

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 592 532**

51 Int. Cl.:

B23K 26/36	(2014.01)	C03B 33/02	(2006.01)
B23K 26/40	(2014.01)		
B23K 26/06	(2006.01)		
B28D 5/00	(2006.01)		
C03C 23/00	(2006.01)		
B23K 26/00	(2014.01)		
B23K 26/24	(2014.01)		
B23K 26/32	(2014.01)		
C03B 23/24	(2006.01)		
C03B 33/08	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2010** **E 12171477 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.08.2016** **EP 2505297**

54 Título: **Procedimiento para procesar un sustrato que tiene dos capas superpuestas usando láser focalizado dentro del sustrato para soldar las capas**

30 Prioridad:
04.06.2009 WO PCT/FI2009/050474

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.11.2016

73 Titular/es:
**CORELASE OY (100.0%)
Kauhakorvenkatu 52
33720 Tampere, FI**

72 Inventor/es:
**KANGASTUPA, JARNO y
AMBERLA, TIINA**

74 Agente/Representante:
DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 592 532 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).

DESCRIPCION

Procedimiento para procesar un sustrato que tiene dos capas superpuestas usando láser focalizado dentro del sustrato para soldar las capas

5 La invención se refiere a un procedimiento para procesar un sustrato de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 (véase, por ejemplo, el documento US 2007/051706A). En particular, la invención se refiere a la soldadura de sustratos de vidrio y semiconductores, por ejemplo, sustratos de zafiro, cuarzo y silicio, y similares.

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 superficie 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. Otra manera de producir una junta de soldadura generada por láser se muestra en JP2007/012752.

30 A Gillmer et al en "Laser Bonding of Micro Optical Components", proceedings of SPIE, SPIE, US, vol. 4941, 30 Octubre 2002, presenta una técnica de unión por láser selectiva (SLB) convencional para combinar muestras de vidrio y de silicio. Aquí, el calor se absorbe linealmente en el material, mediante lo cual, la soldadura se hace en cuestión de segundos. En WO 2008/035770 se muestra una disposición de fabricación similar usando pulsos láser ultra cortos en el intervalo de los femtosegundos y utilizando un fenómeno de absorción no lineal.

35 Gattrass et al. divulga 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° 1, 2007* y en la solicitud de patente de EE.UU. No. 2007/0051706, que también discute la soldadura mediante pulsos en el intervalo de los femtosegundos.

40 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 ps con una frecuencia de 1 kHz, siendo la velocidad de desplazamiento de 0,5, 5 o 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.

50 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.

Sumario de la invención

55 Es un objetivo de la invención lograr un procedimiento más potente para soldar sustratos. Es un objetivo particular lograr un método nuevo y más eficaz de soldadura con láser para sustratos que normalmente son transparentes.

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

5 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 aun 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 a las microfisuras 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.

El objetivo de la invención se logra por el procedimiento definido en la reivindicación 1.

El procedimiento de acuerdo con la invención comprende

15 -dirigir al sustrato desde una fuente láser, una pluralidad de pulsos láser enfocados secuenciales, que tienen una duración, frecuencia de pulsación, y diámetro del punto focal predeterminados, siendo capaces los pulsos de fundir localmente el sustrato,

-mover la fuente láser y el sustrato uno con respecto a otro a una velocidad predeterminada de modo que se forma una zona modificada estructuralmente en el sustrato,

-usar una duración de pulsos de 20-100 ps, y

20 -usar una frecuencia de pulsación y velocidad de movimiento ajustadas de tal forma que los pulsos solapan de manera significativa, siendo la distancia entre pulsos sucesivos menor de 1/5 del diámetro de dicho punto focal. La frecuencia de pulsación es preferiblemente al menos 1MHz.

Según la invención, el esquema de exposición al láser anterior se usa para aplicaciones de soldadura (incluyendo empaquetado a nivel de oblea).

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 mas eficaz, dando como resultado una absorción total mayor que en los procedimientos conocidos. Con mas detalle, los inventores de la presente invención han encontrado que 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 han encontrado que 35 sometiendo la misma región o una región muy cercana del sustrato a varios pulsos de esta duración, tiene lugar una absorción lineal. Esto significa que mientras el punto objetivo aun este 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.

Una ventaja adicional del esquema de procesamiento descrito es que se puede utilizar una potencia de pico menor de la luz láser (normalmente menor de 10^{12} W/cm²), siendo el promedio de potencia aun 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 esta 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.

50 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 procesamiento de sustratos por pulsos mas 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.

55 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.

5 Se ha encontrado que el procedimiento de acuerdo con la invención proporciona sustratos procesados que tienen una pequeña cantidad de microfisuras dentro de los materiales procesados y por tanto una alta resistencia a la flexión de los componentes procesados.

Finalmente, el presente esquema de exposición láser se puede utilizar para la soldadura eficaz y sin perforaciones de dos capas de materiales transparentes juntas.

10 En este documento, el término "sustrato" quiere decir de forma amplia cualquier material o combinación de materiales, regiones de cobertura o capas que inicialmente no están conectadas y 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. El término "sustrato" incluye entidades que comprenden una capa de material base y un pequeño componente que está destinado a ser soldado a la capa de material base (p. ej. un componente microfluidico u óptico que se va a soldar a una oblea de vidrio o semiconductor). El procesamiento se dirige a la interfase de dos o más capas o regiones, para conseguir el efecto de soldadura.

15 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

La fig. 1 muestra una vista lateral esquemática de soldadura de acuerdo con una realización de la invención,

20 Las fig. 2a - 2d ilustran la soldadura de un panel de pantalla (O)LED, según una realización de la invención.

Las fig. 3a y 3b muestran diagramas de pulsos de láser en cada posición en función de la frecuencia para dos diámetros de punto focal diferentes.

La fig. 4 muestra una imagen en sección transversal de una microestructura procesada de acuerdo con la invención para un sustrato de vidrio.

25 Descripción detallada de las realizaciones

La invención comprende la producción de un sustrato de líneas estructuralmente modificadas usando láser pulsado que tiene una duración de pulso de al menos 20 ps y una frecuencia de pulso que coincide con la velocidad de procesamiento de modo que una pluralidad de los pulsos incrementen de forma sinérgica la absorción dentro del sustrato. En particular, si 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 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 25 ps.

35 De acuerdo con una realización, se incrementa la frecuencia de pulso o se disminuye la velocidad de desplazamiento 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 procesamiento más homogénea.

40 En general, el porcentaje de superposición de pulsos sucesivos se puede caracterizar por la fórmula $(1 - (\text{velocidad de procesamiento} * (\text{tiempo entre pulsos}) / \text{diámetro de punto focal}))$. Las fig. 3a y 3b 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 procesamiento ejemplares, en función de la frecuencia de procesamiento. Se puede observar que la frecuencia de procesamiento es preferentemente al menos de 2 MHz y puede ser de hasta 20 MHz e incluso más. Los inventores 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 solo 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 procesamiento 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.

50 De acuerdo con una realización preferida, la frecuencia de procesamiento es al menos 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 procesamiento 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 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 procesamiento de pulsos en femtosegundos o de procesamiento de absorción de multifotones y tiene la consecuencia de que se reduce enormemente el número de defectos inducidos con láser.

De acuerdo con una realización preferida, la longitud de onda usada está en el intervalo de infrarrojo cercano, es decir, 0,75-1,4 μ m. Se ha demostrado que este intervalo es adecuado no solo para el procesamiento 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 procesamiento 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 más amplia variedad de sustratos.

La fig. 4 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 fisura 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 la presente invención, 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 procesamiento, 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.

Aplicaciones industriales

Los diversos aspectos de la invención se pueden usar para varios fines industriales, en particular, la unión de componentes. Se dan a continuación algunos ejemplos no limitantes de las aplicaciones.

Soldadura

Esta invención se usa para la soldadura de capas de material permanentemente juntas. 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. 1. 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 sometidos 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.

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 el presente procedimiento. Las fig. 2a y 2b muestran un ejemplo de fabricación de un panel de pantalla OLED. El panel 48 comprende una capa base 48A que comprende una capa activa 49 que tiene 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, la presente invención se usa 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 re-solidificación de las capas de vidrio, la junta es muy impermeable.

Las fig. 2c y 2d muestran realizaciones detalladas alternativas de la solicitud anterior. En el procedimiento de la fig. 2c, 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 microfluídicos.

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

10 Se puede usar 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, la invención es adecuada para aplicaciones de empaquetado a nivel de oblea (WLP), en la que los paquetes se fabrican para componentes de silicio mientras aun 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 aun sin dividir y usarse el presente esquema de exposición al láser para soldar la capa protectora y los componentes de la oblea juntos.

15 La realización y el ejemplo 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 las cuales han de interpretarse en todo su espectro y teniendo en cuenta equivalentes.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento para procesar un sustrato (28) modificando estructuralmente al menos parte de una zona de interfase definida por al menos dos capas superpuestas (28A, 28B) dirigiendo desde una fuente láser (20) una pluralidad de pulsos láser secuenciales (26) al sustrato (28) y que están enfocados a dicha zona de interfase, donde la fuente láser (20) y el sustrato (28) se mueve uno con respecto a otro a una velocidad predeterminada, estando ajustada la velocidad de tal modo que los pulsos solapan de manera significativa,

caracterizado porque la fuente láser (20) es una fuente láser de fibra (20); y por

-emitir desde dicha fuente láser de fibra pulsos (26) que tienen una duración de 20 – 100 picosegundos, una potencia máxima del pulso menor que 10^{12} W/cm², y una frecuencia de pulsación de al menos 1 MHz;
- 10 -dirigir dichos pulsos (26) con un diámetro de punto focal predeterminado secuencialmente al sustrato (28) con una distancia entre pulsos sucesivos que es menor que 1/5 del diámetro de dicho punto focal, para causar el fundido local del sustrato (28) en dicha zona de interfase para soldar dichas capas superpuestas (28A, 28B) juntas mediante la re-solidificación de la fusión local del sustrato (28).
- 15 2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la distancia entre pulsos sucesivos (26) 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, 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 las reivindicaciones 1, 2 ó 3, caracterizado porque se usa luz láser no polarizada.
- 20 5. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el sustrato (28) está en su estado normal al menos parcialmente transparente a la longitud de onda de la luz láser usada.
6. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el sustrato comprende un sustrato de vidrio o semiconductor, tal como una oblea de cuarzo, zafiro, silicio o LiTaO₃.
- 25 7. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el sustrato es un panel LED o un panel LCD.
8. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el grosor del sustrato (28) es de 200 µm o menor, en particular de 100 µm o menor.
- 30 9. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque cada pulso (26) produce al sustrato (28) una característica que se ahúsa hacia el punto de iniciación de la característica, teniendo la característica una conformación redonda en el punto de iniciación.
10. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el sustrato comprende dos capas de vidrio superpuestas (48A, 48B) que se sueldan conjuntamente en las áreas de borde de las capas mediante preferiblemente una junta contigua (46).
- 35 11. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque los paneles comprenden una capa base (48A) que comprende una capa activa (49) que tiene una disposición de unidades emisoras de luz individuales y una capa de vidrio frontal (48B) colocada en la parte superior de la capa base (48A) tal que la capa activa (49) permanece entre ellas, mediante lo cual la junta soldada (46) se produce alrededor de toda la capa activa (49).
- 40 12. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado porque las capas de vidrio (48A, 48B) están espaciadas una de otra en la zona de interfase mediante una característica espaciadora (43) y la junta soldada (46A) se produce entre las capas (48A, 48B).
13. El procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado porque hay una capa puente adicional (47) proporcionada entre las capas de vidrio (48A, 48B), y donde la junta de soldadura (46B) se produce entre la capa de puente y uno de los vidrios (48B).

45

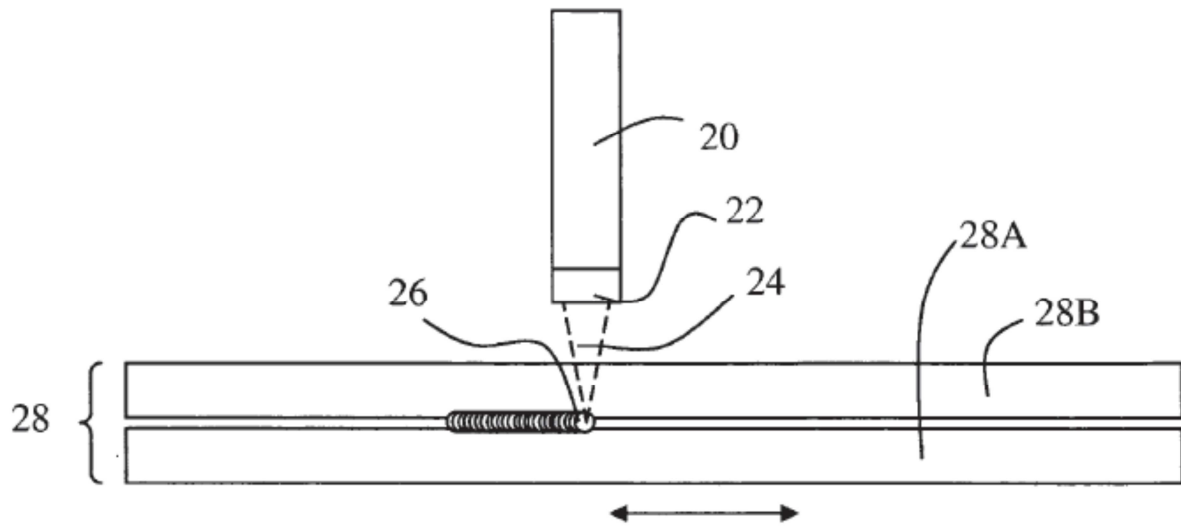


Fig. 1

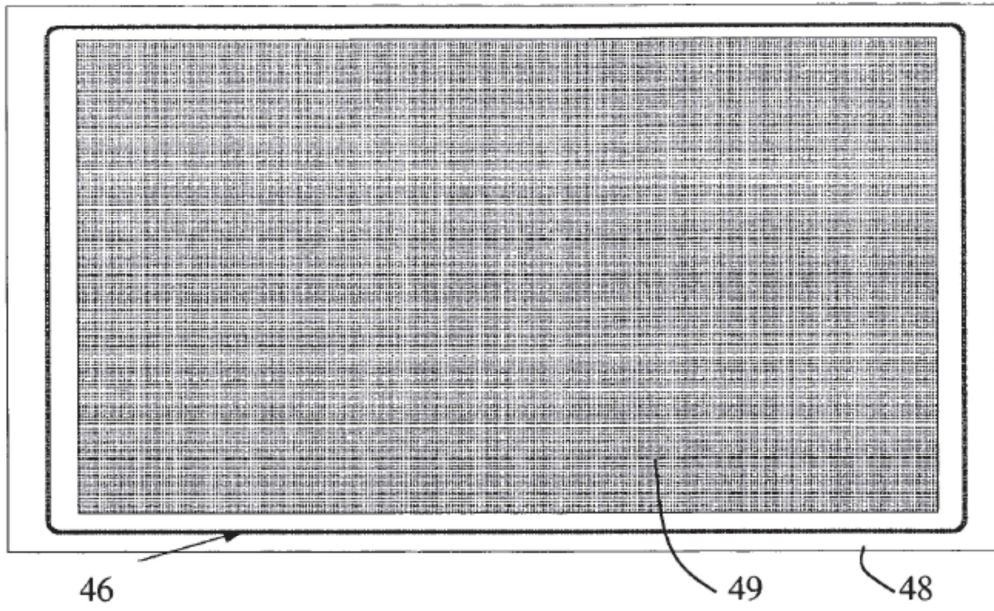


Fig. 2a

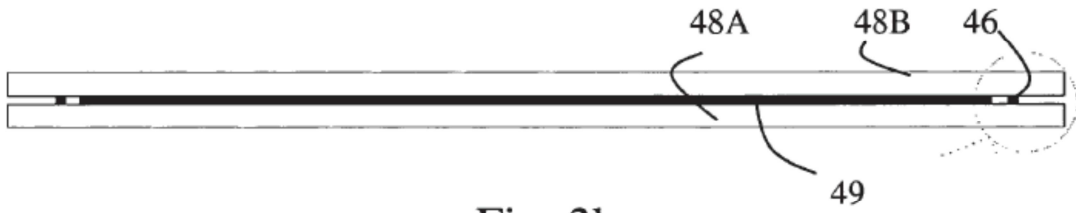


Fig. 2b

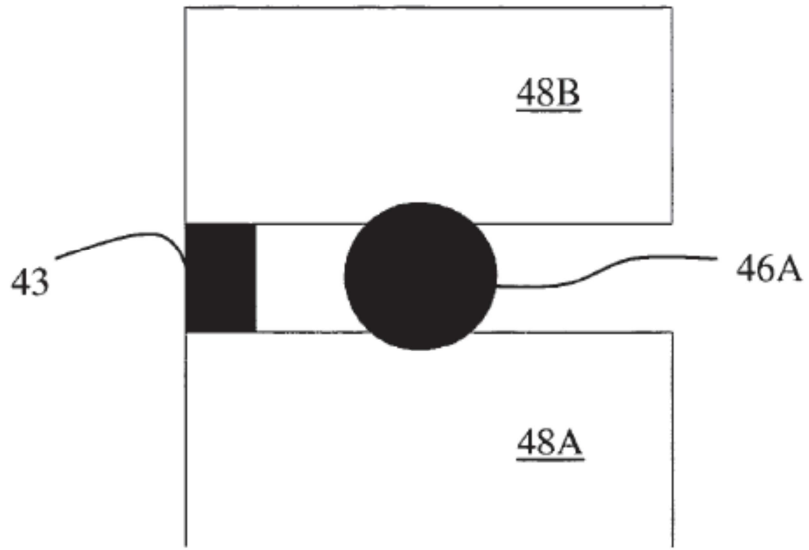


Fig. 2c

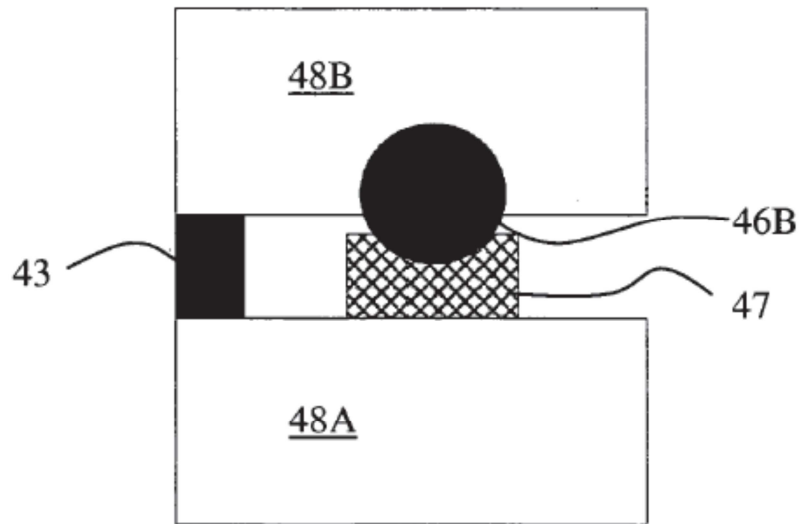


Fig. 2d

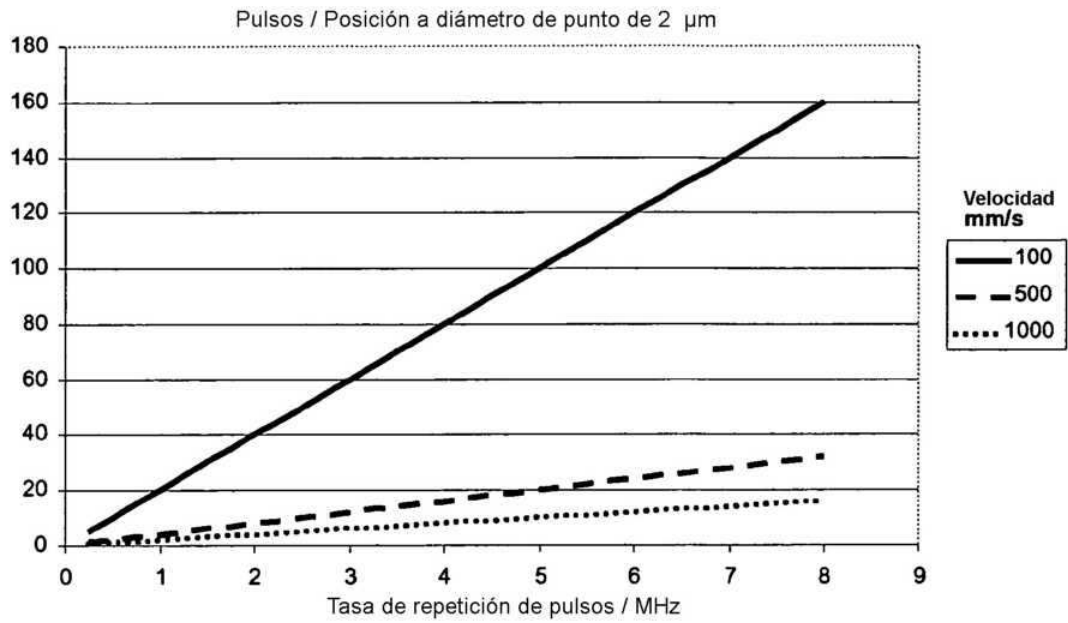


Fig. 3a

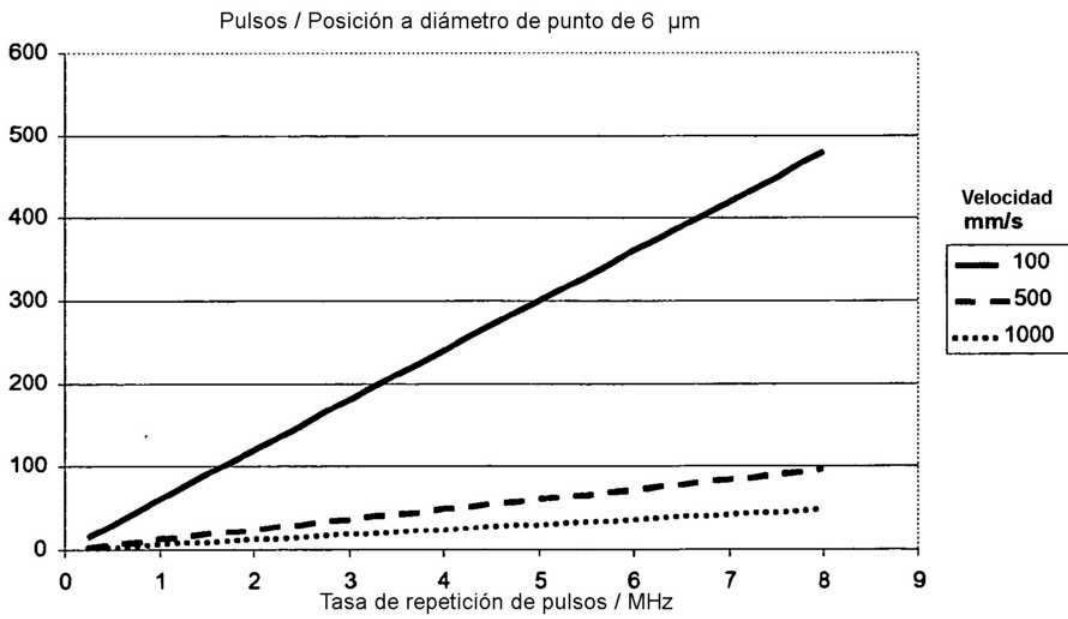


Fig. 3b

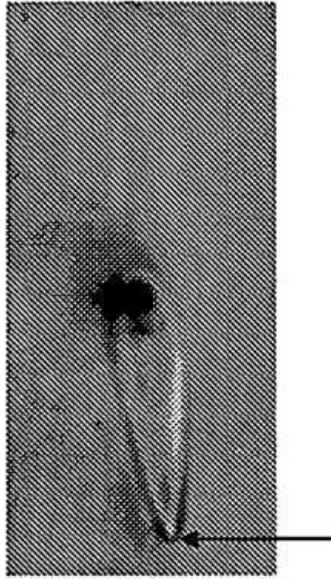


Fig. 4