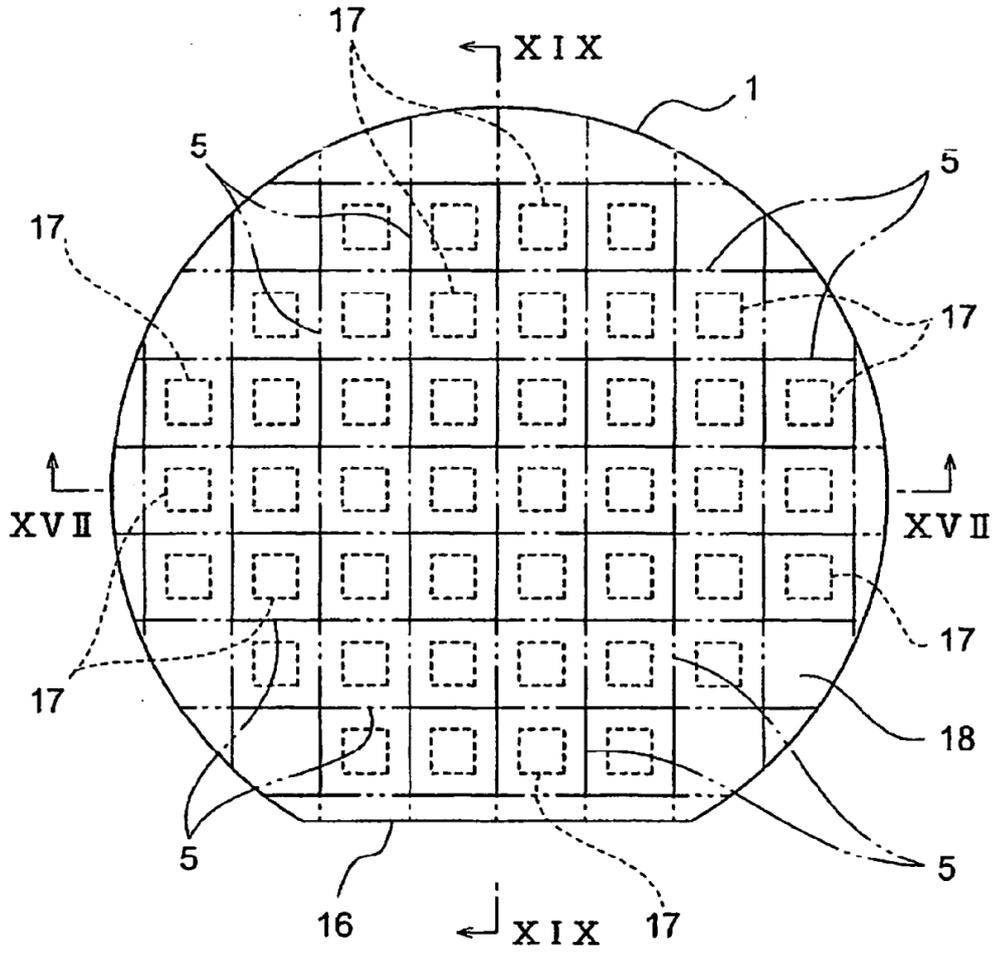


Fig.17

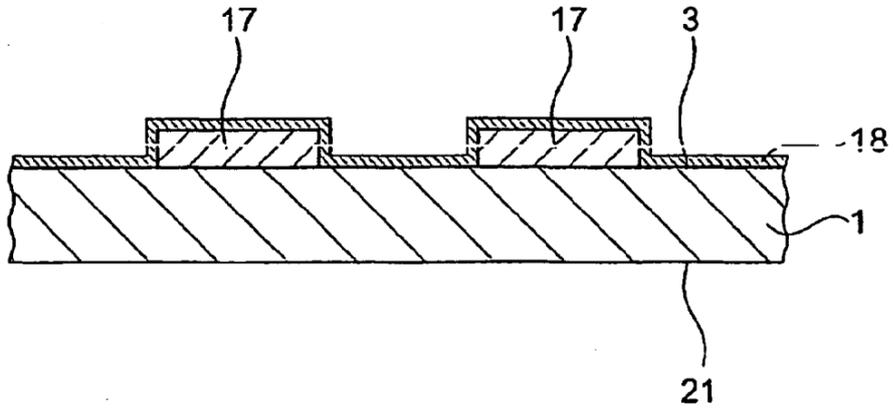


Fig.18

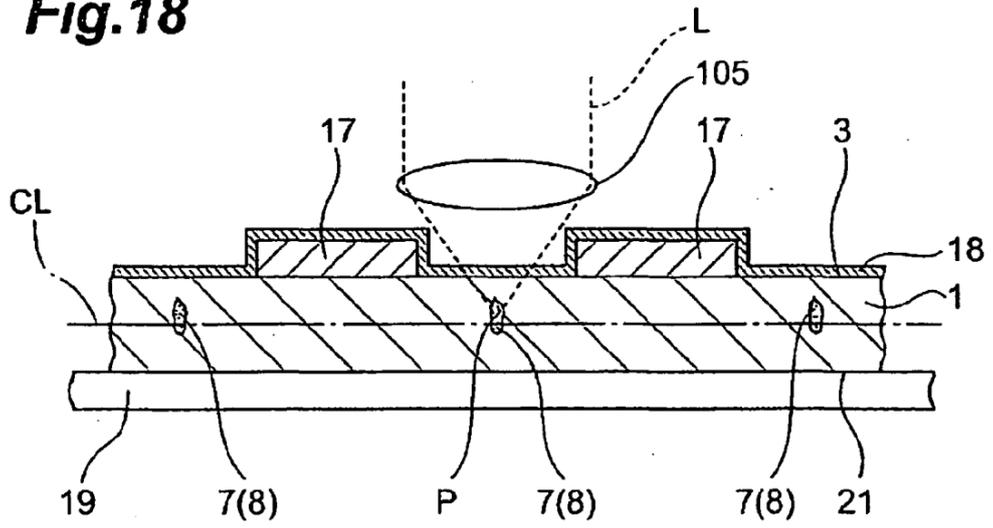


Fig.19

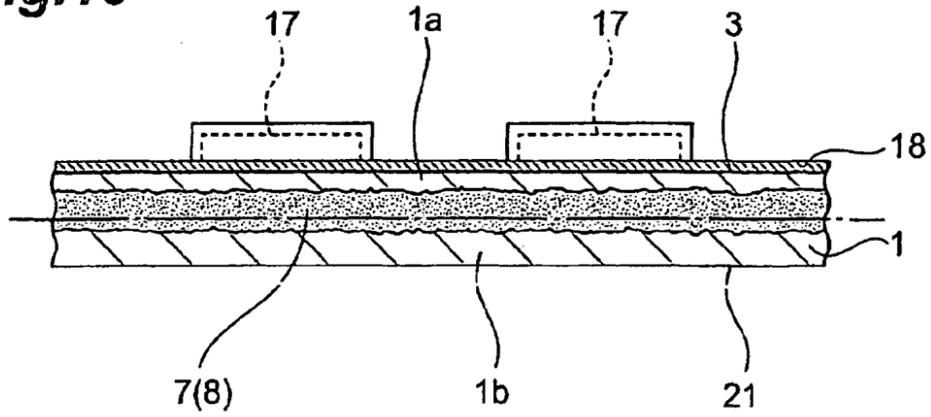


Fig.20

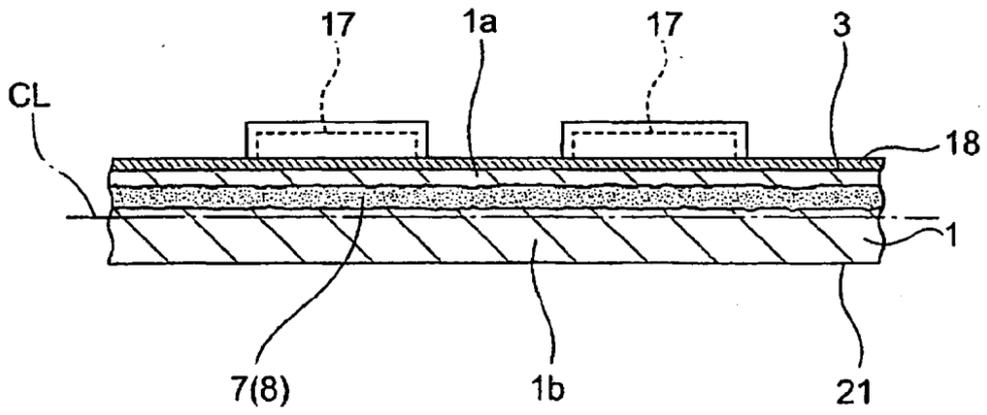


Fig.21

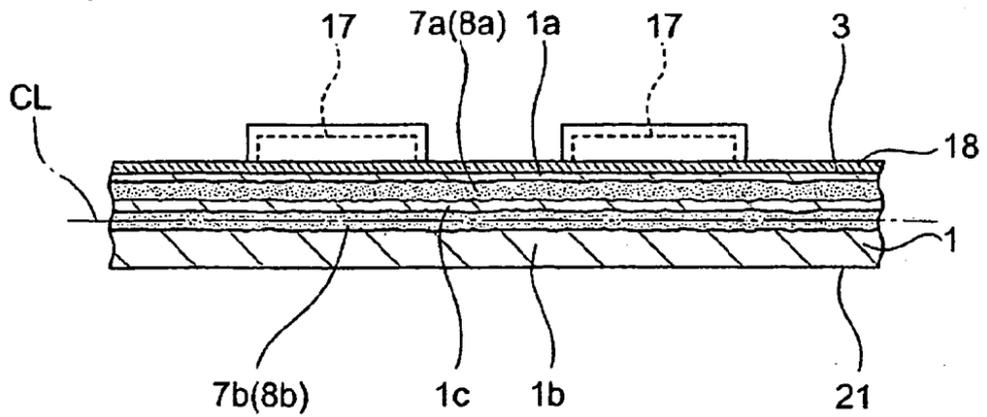


Fig.22

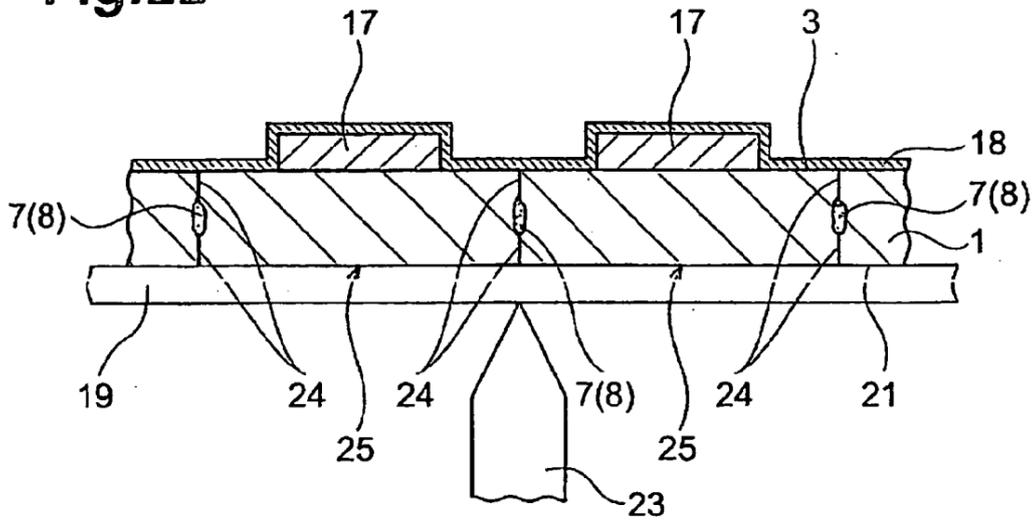


Fig.23

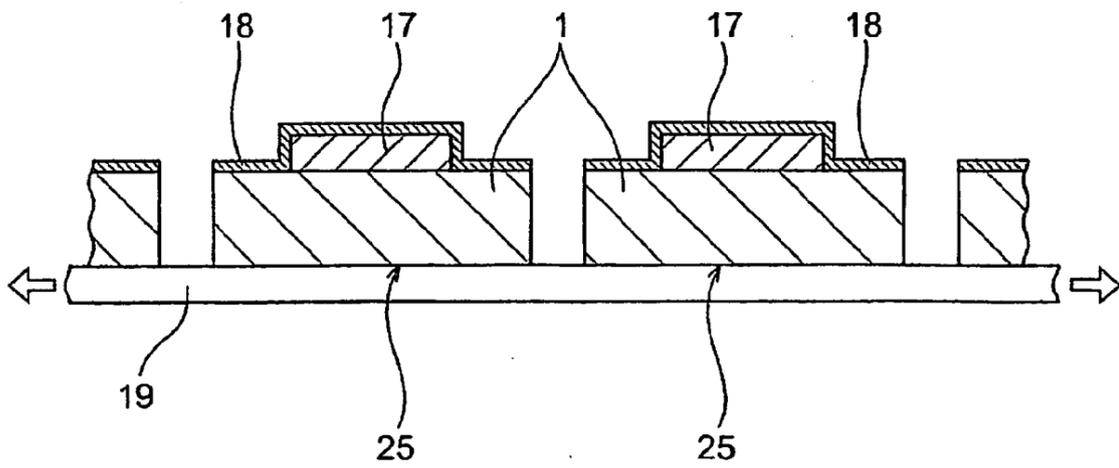


Fig.24

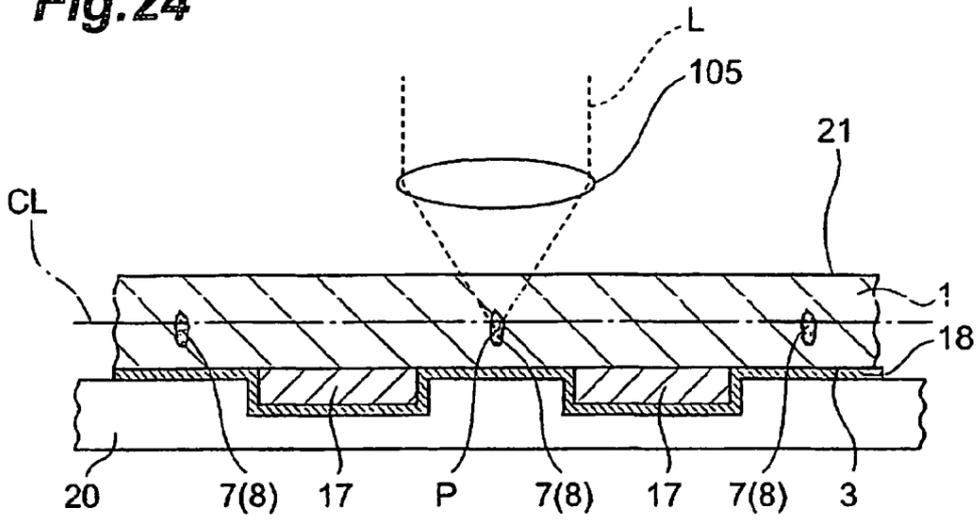


Fig.25

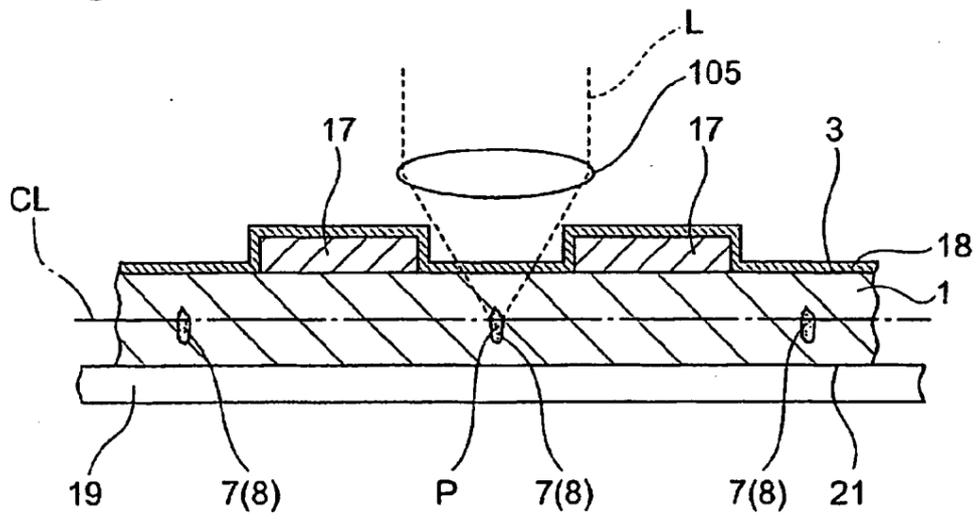


Fig.26

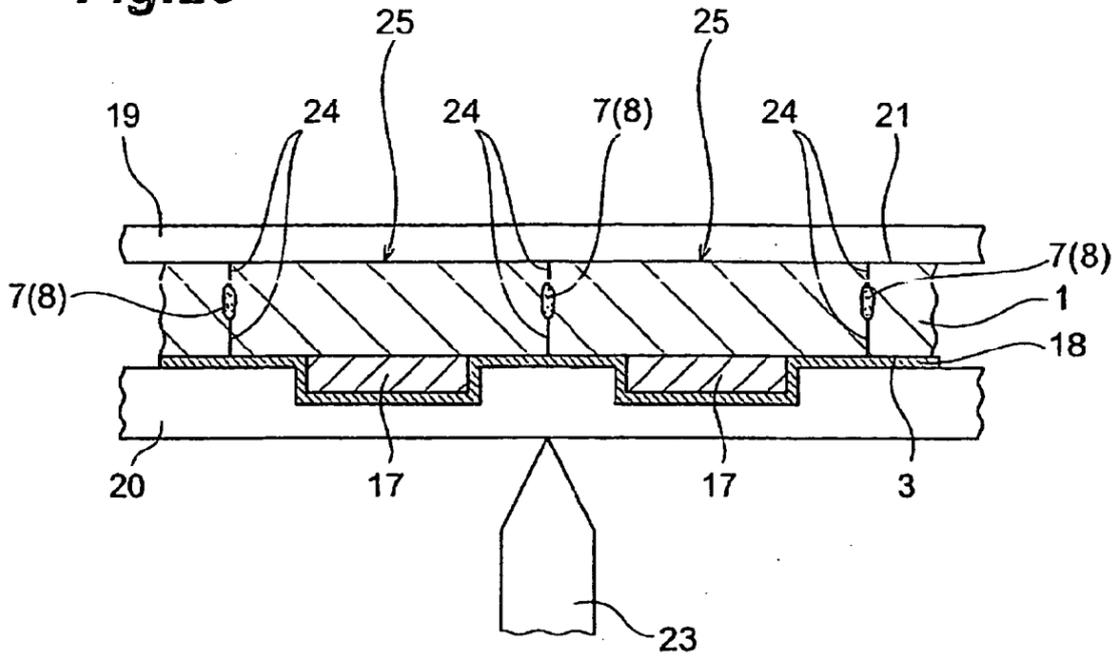


Fig.27

