

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 533**

51 Int. Cl.:

B23K 26/36 (2006.01)

B23K 26/40 (2006.01)

B23K 26/06 (2006.01)

B28D 5/00 (2006.01)

C03C 23/00 (2006.01)

B23K 26/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **10154271 .0**

96 Fecha de presentación: **22.02.2010**

97 Número de publicación de la solicitud: **2258512**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **08.12.2010**

54 Título: **Procedimiento y aparato para dividir un sustrato usando láser focalizado dentro del sustrato para crear una línea de corte debilitada**

30 Prioridad:

04.06.2009 WO PCT/FI2009/050474

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

26.12.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

26.12.2012

73 Titular/es:

**CORELASE OY (100.0%)
Vesiroineenkatu 3
33720 Tampere, FI**

72 Inventor/es:

**KANGASTUPA, JARNO y
AMBERLA, TIINA**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 393 533 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato para dividir un sustrato usando láser focalizado dentro del sustrato para crear una línea de corte debilitada

- 5 La invención se refiere a un procedimiento y a un aparato para dividir un sustrato usando láser de acuerdo con el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 13, respectivamente (véase, por ejemplo, el documento US 2007/051076A). En particular, la invención se refiere al procesado de sustratos de vidrio y semiconductores, por ejemplo, sustratos de zafiro, cuarzo y silicio, y similares. La invención también se refiere a un aparato de láser novedoso y a usos novedosos de fuentes de láser.

Antecedentes de la invención

- 10 Convencionalmente, las obleas de semiconductores se dividen usando un aserrado mecánico después de la fabricación de estructuras semiconductoras sobre la oblea. Esta técnica tiene la desventaja de que debido a la anchura del corte, se pierde una porción considerable del material semiconductor en forma de polvo. De acuerdo con algunas estimaciones, esto significa que anualmente se pierden al menos cientos, sino miles, de toneladas de silicio a escala global.

- 15 También se puede usar luz láser para la división de obleas de semiconductores después de la fabricación de estructuras semiconductoras sobre la oblea. En general, en estos procedimientos, se produce por láser una línea de corte en la oblea, después de lo que se corta la oblea a lo largo de la línea de corte. Para esto se han propuesto varios procedimientos.

- 20 El documento EP 1338371 divulga un procedimiento en el que se radia un haz de láser pulsado sobre una línea de corte predeterminada sobre una su de una pieza de trabajo bajo condiciones que provocan una absorción múltiple de fotones. El punto focal del láser se mantiene dentro de la pieza de trabajo y se mueve para formar una zona modificada dentro de la pieza de trabajo. En la publicación, se describe un procedimiento que utiliza láser Nd:YAG pulsado a 100 kHz, teniendo el láser una longitud de onda de 1064 nm y un área de sección transversal de punto de $3,14 * 10^{-8} \text{ cm}^2$. La anchura de pulso es de 30 ns y la velocidad de movimiento de una mesa de montaje que tiene el objeto que se va a procesar es de 100 mm/s. Por tanto, los puntos inducidos por láser están situados en línea y próximos entre sí dentro del sustrato.

- 30 Gattrass et al. divulgan en *Nature Photonics*, Vol. 2, abril 2008, p. 219-225 un procedimiento de micromecanizado con láser de femtosegundo para materiales transparentes. El procedimiento está destinado a la fabricación de guías de onda, dispositivos ópticos activos, dispositivos microfluídicos y filtros y resonadores, para lograr la polimerización, para la unión de materiales y para realizar nanocirugía. En el procedimiento, los pulsos de láser a escala de femtosegundos se dirigen al material de sustrato en un intervalo de potencia que provoque la absorción no lineal dentro del sustrato. Otro procedimiento para el procesado en femtosegundos se divulga por *Miyamoto et al. en Journal of Laser Micro/Nanoengineering Vol. 2, n.º 1, 2007*.

- 35 Miyamoto et al. divulgan en *Proceedings of the 4th International Congress on Laser Advanced Materials Processing* un procedimiento de fusión local de un material de vidrio y su aplicación a la soldadura por fusión directa. La publicación divulga un ejemplo en el que los pulsos de láser a escala de pico segundos se dirigen a la superficie de vidrio de borosilicato y al interior de sílice fundido. En los ejemplos, se usó una anchura de pulso de 16 con una frecuencia de 1 kHz, siendo la velocidad de desplazamiento de 0,5, 5 ó 10 mm/s. Por otra parte, se usaron pulsos que tenían una duración de 10 ps a frecuencias de 100 y 500 kHz y la publicación sugiere que la eficacia de la soldadura por fusión depende directamente del incremento de la absorción no lineal que el láser pulsa al sustrato. Además, se ha sugerido que el incremento de la energía de pulso incrementa la absorción no lineal y por tanto la eficacia de la soldadura.

- 45 A pesar de las muchas ventajas de las técnicas mencionadas anteriormente, existe una necesidad de técnicas de procesado con láser aún más eficaces. En particular, el incremento de la energía de pulso no es posible por encima de ciertos niveles debido a limitaciones prácticas fijadas por los instrumentos y por la tolerancia de los materiales de sustrato de energías de pulso momentáneas. Una irradiación excesiva inducirá ondas de choque en el material y provocará fisuras a nivel microscópico.

- El documento US 2007/051706 divulga un procedimiento de procesado con láser para materiales ópticamente transparentes. El procedimiento utiliza un haz de láser de doble focalización para generar múltiples trazos simultáneamente. Se puede usar el procedimiento para la división.

- 50 Los documentos US 2007/090100 y US 2005/274702 divulgan procedimientos de división en los que el material se retira gradualmente de la superficie del sustrato hasta que se completa la línea de corte.

El documento US 2007/199927 divulga el procesado de capas de metal con energía de pulso baja.

Sumario de la invención

Es un objetivo de la invención lograr un procedimiento y aparato más potentes para procesar sustratos, en particular

para trazar y dividir los sustratos. Son objetivos particulares lograr un procedimiento de división con láser y un procedimiento de soldadura con láser más eficaces para sustratos que normalmente son transparentes.

5 Un objetivo de la invención es producir microestructuras inducidas por láser, que sean de una calidad mayor que las logradas por procedimientos conocidos, en particular con respecto al número de microfisuras no deseadas producidas.

10 La invención se basa en el hallazgo de que los pulsos de láser a escala de picosegundos pueden inducir en el sustrato, además de absorción no lineal, también un efecto de absorción lineal considerable, siempre que se dirijan al sustrato de forma temporal y espacial con suficiente frecuencia. Esto es, si un pulso posterior se dirige al sustrato de modo que se superponga de forma significativa con el punto del pulso previo, estando aún el punto suficientemente caliente, se consigue una absorción adicional de energía láser para el sustrato debido a la absorción lineal. Además del incremento en la absorción, una tasa de repetición de pulso alta reducirá la susceptibilidad al microcraqueo del/de los material(es) de sustrato. Esto es debido a que un pulso anterior puede hacer que el material sea menos rígido y cuando el siguiente pulso llegue la onda de choque se amortigüe.

15 El objetivo de la invención se logra por el procedimiento que se describe a continuación en el presente documento y se reivindica.

El procedimiento de acuerdo con la invención se define en la reivindicación 1.

20 De acuerdo con un aspecto de la división que es el objeto de las reivindicaciones independientes, los pulsos de láser están focalizados al interior del sustrato de acuerdo con el esquema de exposición al láser divulgado anteriormente, donde se forma una línea de corte debilitada dentro del sustrato como dicha zona estructuralmente modificada, y al menos dos porciones del sustrato definido por dicha línea de corte debilitada se separan una de otra.

Por tanto, se proporciona un esquema de exposición al láser pulsado novedoso para lograr modificaciones permanentes en el sustrato para ayudar a trazar o a dividir el sustrato.

25 El problema mencionado anteriormente se soluciona por la invención. Esto es debido principalmente a que, en el intervalo de la invención, se puede utilizar la absorción tanto lineal como no lineal de la potencia de láser de la forma más eficaz, dando como resultado una absorción total mayor que en los procedimientos conocidos. Con más detalle, los inventores de la presente invención han encontrado que, de acuerdo con la presente invención, se requiere una duración de pulso de al menos 20 ps para maximizar el efecto de la absorción no lineal, en particular denominado ionización por impacto. La absorción no lineal a estas duraciones de pulso está provocada tanto por una absorción inicial de fotones en el material de sustrato (fotoionización) como por la ionización por impacto en la que el número de portadores de carga libre en la red del material (normalmente electrones) se multiplica por impacto directo de los portadores de carga. Por tanto, la energía de radiación láser se transfiere eficazmente desde los electrones inducidos por láser a la red del sustrato provocando un alto grado de calentamiento local. Además, los inventores de la presente invención han encontrado que sometiendo la misma región una región muy cercana del sustrato a varios pulsos de esta duración, tiene lugar una absorción lineal. Esto significa que mientras el punto objetivo aún esté caliente debido al pulso previo en el momento de la llegada del siguiente pulso, el material es localmente no transparente a la longitud de onda usada pero ya tiene una absorción inicialmente significativa, es decir, un alto número de portadores de carga libre. En otras palabras, debido a los pulsos previos, el número de electrones en la banda de conducción es muy alto y el material aparece como un objetivo similar a metal que tiene una absorción alta para la radiación láser.

40 Una ventaja adicional del esquema de procesamiento descrito es que se puede utilizar una potencia de pico mejor de la luz láser (normalmente menor de 10^{12} W/cm²), siendo el promedio de potencia aún mayor o al menos al mismo nivel que en los procedimientos conocidos. Por tanto, una onda de choque inducida por láser provocada por cada pulso individual está seguida por una onda térmica significativa contribuida por pulsos posteriores dirigida a la proximidad inmediata de la zona de impacto del pulso. Un beneficio de esto es que las fisuras locales provocadas por pulsos individuales se reparan automáticamente mientras el efecto de fusión en la proximidad sea alto. Por tanto, la zona estructuralmente modificada que resulta del procesamiento de acuerdo con la invención es consistente y de una calidad alta.

El aparato de acuerdo con la invención se define en la reivindicación 13.

La distancia óptica eficaz entre la fuente de láser y el sustrato está dispuesta para ser tal que los pulsos de láser estén focalizados a la superficie o al interior del sustrato para formar una línea de corte debilitada dentro del sustrato.

50 De acuerdo con la invención, la duración de pulso de la fuente de láser pulsado se ajusta hasta 20-100 ps, y la frecuencia de pulso y la velocidad del movimiento relativo del sustrato y la fuente de láser se ajusta de modo que los pulsos sucesivos se superpongan significativamente en el sustrato, siendo la distancia entre pulsos sucesivos menor de 1/5 del diámetro de dicho punto focal. En particular, el láser pulsado puede ser un láser de fibra.

55 La invención se puede usar para procesar sustratos que sean en su estado normal total o parcialmente transparentes a la longitud de onda usada. Esto es debido a que en la práctica, las impurezas o los defectos de red del material inician el procedimiento de fotoionización y adicionalmente el procedimiento de ionización por impacto. Cabe señalar

que la denominada absorción multifotón, que desempeña un papel clave en el procesado de sustratos por pulsos más cortos, en particular por pulsos a escala de femtosegundos, no tiene lugar de forma significativa e incluso no es necesaria ni deseada en el presente procedimiento.

5 En particular, la invención se puede usar para sustratos de vidrio y/o semiconductores, tales como silicio, vidrios técnicos tales como cuarzo, sílice fundido, borosilicato, vidrio de cal, vidrios ajustados coeficaces de expansión por temperatura, zafiro, productos cerámicos tales como óxido de zirconio, LiTaO etc. y combinaciones de estos materiales.

10 Se ha encontrado que el procedimiento de acuerdo con la invención proporciona sustratos procesados que tienen una pequeña cantidad de microfisuras dentro de de los materiales procesados y por tanto una resistencia a la flexión de los componentes procesados (en particular en aplicaciones de corte y de división). No se produce ningún desgaste en el corte ya que la anchura del corte es prácticamente nula. En comparación con el corte mecánico, la calidad del procesado es constante en el tiempo también puesto que no hay desgaste de las herramientas.

15 El presente esquema de exposición se puede usar de forma industrial para producir líneas de corte localmente debilitadas en sustratos de vidrio o semiconductores, por ejemplo, para dividir obleas para producir componentes eléctricos y ópticos individuales.

20 En este documento, el término "sustrato" quiere decir de forma amplia cualquier material o combinación de materiales objetivo en los que tengan lugar cambios estructurales cuando se procesan usando el presente esquema de exposición al láser. El sustrato puede ser sustancialmente homogéneo o puede comprender una pluralidad de regiones de capas fabricadas a partir de diferentes materiales. Las regiones o capas pueden estar inicialmente conectadas. El procesado se puede dirigir a una capa o región individual o a la interfase de dos o más capas o regiones, dependiendo del efecto deseado.

Otras realizaciones y ventajas de la invención se describen en la siguiente descripción detallada con referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

25 La fig. 1 muestra una vista lateral esquemática del procesado de líneas de corte a un sustrato de acuerdo con una realización de la invención,

la fig. 2 muestra una vista lateral esquemática de la soldadura, aplicación no cubierta por la presente invención,

la fig. 3 muestra una vista esquemática de una aplicación de división,

las fig. 4a - 4d ilustran la soldadura de un panel de pantalla (O)LED, aplicación no cubierta por la presente invención.

30 Las fig. 5a y 5b muestran diagramas de pulsos de láser en cada posición en función de la frecuencia para dos diámetros de punto focal diferentes.

La fig. 6 muestra una imagen en sección transversal de una microestructura procesada de acuerdo con la invención para un sustrato de vidrio.

Descripción detallada de las realizaciones

35 La invención comprende la producción a un sustrato de líneas estructuralmente modificadas usando láser pulsado que tiene, de acuerdo con la presente invención, una duración de pulso de al menos 20 ps y una frecuencia de pulso que coincide con la velocidad de procesado de modo que una pluralidad de los pulsos incrementen de forma sinérgica la absorción dentro del sustrato. Puesto que, de acuerdo con la presente invención, la distancia entre los sucesivos pulsos es menor de 1/5 del diámetro del punto local del haz de láser, muchos pulsos suficientes llegan hasta una
40 región muy local del sustrato de modo que se garantiza el efecto sinérgico. En aplicaciones típicas, el diámetro de punto focal está en el intervalo de 1 - 10 μm , dando como resultado una distancia máxima típica entre pulsos en el intervalo de 200 nm - 2 μm .

De acuerdo con una realización, la duración de pulso usada es al menos de 25 ps.

45 De acuerdo con una realización, se incrementa la frecuencia de pulso o se disminuye la velocidad de modo que la distancia entre puntos estructuralmente modificados sucesivos sea menor de 1/10, preferentemente menor de 1/20 del diámetro de dicho punto focal. Esto incrementa adicionalmente el efecto de absorción lineal que tiene lugar en el sustrato y ayuda a lograr una línea de procesado más homogénea.

50 En general, el porcentaje de superposición de pulsos sucesivos se puede caracterizar por la fórmula $(1 - (\text{velocidad de procesado} * (\text{tiempo entre pulsos}) / \text{diámetro de punto focal}))$. Las fig. 5a y 5b muestran el número de pulsos que dan en cada posición del sustrato calculado con la ayuda de esta fórmula para diámetros de punto de 2 μm y 6 μm , respectivamente, y para tres velocidades de procesado ejemplares, en función de la frecuencia de procesado. Se puede observar que,

La frecuencia de procesado es preferentemente al menos de 2 MHz y puede ser de hasta 20 MHz e incluso más. Los inventores de la presente invención han encontrado que una frecuencia de esta escala es beneficiosa para aprovechar de forma máxima la absorción lineal, debido a las constantes de tiempo térmicas del sustrato y a la disminución temporal resultante del número de portadores libres después de cada pulso. Cabe señalar que sólo una tasa de repetición suficientemente alta puede utilizar el calor residual de un pulso previo y por tanto el número incrementado de portadores de carga libres. Por tanto, el incremento de la superposición de pulso disminuyendo la velocidad de procesado no ayuda si el periodo entre pulsos es demasiado largo. Además, se ha encontrado que a frecuencias altas el volumen procesado se limita de forma más uniforme y también se puede mejorar mucho el control del procedimiento.

5 De acuerdo con una realización preferida, la frecuencia de procesado es al menos de 4 MHz. Esto es beneficioso ya que el promedio de la potencia se puede reducir usando frecuencias más altas. Esto es de particular importancia en, por ejemplo, el procesado de zafiros.

La potencia de pulso máxima que se requiere para iniciar el procedimiento de fundido en sustratos de vidrio o semiconductores prácticamente transparentes es menor de 10^{12} W/cm². Normalmente, la potencia de pico usada es de 10^{10} - 10^{12} W/cm², en particular 10^{10} - $5 \cdot 10^{11}$ W/cm². Esto es significativamente menos que la que se requiere en los procedimientos de procesado de pulsos en femtosegundos o de procesado de absorción de multifotones y tiene la consecuencia de que se reduce enormemente el número de defectos inducidos con láser.

De acuerdo con la presente invención, la longitud de onda usada está en el intervalo de infrarrojo cercano, es decir, 0,75-1,4 μm. Se ha demostrado que este intervalo es adecuado no sólo para el procesado de silicio sino también para materiales con hueco de banda alto tales como zafiro y cuarzo, que son difíciles de procesar al menos de cualquier modo industrial usando procedimientos de procesado de baja frecuencia y/o a escala en femtosegundos conocidos.

De acuerdo con una realización, se usa luz láser no polarizada. Esto provoca que el sentido del campo electromagnético en el sustrato sea arbitrario y hace que el procedimiento sea más inmune a los parámetros de red del sustrato. En otras palabras, se ha encontrado que la luz no polarizada es más eficaz para una amplia variedad de sustratos.

La fig. 6 muestra una imagen en sección transversal de una microestructura procesada de acuerdo con la invención para un sustrato de vidrio. El láser se ha dirigido al sustrato desde arriba y el procedimiento de fundido se ha iniciado en el extremo ahusado (véase la flecha) de la característica mostrada. Se puede observar que un pulso que tiene una duración de 20 ps o más proporciona una conformación redonda en el punto de iniciación, al contrario que para pulsos más cortos, en particular pulsos de sub-ps, que tienen puntos de iniciación afilados y probabilidades de craqueo altas en la proximidad del punto de iniciación. También se puede observar que el diámetro de la característica resultante en el vidrio es tan ancho que la densidad de potencia no es suficiente para la absorción de multifotones y que el efecto de la absorción lineal se refuerza hacia la porción superior de la característica.

De acuerdo con una realización preferida, la fuente de láser usada es una fuente de láser de fibra. Los láseres de fibra tienen la ventaja de que pueden producir luz en el intervalo de frecuencia de megahertzios, lo que se ha encontrado que es lo más interesante con respecto tanto a la velocidad como a la calidad del procesado, como se analiza anteriormente. Láseres de fibra en este contexto quiere decir láseres en los que el medio de ganancia activo es una fibra óptica dopada. Se puede lograr el dopado con elementos de tierras raras, tales como erbio, iterbio, neodimio, disprosio, praseodimio y tulio.

40 División

De acuerdo con la presente invención, se usa la invención para dividir sustratos. La división focalizando la luz láser al interior de un sustrato para producir áreas de tensión local en el sustrato, y por una separación siguiente de las partes del sustrato a lo largo de las áreas de tensión, se denomina además división indetectable en la técnica. La clave de este procedimiento es que las tensiones inducidas al interior del material debilitan mecánicamente el material de modo que es fácil de romper. En consecuencia, prácticamente no se produce ningún desgaste en el silicio o vidrio, en contraste con los procedimientos de aserrado convencionales.

La presente invención tiene la ventaja de que se pueden lograr velocidades de procesado muy altas en la división debido al esquema de exposición al láser eficaz.

La fig. 1 (no a escala) muestra el principio de división indetectable usando la presente invención. Se usan una fuente de láser 10 y componentes ópticos 12 para producir y focalizar un haz de luz láser 14 a la parte interna de un sustrato 18. La pluralidad de pulsos superpuestos da lugar a una línea de corte estructuralmente modificada dentro del sustrato 18 de acuerdo con el principio descrito anteriormente. La fig. 3 (no a escala) muestra una oblea 38 con una pluralidad de líneas de corte largas de oblea 36A- 36D, que perfilan un componente 35 que se va a dividir a partir de la oblea 38. Después de que se hayan formado las líneas de corte deseadas, se pueden separar las porciones de la oblea con cualquier procedimiento, tal como craqueo por flexión.

La invención es particularmente adecuada para cortar obleas de cristal de silicio y otros materiales semiconductores usados en la fabricación de circuitos integrados y otros microdispositivos. La oblea puede contener dispositivos

microelectrónicos construidos en y/o sobre la oblea por cualquier procedimiento de microfabricación conocido, tal como implantación iónica, grabado, depósito y modelado fotolitográfico.

5 Se logran ventajas particulares con obleas muy finas (por ejemplo, < 200 μm , en particular < 100 μm), que se usan, por ejemplo, para la fabricación de paneles de pantalla (por ejemplo, paneles LCD y paneles (O)LED). Sin embargo, la invención se puede usar, en principio, para obleas de cualquier grosor.

Trazado, aspecto no cubierto por la presente invención

10 En el procedimiento de trazado, el haz se focaliza en la proximidad de una superficie del sustrato para producir un surco en la superficie del sustrato. El trazado por el presente procedimiento es particularmente ventajoso para sustratos muy finos (que tienen normalmente un grosor menor de 100 μm) que son demasiado débiles para procesarse mecánicamente. La profundidad del trazado resultante normalmente es un máximo de un 15 % del grosor total del sustrato.

El surco, que se extiende en el interior del sustrato forma una línea de corte debilitada y las porciones así formadas del sustrato se separan mecánicamente, justo como en la aplicación de división descrita anteriormente.

Modificación de superficie o modificación de capa interna, aspecto no cubierto por la presente invención

15 De acuerdo con un ejemplo, se puede calentar una capa superior o varias capas superiores de acuerdo con la invención y destruir su estructura interna. La destrucción puede comprender volatilizar alguno o todos los componentes de las capas o modificar física y/o químicamente su estructura interna. Por ejemplo, el sustrato puede comprender una capa reflectante (de metal) que evita que se lleve a cabo una división indetectable y por medio de la invención se retira esta capa reflectante. Se puede usar el mismo principio para la destrucción local de sistemas de circuitos microfabricados contenidos en las capas de superficie del sustrato.

20 Esto se puede llevar a cabo como un procedimiento en dos etapas. En la primera etapa, una capa de específica o una pluralidad de capas de material reflectantes se destruye(n) usando el láser. En la segunda etapa, se fracciona el sustrato usando el esquema de exposición al láser de acuerdo con la invención. Esto tiene la ventaja de que se puede dirigir el láser de división a la oblea desde su lado frontal, mientras que la división indetectable convencional se ha realizado desde el lado posterior de la oblea, requiriendo así una etapa adicional y arriesgada de giro de la oblea.

Soldadura, aspecto no cubierto por la presente invención

30 Esto se usa para la soldadura de capas de material permanentemente juntas. En esta aplicación, el sustrato comprende al menos dos capas superpuestas que tienen una zona de interfase, comprendiendo el procedimiento focalizar los pulsos de láser a dicha zona de interfase para lograr el fundido local en la zona de interfase y para soldar las capas juntas a través de re-solidificación.

La aplicación de soldadura se ilustra esquemáticamente en la fig. 2. En el procedimiento, se usan una fuente de láser 20 y componentes ópticos 22 para producir y focalizar un haz de luz láser 24 en la interfase de dos capas separadas 28A y 28B de un sustrato 28. La pluralidad de pulsos superpuestos cometidos a un sustrato en movimiento da lugar a una junta de soldadura 26 que conecta las capas 28A y 28B de acuerdo con el principio descrito anteriormente.

35 De acuerdo con un ejemplo, el sustrato comprende dos paneles de vidrio superpuestos que están soldados juntos en las áreas de borde de los paneles por una junta contigua. Por tanto, por ejemplo, se pueden fabricar paneles de pantalla o paneles sensibles a la luz usando este procedimiento. Las fig. 4a y 4b muestran un ejemplo de fabricación de un panel de pantalla OLED. El panel 48 comprende una capa de base 48A que comprende una capa activa 49 que diste un conjunto de unidades emisoras de luz individuales y una capa de vidrio frontal 48B. Inicialmente, las capas 48A y 48B están colocadas en la parte superior de cada una de modo que la capa activa 49 permanezca entre ellas. Después de lo cual, se usa esto para producir una junta soldada 46 alrededor de toda la capa activa. Preferentemente, la junta soldada está intacta (contigua). Por tanto, se puede formar una barrera eficaz contra el polvo y la humedad para la capa activa, fijando al mismo tiempo eficazmente las capas del panel juntas sin ningún componente adicional, tal como adhesivos. Debido al pulso frecuente y a la fusión completa y resolidificación de las capas de vidrio, la junta es muy impermeable.

40 Las fig. 4c y 4d muestran ejemplos detallados alternativos de la aplicación anterior. En el procedimiento de la fig. 4c, la capa de vidrio 48A y 48B están espaciadas entre sí en la zona de interfase. En el procedimiento de la fig. 4d, se proporciona una capa puente adicional 47 entre las capas de vidrio 48A y 48B. La capa puente 47 disminuye la distancia libre entre los vidrios y garantiza que tenga lugar la unificación completa de las capas. La junta de soldadura 46B se produce de este modo entre la capa puente y el vidrio frontal 48B. La capa puente 47 puede ser una capa de metal.

Además de la fabricación de paneles de pantalla, se puede usar el presente procedimiento de soldadura para el empaquetado a nivel de oblea (véase a continuación), empaquetado de componentes sensibles a la temperatura, integración de componentes ópticos e integración de componentes microfluidicos.

Empaquetado a nivel de oblea, aspecto no cubierto por la presente invención

- 5 Esto también se usa para fabricar uniones entre una oblea de silicio y otro material por soldadura. El otro material puede ser un material mecánicamente protector y/o eléctricamente aislante. Por tanto, esto es adecuado para aplicaciones de empaquetado a nivel de oblea (WLP), en la que los paquetes se fabrican para componentes de silicio mientras aún forman parte de una oblea más grande, en lugar del procedimiento tradicional de ensamblar el paquete de cada unidad individual después de la división de obleas. Por ejemplo, se puede llevar una capa protectora grande multi-componente sobre una oblea de silicio aún sin dividir y usarse el presente esquema de exposición al láser para soldar la capa protectora y los componentes de la oblea juntos.
- 10 Las realizaciones y ejemplos descritos anteriormente y las figuras adjuntas se dan con fines ilustrativos y no se pretende que sean limitantes. El alcance de la invención se define en siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de división de un sustrato (18), que comprende
 - dirigir hacia el sustrato desde una fuente de láser (10) una pluralidad de pulsos de láser focalizados secuenciales (16) que tienen una longitud de onda de 0,75 - 1,4 μm , una frecuencia de pulsos de al menos 1 MHz y un diámetro de punto focal predeterminado, pudiendo los pulsos fundir localmente el sustrato (18),
 - mover la fuente de láser (10) y el sustrato (18) uno con respecto al otro a una velocidad de movimiento predeterminada de modo que se forme una zona estructuralmente modificada en el sustrato (18), ajustándose la velocidad de movimiento de modo que los pulsos (16) se superponen significativamente, siendo la distancia entre pulsos sucesivos (16) menor de 1/5 del diámetro de dicho punto focal, y focalizando los pulsos de láser (16) en el interior del sustrato (18), por donde se forma una línea de corte debilitada dentro del sustrato (18) como dicha zona estructuralmente modificada, y
 - dividir el sustrato (18) separando mecánicamente al menos dos porciones del sustrato (18) definidas por dicha línea de corte debilitada,
 - focalizar los pulsos de láser (16) a una profundidad dentro del sustrato (18) para formar la línea de corte debilitada,

caracterizado porque

 - dichos pulsos de láser (16) tienen una duración de 20 - 100 ps.
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la distancia entre pulsos sucesivos (16) es menor de 1/10, preferentemente menor de 1/20 del diámetro de dicho punto focal.
3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** se usa una frecuencia de pulso de al menos 2 MHz, preferentemente de al menos 4 MHz.
4. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** se usa una potencia de pulso máxima menor de 10^{12} W/cm².
5. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** se usa luz láser no polarizada.
6. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** dicha fuente de láser (10) es una fuente de láser de fibra.
7. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el sustrato (18) está en su estado normal al menos parcialmente transparente a la longitud de onda de la luz láser usada.
8. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el sustrato (18) comprende un sustrato de vidrio o semiconductor, tal como una oblea de cuarzo, zafiro, silicio o LiTaO₃.
9. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el sustrato (18) es un panel LED o un panel LCD.
10. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el sustrato (18) comprende sistemas de circuitos microfabricados y/o una capa reflectante, comprendiendo el procedimiento una etapa adicional de focalizar los pulsos de láser en dicho sistema de circuitos y/o capa reflectante para la retirada de la modificación permanente de dicho sistema de circuitos microfabricados y/o capa reflectante antes de la formación de dicha línea de corte debilitada.
11. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el grosor del sustrato (18) es de 200 μm o menor, en particular de 100 μm o menor.
12. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el sustrato (18) es vidrio, y cada pulso (16) produce al sustrato una característica que se ahúsa hacia el punto de iniciación de la característica, teniendo la característica una conformación redonda en el punto de iniciación.
13. Un aparato para dividir sustratos por luz láser, que comprende
 - una fuente de láser pulsado (10) para emitir pulsos de láser (16) que tienen una frecuencia de pulso de al menos 1 MHz y un diámetro de punto focal predefinido,

- medios para sujetar el sustrato (18) de modo que la luz láser se pueda guiar desde la fuente de láser pulsado (10) hasta el sustrato (18),
- 5 - medios para mover el sustrato (18) con respecto a la fuente de láser pulsado (10) con una velocidad predefinida, siendo la velocidad de movimiento relativa del sustrato (18) y la fuente de láser (10) tal que los pulsos sucesivos (16) se superpongan significativamente en el sustrato (18) y siendo la distancia entre pulsos sucesivos (16) menor de 1/5 del diámetro de dicho punto focal, estando focalizados los pulsos únicamente hacia el interior del sustrato (18) para formar una línea de corte debilitada dentro del sustrato (18),
- medios para separar mecánicamente al menos dos porciones del sustrato (18) definidas por dicha línea de corte debilitada,
- 10 - se proporcionan componentes ópticos (12) de modo que los pulsos de láser (16) estén adaptados para focalizarse a una profundidad dentro del sustrato (18),

caracterizado porque

- la fuente de láser pulsado (10) está construida de tal modo que los pulsos de láser (16) se ajustan para tener una duración de 20 - 100 ps.
- 15 14. El aparato de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado porque** la fuente de láser (10) es una fuente de láser de fibra.
15. Uso del procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 13 o el aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13-14 para la división de obleas de semiconductores.

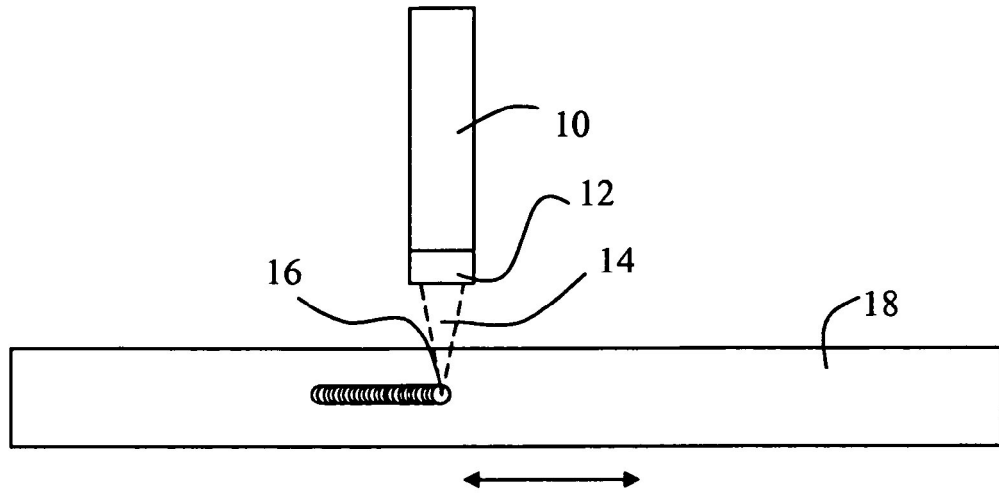


Fig. 1

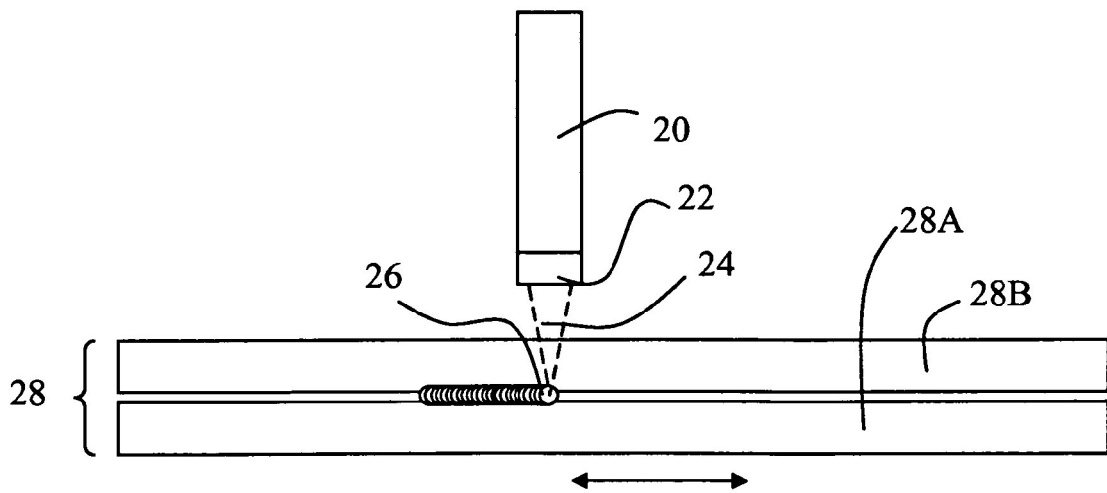


Fig. 2

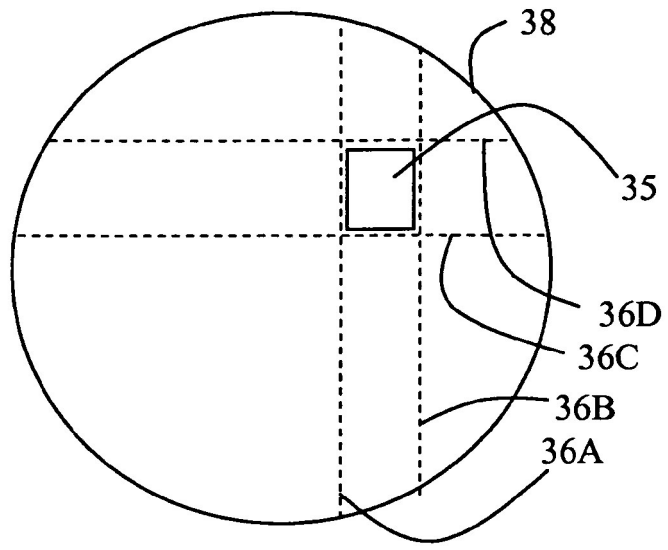


Fig. 3

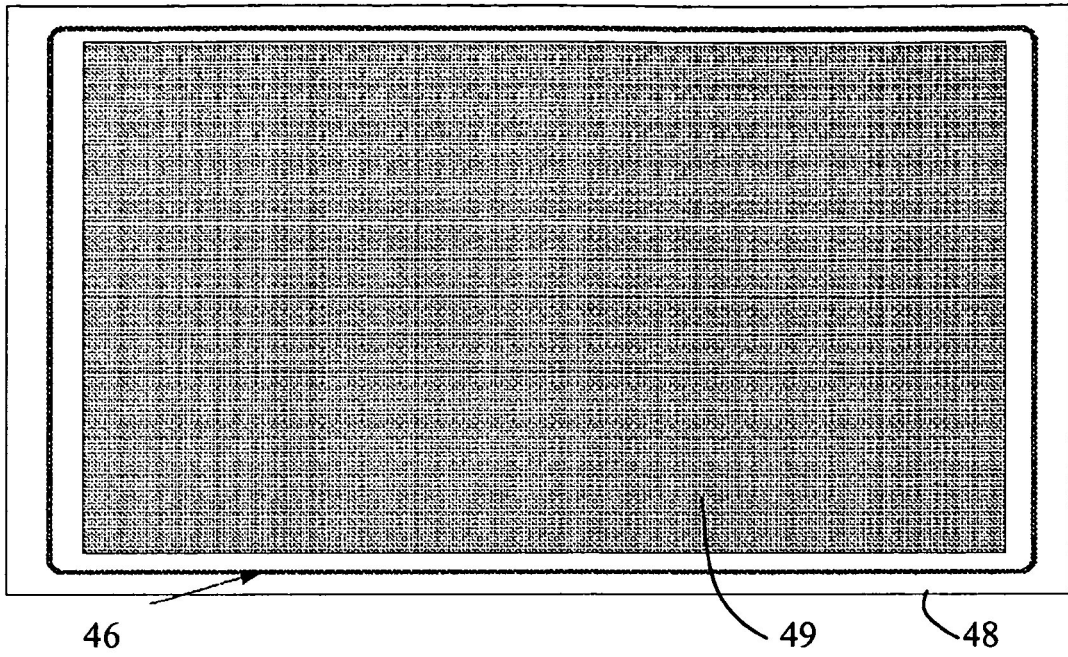


Fig. 4a

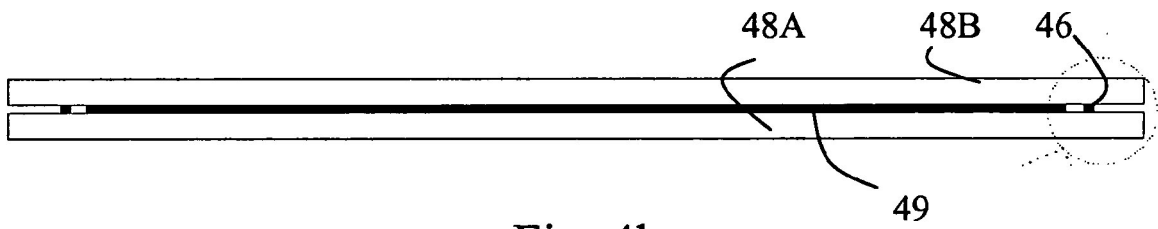


Fig. 4b

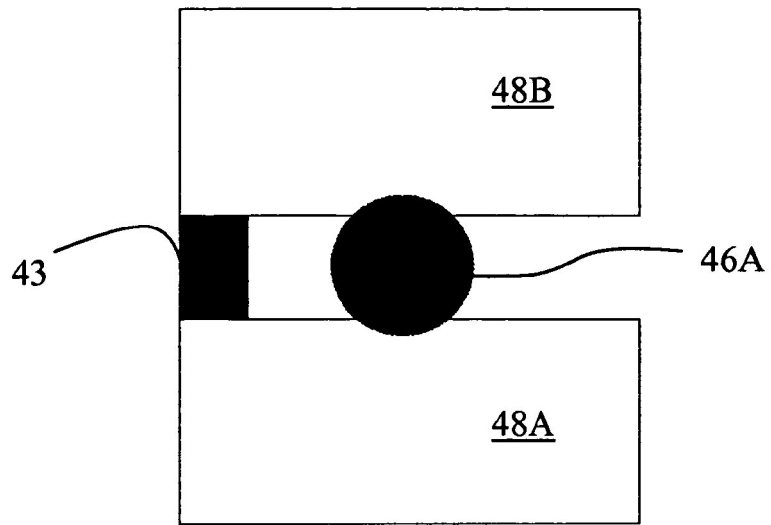


Fig. 4c

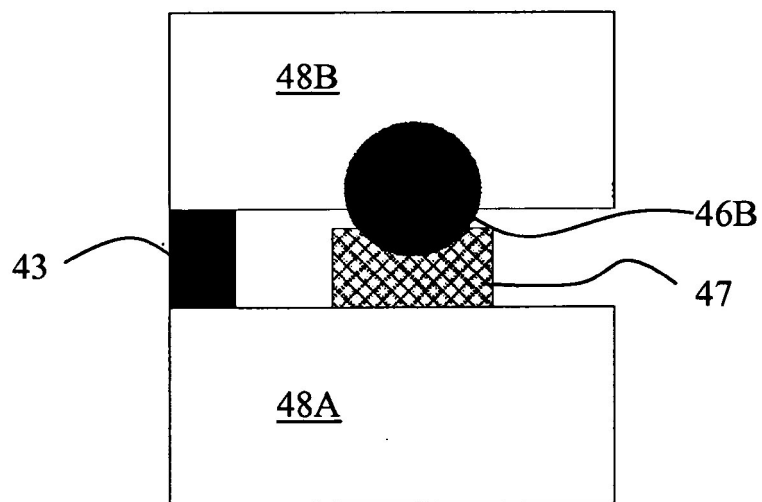


Fig. 4d

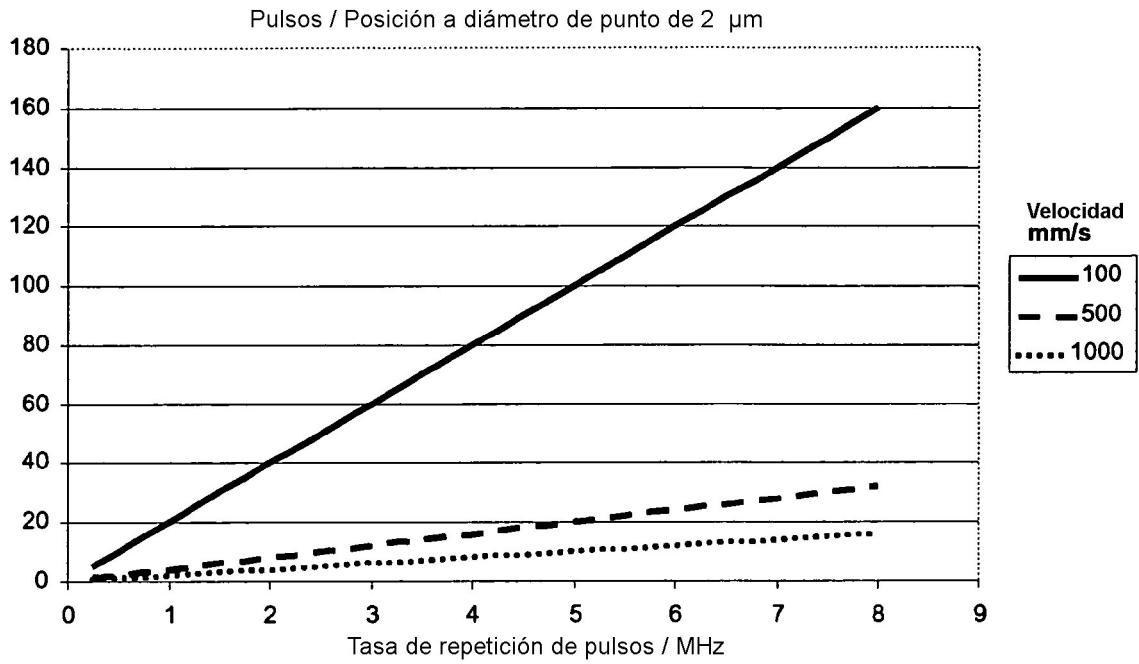


Fig. 5a

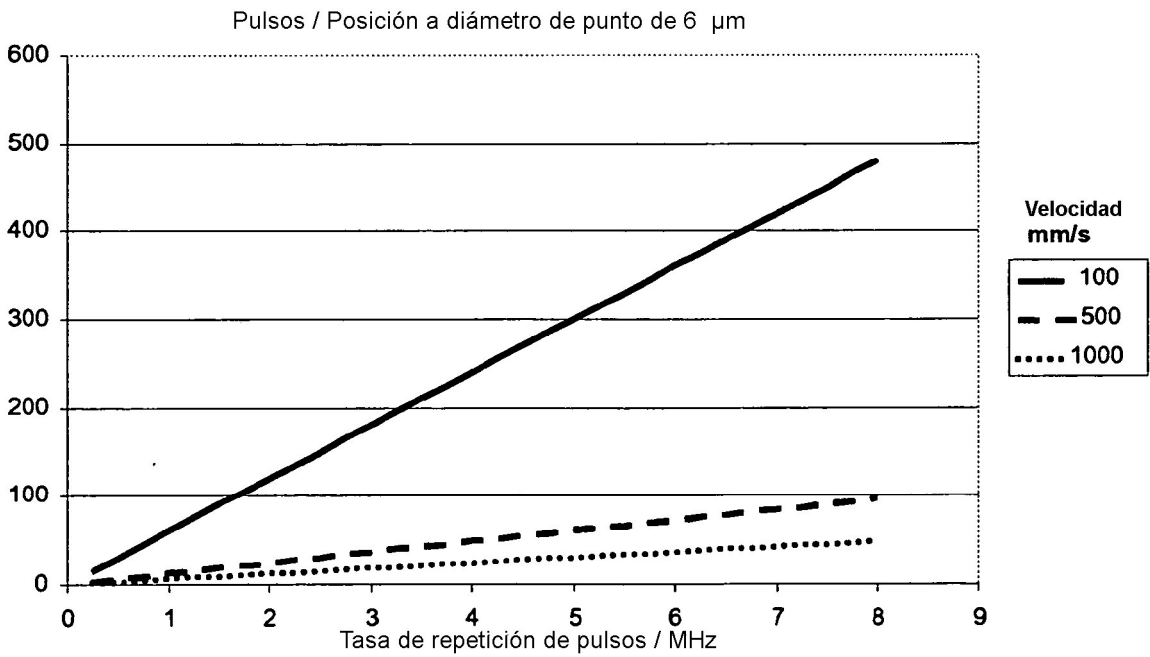


Fig. 5b

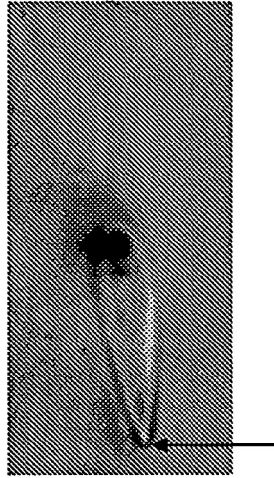


Fig. 6