



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 365 068**

51 Int. Cl.:
C03B 33/09 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07845307 .3**

96 Fecha de presentación : **21.12.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2118027**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.11.2009**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la producción de una hendidura de separación en una plancha de vidrio.**

30 Prioridad: **05.01.2007 AT A 27/2007**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
21.09.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
21.09.2011

73 Titular/es: **LISEC MASCHINENBAU GmbH**
Peter-Lisec-Strasse 1
3353 Seitenstetten, AT

72 Inventor/es: **Lisec, Peter**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 365 068 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 dispositivo para la producción de una hendidura de separación en una plancha de vidrio.

La invención se refiere a un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1, así como un dispositivo según el preámbulo de la reivindicación 12.

5 Del documento AT 501 000 A1 de la misma solicitante se conoce un procedimiento para la división de vidrio utilizando rayos láser, en el que por la conducción controlada de un rayo láser a través de un vidrio se originan en éste tensiones térmicas que provocan la formación de una hendidura de separación en el vidrio. En éste y también en otros procedimientos conocidos del estado de la técnica, la principal dificultad se encuentra en transmitir la energía de radiación del rayo láser utilizado a la zona de la hendidura de separación que se ha de producir en el vidrio, a lo cual el
10 elevado grado de transmisión del material que se ha de mecanizar y la fracción absorbida relativamente baja de energía de radiación requiere medidas especiales para influir sobre el trazado del rayo en el vidrio, en particular una conducción múltiple del rayo láser a través de la zona de la hendidura de separación que se va a producir. Los medios utilizados en el procedimiento conocido para proporcionar un trazado de rayos semejante son en conjunto muy caros y todavía no son óptimos en su rendimiento.

15 El documento US 2004/0251290 A1 da a conocer un procedimiento para la producción de una hendidura de separación en material de vidrio, en el que se genera una grieta en la superficie de vidrio por una herramienta mecánica para formar grietas o por un rayo láser y luego partiendo de esta grieta se produce un ensanchamiento de la grieta para formar una hendidura de separación de la profundidad nominal deseada mediante tensiones mecánicas o térmicas en el material de vidrio, mientras que se introducen ondas elásticas en la zona de la grieta o la zona de la
20 hendidura de separación calentada durante la generación de la grieta por el rayo láser se somete a un fuerte enfriamiento local.

Partiendo de este estado de la técnica, el objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento para la producción de una hendidura de separación en una plancha de vidrio, que se destaque por un buen rendimiento y pueda realizarse con un menor coste técnico en aparatos. El concepto "plancha de vidrio" comprende en este caso no sólo placas de
25 vidrio planas, sino que también pueden ser cuerpos de vidrio curvados o también componentes de vidrio compuestos de varios cuerpos de vidrio.

Este objetivo de la invención se resuelve por un procedimiento con las características de la reivindicación 1. Mediante la introducción del haz de rayos esencialmente sin reflexión y sin refracción, en particular de un rayo láser en la plancha de vidrio que se ha de mecanizar, se aporta la energía de la radiación contenida en el haz de rayos aproximadamente
30 completamente en la plancha de vidrio y por consiguiente con el mismo uso de la energía está a disposición una mayor potencia de radiación para la producción de la hendidura de separación. El haz de rayos no debe conducirse por ello, según se conoce por el estado de la técnica, varias veces por la zona que se va a calentar de la plancha de vidrio, por lo que también se reduce el coste técnico en aparatos.

Además, es característico de la invención que el haz de rayos se conduzca por un elemento óptico hasta la plancha de
35 vidrio que se va a mecanizar y en este caso esté relleno con un líquido un espacio intermedio entre una superficie de entrada de rayos en el elemento óptico y una primera superficie de la plancha de vidrio y el haz de rayos se introduce esencialmente sin refracción y sin reflexión en la plancha de vidrio a través de este líquido. Mediante este líquido se acoplan en cierto sentido ópticamente el elemento óptico y la plancha de vidrio, por lo que a diferencia del estado de la técnica conocido apenas aparecen pérdidas por reflexión o refracción del haz de rayos en la primera superficie de la
40 plancha de vidrio.

Este acoplamiento óptico entre el elemento óptico y la plancha de vidrio se realiza tanto mejor si el líquido presenta al menos aproximadamente el mismo índice de refracción que el material de la plancha de vidrio. Cuando el elemento óptico y la plancha de vidrio presentan diferentes índices de refracción, para el líquido puede seleccionarse en particular un índice de refracción que se sitúe entre ambos índices de refracción del elemento óptico y de la plancha de
45 vidrio, por ejemplo, forma la media aritmética de ambos índices de refracción.

El líquido para el acoplamiento óptico del elemento óptico y de la plancha de vidrio contiene ventajosamente uno o varios componentes seleccionados de un grupo que comprende agua, glicerina, gel o agente tensoactivo para la disminución de la tensión superficial del líquido, teniéndose estos componentes por un elevado grado de transmisión, así como un bajo grado de absorción para la energía de radiación transmitida en el haz de rayos, es decir, siendo
50 ópticamente ampliamente claros. Las pérdidas de energía del haz de rayos al atravesar la capa de líquido son por ello muy bajas, además, mediante los componentes mencionados se puede ajustar de forma óptima el índice de refracción del líquido.

Para el mecanizado de las planchas de vidrio de diferentes materiales de vidrio corrientes es ventajoso si el índice de refracción (relación de la velocidad de la luz en el vacío respecto a la velocidad de la luz en el medio de comparación)

del líquido se selección preferentemente de un rango con un límite inferior de 1,2 y 1,9, en particular entre 1,35 y 1,75.

Otra variante de realización ventajosa del procedimiento consiste en que el haz de rayos se introduce en la plancha de vidrio a través de la primera superficie con un ángulo de incidencia oblicuo, referido a una normal de incidencia en un punto de entrada del haz de rayos. Mediante esta introducción oblicua del haz de rayos se impide que el haz de rayos se vuelva a reflejar en sí en una segunda superficie de la plancha de vidrio, distanciada de la primera superficie, y por ello sólo existen posibilidades limitadas del guiado de rayos, y además, por el haz de rayos reflejado se deteriora posiblemente el elemento óptico y/o la fuente de radiación.

El ángulo de incidencia del haz de rayos en la primera superficie puede ser seleccionado en este caso en particular de forma que en la segunda superficie de la plancha de vidrio se produce una reflexión total del haz de rayos. Dado que en este caso ninguna fracción del haz de rayos abandona la plancha de vidrio en la segunda superficie, permanece toda la energía de radiación del haz de rayos en el interior de la plancha de vidrio y está disponible para la producción de la hendidura de separación.

Para la obtención del efecto de una reflexión total del haz de rayos en la segunda superficie de la plancha de vidrio en los materiales de vidrio más corrientes, el ángulo de incidencia se selecciona de forma ventajosa a partir de un rango con un límite inferior de 40 grados y un límite superior de 70 grados.

Una posibilidad adicional de influir sobre el trazado de los rayos y por consiguiente la formación de la hendidura de separación en la plancha de vidrio consiste en que el haz de rayos se dirija en un trazado convergente por un dispositivo de focalización y durante la entrada en la plancha de vidrio discorra en haz convergentemente. Por ello existe la posibilidad de provocar un punto focal del haz de rayos y por consiguiente una elevada densidad de energía en el interior de la plancha de vidrio.

Un punto focal semejante de un haz de rayos se puede posicionar en este caso ventajosamente al menos aproximadamente en la primera superficie o en la segunda superficie de la plancha de vidrio, por lo que se favorece la formación de la hendidura de separación partiendo de una de las superficies.

Además, para el aumento del aporte local de energía, la formación de la hendidura de separación en el procedimiento según la invención se puede realizar con dos o más haces de rayos. Mediante esta utilización de al menos dos haces de rayos se puede combinar la energía de dos haces de rayos en una zona activa, por ello se puede utilizar una posibilidad efectiva para generar un gradiente de tensiones en la plancha de vidrio.

Al utilizar varios haces de rayos se pueden introducir al menos dos haces de rayos con direcciones diferentes en la plancha de vidrio, es decir, que sus planos de trazado uno respecto a otro adoptan un ángulo diferente de cero. Estas direcciones diferentes pueden ser ajustadas en este caso al considerarse en la dirección de la normal de incidencia, no obstante, se forman también mediante diferentes ángulos de incidencia de los dos haces de rayos durante la entrada en la plancha de vidrio. Mediante estas múltiples posibilidades de ajustar los trazados de rayos en el interior de la plancha de vidrio se puede confeccionar de forma flexible la configuración del gradiente de tensión y se puede adaptar a las propiedades de la plancha de vidrio, por ejemplo, su espesor o su número de refracción.

Se puede obtener una elevada potencia en la producción de la hendidura de separación si los dos o más haces de rayos cooperan esencialmente en un punto de corte común en el interior de la plancha de vidrio, por lo que se suman las potencias de energía de los haces de rayos individuales.

Una densidad de energía especialmente elevada en la plancha de vidrio puede conseguirse si los haces de rayos que coinciden en un punto de corte común discurren de forma convergente, y su punto focal cae respectivamente en un punto de corte común. Por ello en una zona límite, bien definida localmente, se puede provocar una tensión térmica extremadamente elevada para la producción de la hendidura de separación.

Los al menos dos haces de rayos que se utilizan en la producción de la hendidura de separación se pueden formar ventajosamente por una división de un haz de rayos principal, por lo que sólo es necesaria una fuente de radiación individual para la generación de la radiación de alta energía, en particular sólo un aparato láser y se puede mantener bajo el coste en aparatos.

También es posible que la potencia de radiación se concentre por al menos dos haces de rayos en un punto de corte, por lo que se obtiene la densidad de energía necesaria para la generación de una hendidura de separación en la plancha de vidrio. Por ello, independientemente del modo y manera en como se introducen los haces de rayos en la plancha de vidrio, se puede generar de forma dirigida la tensión térmica necesaria para la separación de la plancha de vidrio, mientras que se selecciona la potencia de los haces de rayos tan elevada que mediante la superposición se induce en el punto de corte una punta de tensión suficiente, mientras que la energía de los haces de rayos individuales, considerada por sí sola, no provoca una separación del material en la plancha de vidrio, es decir, el efecto deseado sólo se produce en el punto de corte sin que aparezca en otros puntos una formación indeseada de la hendidura de separación.

En los procedimientos mencionados anteriormente, por la acción de uno o varios haces de rayos se desencadenan tensiones térmicas elevadas en la plancha de vidrio, que sobrepasan dado el caso en adición con tensiones propias ya existentes en el vidrio o tensiones mecánicas los límites de resistencia del material de vidrio y por ello provocan la formación de la hendidura de separación. Adicionalmente se puede cambiar localmente la estructura molecular y por consiguiente la estructura de la plancha de vidrio por la elevada concentración local de energía, en particular el enlace químico del vidrio se disocia parcialmente por lo que, por un lado, pueden bajar localmente los límites de resistencia y al mismo tiempo se eleva el grado de absorción por lo que se aumenta aun más el aporte local de energía y se desencadena más fácilmente la formación de la hendidura de separación o se favorece adicionalmente.

Otro objetivo de la invención consiste en proporcionar un dispositivo que haga posible una introducción de un haz de rayos esencialmente sin reflexión y sin refracción en una plancha de vidrio.

Este objetivo se resuelve por un dispositivo con las características de la reivindicación 12 y éste es apropiado por consiguiente en particular para la realización del procedimiento según la invención.

La ventaja sorprendente respecto al estado de la técnica del dispositivo según la invención consiste en la introducción de un haz de rayos esencialmente sin reflexión y sin refracción y por ello ampliamente sin pérdidas, en particular de un rayo láser, en la plancha de vidrio a mecanizar. Esto se consigue por el acoplamiento óptico del elemento óptico con la plancha de vidrio a mecanizar con la ayuda del líquido. La combinación del elemento óptico, el líquido y la plancha de vidrio representa para el haz de rayos esencialmente un cuerpo ópticamente homogéneo, por lo que en las superficies límite entre el componente óptico y el líquido o bien entre el líquido y la plancha de vidrio se suprimen ampliamente las apariciones de reflexiones y las apariciones de refracciones.

El líquido que humedece la superficie de salida de rayos del elemento óptico, como también la plancha de vidrio, provoca además que pequeñas insuficiencias ópticas por fallos de forma en las superficies del elemento óptico o de la plancha de vidrio no surtan efecto y el haz de rayos se introduzca esencialmente sin pérdidas por fallos superficiales semejantes en la plancha de vidrio.

La distancia entre la superficie de salida de rayos del elemento óptico y de la primera superficie de la plancha de vidrio a mecanizar es ventajosamente de entre 0,05 mm y 1,0 mm, es decir, que tanto con una lámina de líquido muy fina, como también con una capa de líquido más gruesa se puede conseguir el acoplamiento óptico del elemento óptico con la plancha de vidrio. Este acoplamiento óptico con la ayuda del líquido es por consiguiente insensible respecto a oscilaciones de la distancia que se provocan, por ejemplo, desviaciones de la forma de la plancha de vidrio y/o por inexactitudes de guiado de una máquina de mecanizado que porta el dispositivo.

El elemento óptico puede presentar de forma ventajosa una superficie de reflexión para el desvío del haz de rayos, por lo que en particular un haz de rayos paralelo a la normal de incidencia se puede desviar en la superficie de reflexión y se puede introducir de forma oblicua respecto a la normal de incidencia en la plancha de vidrio.

La superficie de reflexión del elemento óptico está dispuesta oblicua en este caso respecto a la normal de incidencia de la primera superficie en un ángulo de ajuste, en particular de un rango con un límite inferior de 20° y un límite superior de 30°. Por ello un haz de rayos que incide originalmente verticalmente se desvía en un ángulo de incidencia entre 40° y 60°.

Para cambiar el ángulo de incidencia del haz de rayos, por ejemplo, para adaptarlo en el trazado de rayos al espesor del vidrio es ventajoso si se puede regular el ángulo de ajuste.

Para la obtención de una reflexión total del haz de rayos en la segunda superficie de la plancha de vidrios, la superficie de reflexión está dispuesta ventajosamente de forma que el haz de rayos presenta un ángulo de incidencia medido desde la normal de incidencia sobre la primera superficie entre 35° y 65°. Con un ángulo de incidencia semejante se obtiene una reflexión total del haz de rayos en la segunda superficie con la mayoría de materiales de vidrio usuales.

Para una adaptación sencilla del dispositivo a diferentes materiales de vidrio y/o diferentes espesores de vidrio también se puede ajustar ventajosamente el ángulo de incidencia. Esto puede conseguirse porque según se menciona arriba, puede regularse el ángulo de ajuste del elemento óptico o también puede cambiarse el ángulo del haz de rayos antes del elemento óptico.

Para aumentar la potencia de radiación utilizable para la producción de una hendidura de separación, el dispositivo puede comprender también al menos dos elementos ópticos para la introducción de al menos dos haces de rayos en la plancha de vidrio, por lo que según se ha mencionado anteriormente, la potencia de radiación de los dos haces de rayos se suman en una zona de calentamiento.

Para la obtención de una potencia de radiación especialmente elevada, una fuente de radiación propia separada puede ser asignada a cada uno de los al menos dos elementos ópticos; alternativamente con una fuente de radiación suficientemente intensa también es posible dividir un haz de rayos principal con la ayuda de un divisor de rayos en dos

haces de rayos individuales que se conducen respectivamente con un elemento óptico hasta la plancha de vidrio.

Para la obtención de una densidad de energía especialmente elevada del haz de rayos en la plancha de vidrio, entre la fuente de radiación y la superficie de salida de rayos del elemento óptico puede estar dispuesto un dispositivo de focalización que provoca un trazado convergente del haz de rayos en la plancha de vidrio. Por ello se puede posicionar un punto focal del haz de rayos en el interior de la plancha de vidrio, que debido a la elevada densidad de energía allí reinante forma el punto de partida en la producción de la hendidura de separación. Para la adaptación a diferentes espesores de vidrio y materiales de vidrio, el dispositivo de focalización puede presentar una distancia focal regulable, además, el dispositivo de focalización puede comprender un elemento de espejo cóncavo.

Para evitar los arañazos en la plancha de vidrio con un contacto imprevisto entre el elemento constructivo y la plancha de vidrio a mecanizar, por ejemplo, por una desviación imprevista de forma y dimensión de la plancha de vidrio o un movimiento erróneo del dispositivo es ventajoso si el material que forma la superficie de salida de rayos en el elemento óptico es más suave que el material de la plancha de vidrio a mecanizar. Por ello también en el caso de un contacto no deseado del elemento óptico y la plancha de vidrio se evita eficazmente la aparición de arañazos que reducen la calidad en la plancha de vidrio.

El dispositivo puede comprender, a fin de obtener una elevada potencia durante la producción de la hendidura de separación, como fuente de radiación un aparato láser seleccionado de un grupo que contiene láser de sólidos con material de soporte dotado, como por ejemplo, YAG, vidrio Al_2O_3 , corindón, zafiro, rubí o láser de gas de gases como medio activo, como por ejemplo, CO_2 , HeNe, CO, N_2 , iones de argón, HeCd, excímero, vapor metálico, halogenuro metálico.

La invención se explica más en detalle a continuación mediante los ejemplos de realización representados en los dibujos.

Muestran respectivamente en representación simplificada, esquemática:

Fig. 1 una representación del procedimiento para la producción de una hendidura de separación en una plancha de vidrio;

Fig. 2 un dispositivo para la introducción de un haz de rayos en una plancha de vidrio;

Fig. 3 una vista en planta de una superficie de una plancha de vidrio con dos haces de rayos que cooperan;

Fig. 4 la trayectoria de los rayos de los haces de rayos en otra variante de realización del procedimiento o del dispositivo;

Fig. 5 otra forma de realización del dispositivo;

Fig. 6 una representación ampliada de un punto de corte de dos haces de rayos.

Se atiende como introducción que en las formas de realización diferentemente descritas, las mismas partes se proveen con las mismas referencias o mismas referencias de componentes, pudiéndose transmitir las revelaciones contenidas en toda la descripción conforme al sentido de las mismas piezas con las mismas referencias o mismas referencias de componentes. También las indicaciones de posición seleccionadas en la descripción, como por ejemplo arriba, abajo, lateralmente, etc. se refieren a la figura inmediatamente descrita así como representada y pueden transmitirse con un cambio de la posición conforme al sentido a la nueva posición. Además, también las características individuales o combinaciones de características de los diferentes ejemplos de realización mostrados y descritos pueden representar soluciones independientes en sí, inventivas o según la invención.

Todas las indicaciones al campo de valores en la descripción concreta deben entenderse de forma que éstas comprenden cualquier y todas las zonas parciales, por ejemplo, debe entenderse la indicación 1 a 10 de forma que todas las zonas parciales están comprendidas partiendo del límite inferior 1 y el límite superior 10, es decir, todas las zonas parciales comienzan con un límite inferior de 1 o mayor y terminan con un límite superior de 10 o menos, por ejemplo, 1 a 1,7, o 3,2 a 8,1 o 5,5 a 10.

La fig. 1 muestra por secciones un dispositivo 1 para la introducción de un haz de rayos 2 en una plancha de vidrio 3. Ya que el dispositivo 1 se utiliza en el procedimiento para la fabricación de una hendidura de separación 4 en la plancha de vidrio 3 y para ello se necesitan cantidades de energía considerables, el haz de rayos 2 es una radiación de alta energía que se envía o se puede enviar de una fuente de radiación no representada. Para la obtención de una elevada densidad de energía en el haz de rayos 2, la radiación de alta energía se envía de un aparato láser no representado, por lo cual el haz de rayos 2 se puede designar en este caso también como rayo láser 5. El aparato láser puede estar formado en este caso en particular por un láser de sólidos, por ejemplo, un láser YAG o un láser de gases, como por ejemplo, un láser de CO_2 .

La plancha de vidrio 3 puede estar formada a partir de todos los materiales de vidrio concebibles, no ocupándose más en detalle en este punto del tipo de material de vidrio y sus propiedades. La plancha de vidrio 3 presenta una primera superficie 6 y una segunda superficie 7 espaciada y opuesta a ésta, correspondiéndose la distancia entre las superficies 6, 7 a un espesor de vidrio 8 en la respectiva posición observada. El espesor de vidrio 8 puede ser constante en este caso, según se representa en la fig. 1, no obstante, también puede depender de la posición correspondiente en la plancha de vidrio 3. La plancha de vidrio 3 misma puede estar formada, según se representa en la fig. 1, por una placa de vidrio 9 plana con superficies 6, 7 planas, no obstante, también puede presentar superficies 6, 7 curvadas partiendo de ella.

Para la introducción del haz de rayos 2 en la plancha de vidrio 3, el dispositivo 1 comprende un elemento óptico 9 a través del que el haz de rayos 2 se aproxima a la primera superficie 6 de la plancha de vidrio 3. El elemento óptico 9 puede estar formado en este caso por cada medio, en particular sólido, pero también medio líquido, que es apropiado para la transmisión con las menores pérdidas posibles de un haz de rayos 2 hacia la plancha de vidrio 3. Junto a la transmisión del haz de rayos 2, el elemento óptico 9 puede comprender también medios para la refracción y/o reflexión del haz de rayos 2 y por consiguiente puede estar configurado correspondientemente de muchas formas. A modo de ejemplo se cita aquí la configuración como placa plana, lente o grupo de lentes o bien como espejo y combinaciones de los elementos constructivos mencionados anteriormente.

El elemento óptico 9 presenta una superficie de salida de rayos 10 dirigida hacia la primera superficie 6, a través de la que el haz de rayos 2 puede abandonar el elemento óptico 9 en la dirección de la plancha de vidrio 3. Para que la transición del haz de rayos 2 del elemento óptico 9 a la plancha de vidrio 3 se realice completamente y con las menores pérdidas posibles, está dispuesto un líquido 13 en un espacio intermedio 11 que está originado por una distancia 12 entre la superficie de salida de rayos 10 y la primera superficie 6. Este líquido 13 está en contacto directo en este caso tanto con la superficie de salida de rayos 10 del elemento óptico 9 y la primera superficie 6 de la plancha de vidrio 3. La superficie de salida de rayos 10 y la primera superficie 6 no limitan por consiguiente respectivamente con una capa de aire situada entre el elemento óptico 9 y la plancha de vidrio 3, o capa general de gas, sino con el líquido 13. Este líquido 13 posee propiedades ópticas similares al elemento óptico 9 o a la plancha de vidrio 3 para una transmisión lo mayor posible sin reflexión o sin refracción del haz de rayos 2 en las superficies límite – de la superficie de salida de rayos 2, así como de la primera superficie 6.

En particular el líquido posee al menos aproximadamente el mismo índice de refracción que el material de la plancha de vidrio 3 y también del elemento óptico 9 en su superficie de salida de rayos 10. El líquido 13 posee por ello conforme al índice de refracción del vidrio local de la plancha de vidrio 3 o del elemento óptico 9 un índice de refracción preferentemente de un rango con un límite inferior de 1,2 y 1,9. Esto se consigue porque el líquido contiene uno o varios componentes, seleccionados de un grupo que comprende agua, glicerina, gel, medio tensoactivo. El medio tensoactivo puede garantizar en este caso la humectación segura tanto de la superficie de salida de rayos 10, como también de la primera superficie 6 con el líquido 13.

Los requerimientos del líquido 13 se corresponden – exceptuándose propiedades mecánicas – esencialmente con los requerimientos de masillas ópticas para la conexión de superficies ópticas. El líquido 13 es en cierta medida transparente como vidrio, así ópticamente claro y para todos los tipos de haces de vidrios 2, en particular todas las longitudes de onda de la radiación de alta energía utilizada adecuadamente transparente con un bajo grado de absorción. El elemento óptico 9 y la plancha de vidrio 3 se acoplan en cierta medida ópticamente mediante el líquido 13 y actúan para el haz de rayos 2 aproximadamente como un cuerpo individual ampliamente homogéneo ópticamente. Mediante esta transmisión esencialmente sin reflexión y sin refracción del haz de rayos 2 se evitan ampliamente las pérdidas por reflexión en las superficies límite respecto a una introducción del haz de rayos 2 y la potencia de radiación disponible en la superficie de salida de rayos 10 se introduce posteriormente casi completamente en la pieza a mecanizar, en este caso la plancha de vidrio 3.

Para la producción de una hendidura de separación 4 en la plancha de vidrio 3 se utiliza el efecto físico de que un medio puede absorber una parte de una radiación que le penetra y la energía absorbida se convierte en otra forma de energía, en particular energía térmica. Para la producción de una hendidura de separación 4 en la plancha de vidrio 3 se aplica para ello el trazado del haz de rayos 2 en la plancha de vidrio 3, de forma que mediante un calentamiento local del plancha de vidrio 3 y los gradientes de temperatura correspondientes aparece un estado de tensiones con gradientes de tensión, que sobrepasa localmente los límites de resistencia de la plancha de vidrio 3 y se configurada por ello la hendidura de separación 4. Según se representa en la fig. 1, esta hendidura de separación 4 puede originarse, por ejemplo, de forma que el haz de rayos 2, después de atravesar una vez la plancha de vidrio 3, se refleja por un punto de reflexión 14 en la segunda superficie 7 de la plancha de vidrio 3 y por la proximidad espacial del haz de rayos 2 que llega y parte en el punto de reflexión 14 aparece una punta de temperatura local que provoca un campo de tensiones de valor correspondiente, necesario para la creación de una hendidura de separación 4. El haz de rayos 2 puede introducirse en este caso con cualquier ángulo a través de la primera superficie 6 en la plancha de vidrio 3, con el que todavía no se produce una reflexión total en la primera superficie 6, es decir, en ángulo recto sobre la primera superficie 6 o inclinadamente. En la fig. 1 el haz de rayos 2 no incide en ángulo recto sobre la primera superficie 6 de la

plancha de vidrio 3 en ésta, sino discurriendo inclinadamente respecto a la normal de incidencia 16 perpendicular a la primera superficie 6 con un ángulo de incidencia 17, por lo que en la zona del punto de reflexión 14 el haz de rayos que llega y el reflejado no coinciden sino que presentan direcciones diferentes.

En la fig. 2 está representada esquemáticamente otra forma de realización posible del dispositivo 1 para la introducción de un haz de rayos 2 en una plancha de vidrio 3. El haz de rayos 2 irradiado por una fuente de radiación no representada, en particular un aparato láser, que viene desde arriba en la fig. 2, consigue gracias a un dispositivo de focalización 18 que comprende, por ejemplo, dos lentes convergentes 19, un trazado en haz convergente, es decir, la sección transversal del haz de rayos 2 disminuye en su trazado a continuación del dispositivo de focalización 18. La trayectoria de los rayos del haz de rayos 2 discurre a continuación a través de una superficie de entrada de rayos 20 en el elemento óptico 9, que está formado en esta realización por un prisma 21. Este prisma 21 posee una superficie de reflexión 22 mediante la que se desvía el haz de rayos 2, que discurre originalmente en paralelo a la normal de incidencia 16 en el ángulo de incidencia 17 y en el punto de entrada 15 entra inclinadamente sobre la primera superficie 6 de la plancha de vidrio 3 en ésta.

El prisma 21 y la primera superficie 6 están acoplados ópticamente de nuevo con la ayuda del líquido 13, por lo que el haz de rayos 2 mantiene esencialmente su dirección en la transición del prisma 21 a la plancha de vidrio 3 y se realiza la transición esencialmente sin reflexión y sin refracción.

El comportamiento subsiguiente del haz de rayos 2 dentro de la plancha de vidrio 3 depende en este caso del ángulo de incidencia 17 y de la reflexión del haz de rayos 2 en el punto de reflexión 14 en la segunda superficie de la plancha de vidrio 3. Si el ángulo de incidencia 17 es así mayor que un ángulo límite de la reflexión total en la segunda superficie de la plancha de vidrio 3, en el punto de reflexión 14 se produce una reflexión total, es decir, el haz de rayos 2 se refleja completamente en la segunda superficie 7 y se desvía de nuevo de vuelta en el interior de la plancha de vidrio 3. En el caso de superficies 6 y 7 paralelas de la plancha de vidrio 3 se refleja respectivamente completamente el haz de rayos 2 a continuación de las superficies 6 y 7 opuestas, hasta que choca contra un obstáculo, por ejemplo, un borde de la plancha de vidrio 3. La energía de radiación transportada por el haz de rayos 2 se reduce sucesivamente en este caso por absorción dentro de la plancha de vidrio 3, por lo que sólo en la proximidad del punto de entrada 15 están presentes suficientes intensidades de energía para la formación de una hendidura de separación 4.

Si el ángulo de incidencia 17 es menor que el ángulo límite de la reflexión total, no se refleja completamente el haz de rayos 2 introducido en la plancha de vidrio 3 en la primera y segunda superficie y una parte consabida del haz de rayos 2 y por consiguiente también de la energía de radiación abandona la plancha de vidrio 3, según se representa a trazos en la fig. 1, en el punto de reflexión 14, así como en otros puntos de reflexión subsiguientes.

La configuración convergente del haz de rayos 2 representada en la fig. 2 a continuación del dispositivo de focalización 18 puede utilizarse para influir sobre la posición en la que se produce la hendidura de separación 4 en la plancha de vidrio 3. Mediante la convergencia del haz de rayos 2 en la realización según la fig. 2 hay inevitablemente después del dispositivo de focalización 18 un punto focal 23, en el que el haz de rayos 2 presenta una sección transversal mínima y por consiguiente la densidad de energía más elevada. En la realización según la fig. 2 el punto focal 23 está ajustado para el dispositivo de focalización 18, de forma que después del primer punto de reflexión 14 se sitúa en la segunda superficie 7 exactamente en o justo por debajo de la primera superficie 6. Mediante la fuerte concentración de energía en el punto focal 23, en esta forma de realización se determina la formación de la hendidura de separación 4 por la posición del punto focal 23. Mediante la posición del punto focal 23 en la capa límite reflectante en la primera superficie 6, el trazado del haz de rayos 2 es al menos aproximadamente simétrico respecto al punto focal 23, por lo que se ajusta un estado de tensiones favorable para la configuración de la hendidura de separación 4, aproximadamente simétrico respecto al punto focal 23.

La posición del punto focal 23 se influye esencialmente por la distancia focal del dispositivo de focalización 18, el ángulo de ajuste 17 al entrar el haz de rayos 2 en la plancha de vidrio 3, así como un espesor 24 de la plancha de vidrio 3 en la zona del punto de entrada 15. Con un espesor 24 predeterminado de la plancha de vidrio 3 puede ajustarse por consiguiente la posición del punto focal 23 mediante cambio del ángulo de ajuste 17 y cambio de la distancia focal del dispositivo de focalización 18. El ángulo de incidencia 17 depende en este caso de un ángulo de ajuste 25, el que adopta la superficie de reflexión 22 del prisma plana en este ejemplo de realización medido por la normal de incidencia 16. Un cambio del ángulo de ajuste 25 provoca en este caso un cambio del ángulo de incidencia 17 en doble medida. Ya que el espacio intermedio 11 entre la superficie de salida de rayos 10 y la primera superficie 6 está relleno del líquido 13, el ángulo de ajuste 25 se puede regular por ligero giro del prisma alrededor de un eje en ángulo recto a la superficie del dibujo y por consiguiente también el ángulo de incidencia 17 del haz de rayos dentro de límites consabidos, por lo que el punto focal 23 se puede posicionar también con diferentes espesores 24 de diferentes planchas de vidrio 3 respectivamente justo por debajo de la primera superficie 6 de la plancha de vidrio 3.

En la forma de realización según la fig. 2, en la segunda superficie 7 se produce una reflexión total del haz de rayos 2, lo que se provoca porque el ángulo de incidencia 17 es mayor que el ángulo límite de la reflexión total que se calcula a partir del comportamiento de los índices de refracción en la superficie límite formada por la segunda superficie 7. Si

- para la plancha de vidrio 3 se adopta simplificada un índice de refracción de 1,5 y además se adopta de forma que la segunda superficie 7 limita con una lámina de aire que presenta un índice de reflexión de aproximadamente 1,0, se produce un ángulo límite de la reflexión total de aproximadamente 42° . En el ejemplo de realización representado, el ángulo de incidencia 17 asciende aproximadamente a 52° y es por consiguiente mayor que el ángulo límite de la reflexión total con $41,8^\circ$. Esta diferencia de aproximadamente 10° grados de ángulo también asegura una reflexión total en la segunda superficie 7, si el haz de rayos 2 se debería curvar en la transición del prisma 21 al entrar en el líquido 13 debido a diferentes índices de refracción entre el prisma 21 y el líquido 13 y/o entre líquido 13 y plancha de vidrio 3 en la dirección respecto a la normal de incidencia 16. En este caso el ángulo de incidencia 17 se situaría entonces en la segunda superficie 7 sin embargo todavía sobre el ángulo límite de la reflexión total.
- 5 La fig. 3 muestra una representación simplificada esquemática de las trayectorias de rayos de un primer haz de rayos 2 y un segundo haz de rayos 2' en otra forma de realización del dispositivo 1, cortado a lo largo de la línea III-III en la fig. 2. En esta forma de realización del dispositivo 1 se introducen al mismo tiempo dos haces de rayos 2, 2' en la plancha de vidrio 3, por lo que se puede obtener en el guiado de rayos apropiado una potencia de energía más elevada para la formación de la hendidura de separación 4 y por ello se puede aumentar la velocidad de tratamiento. En esta forma de realización los haces de rayos 2, 2' se introducen en dos puntos de entrada 15, 15' distanciado uno de otro en diferentes direcciones en la plancha de vidrio 3. En los puntos de entrada 15, 15' están acoplados ópticamente los elementos ópticos 9, 9' o primas 21, 21' con sus superficies de salida de rayos 10, 10' a través de un líquido 13, 13' con la primera superficie 6, por lo que los haces de rayos 2, 2' se introducen esencialmente sin refracción y sin reflexión en la plancha de vidrio 3.
- 10 Los haces de rayos 2, 2' pueden estar configurados en este caso de forma convergente, como en la forma de realización según la fig. 2, y la posición de los puntos de entrada 15, 15' sobre la primera superficie 6 se ajusta en este caso de forma que los haces de rayos 2, 2' chocan, después de una primera reflexión en un respectivo punto de reflexión 14, 14' en la segunda superficie 7, en un punto de corte 26 común, por lo que se puede obtener otro aumento de la concentración de energía y por consiguiente una configuración simplificada de una hendidura de separación 4.
- 15 Para conseguir un punto de corte 26 pronunciado y bien definido, un ángulo 27 entre dos planos de trazado 28, 28' de los dos haces de rayos 2, 2' asciende aproximadamente a 90° . Los planos de trazado 28, 28' están en este caso en la fig. 3 en ángulo recto respecto al plano del dibujo. En el caso de haces de rayos 2, 2' convergentes es posible además poner los puntos focales 23, 23' de los haces de rayos 2, 2' por el ajuste de la distancia focal igualmente en el punto de corte 26, lo que provoca otra concentración de la energía en el punto de corte 26.
- 20 La fig. 4 muestra otra posibilidad de obtener un ángulo 27 entre planos de trazado 28, 28' de dos haces de rayos 2, 2' que se cortan en un punto de corte 26. Esto se produce en el ejemplo de realización representado porque los dos haces de rayos 2, 2' se introducen con diferentes ángulos de incidencia 17, 17' respecto a la normal de incidencia 16 en la plancha de vidrio 3. Esto puede provocarse, por ejemplo, porque las superficies de reflexión 22, 22' de dos primas 21, 21' presentan un ángulo de ajuste 25, 25' diferente. Además, es posible provocar por diferentes elementos ópticos 9, 9' igualmente diferentes ángulos de incidencia 17, 17'.
- 25 Adicionalmente a la concentración de energía mayor por adición de las potencias individuales de los dos haces de rayos 2, 2' en el punto de corte 26 se puede impedir también por trazados de rayos divergentes unos de otros de los dos haces de rayos 2, 2' que un haz de rayos 2 ó 2' penetre en el segundo o respectivo otro componente óptico 9, 21 ó 9', 21' y allí pueda ocasionar daños.
- 30 Naturalmente también es posible formar un punto de corte 26 de dos haces de rayos en el que se combine la disposición según la fig. 3 con una disposición según la fig. 4, es decir, que tanto, considerado en la dirección de la normal de incidencia 16, se utilizan diferentes direcciones de los haces de rayos 2, 2', como también, como en la fig. 4, diferentes ángulos de incidencia 17, 17' de los dos haces de rayos 2, 2'.
- 35 En la fig. 5 está representada otra forma de realización de un dispositivo 1 para la introducción de un haz de rayos 2 en una plancha de vidrio 3. En este caso un haz de rayos principal 29 se divide en el dispositivo 1 en dos haces de rayos 2, 2' separados que se pueden designar en este caso también como haces de rayos parciales 30, 30'. Para ello en la trayectoria de los rayos del haz de rayos principal 29 se dispone un separador de rayos 31 que descompone el haz de rayos principal 29 en al menos dos haces de rayos parciales 30, 30'. La división del haz de rayos principal 29 por el separador de rayos 31 puede realizarse en este caso físicamente, geoméricamente o periódicamente. Una división de rayos física se puede provocar por superficies activas ópticamente con un comportamiento apropiado de grado de transmisión y grado de reflexión. Una división de rayos geométrica se consigue por ello dividiéndose una sección transversal de rayos mayor de un haz de rayos principal 29 en dos o más secciones transversales de haces más pequeñas de haces de rayos parciales 30, 30'. Una división de rayos periódica se puede realizar generándose de una flujo de luz permanente de un haz de rayos principal 29 dos flujos de luz alternos con semiperiodos decalados temporalmente, por ejemplo, mediante un filtro por sectores con azogue, dispuesto a 45° respecto a la dirección del haz que deja pasar o desvía alternativamente el flujo de luz, o mediante una filtro de espejo oscilante.
- 40
- 45
- 50
- 55

Los dos haces de rayos parciales 30, 30' se introducen en la plancha de vidrio 3, de forma que éstos chocan de nuevo en un punto de corte 26 común, por lo que se produce la formación de la hendidura de separación 4 en esta posición.

5 Según puede deducirse además de la fig. 5, los dos haces de rayos parciales 30, 30' se pueden se dirigen en un trazado convergente respectivamente con un dispositivo de focalización 18, 18', estando ajustados los puntos focales 23, 23' de los dos haces de rayos parciales 30, 30' de forma que éstos coinciden en particular con el punto de corte 26 al menos aproximadamente exactamente en la primera superficie 6. Los dispositivos de focalización 18, 18' no están hechos de un sistema de lentes en esta realización, sino de elementos de espejos cóncavos 32, 32' con superficies de reflexión 33, 33' cóncavas.

10 El dispositivo 1 para la introducción del o de los haces de rayos 2 puede estar configurado en particular en forma de una cabeza de láser, que durante la producción de la hendidura de separación 4 mediante un órgano de movimiento no representado se mueve en la primera superficie 6 de la plancha de vidrio 3 a lo largo de la hendidura de separación 4 a producir. El dispositivo 1 o la cabeza de láser pueden comprender en este caso en particular también medios que garanticen que el espacio intermedio 11 entre la o las superficies de salida de rayos y la primera superficie 6 de la plancha de vidrio esté relleno de forma segura con líquido 13 durante el procedimiento.

15 La fig. 6 muestra un sector ampliado de la zona VI en la fig. 5, en el que chocan dos haces de rayos 2, 2' en un punto de corte 26 común, y en este punto de corte 26 caen respectivamente también los puntos focales 23, 23' de ambos haces de rayos 2, 2'. La distancia del punto de corte 26 de la primera superficie 6 de la plancha de vidrio 3 es en este caso lo más pequeña posible y llega a cero con el ajuste óptimo de los haces de rayos 2, 2'.

20 La combinación según la invención de dos o más haces de rayos para lograr la densidad local de energía puede producirse también, independientemente del dispositivo descrito para la introducción de los haces de rayos 2, 2' en la plancha de vidrio 3, por otros dispositivos, siempre y cuando dos haces de rayos 2, 2' choquen, como en las figuras 3, 4, 5 ó 6, en la zona de la primera superficie 6 después de una reflexión en la segunda superficie 7 en un punto de corte 27 y se adicione por ello las energías de radiación en el punto de corte 27.

25 Junto al desencadenamiento de elevadas tensiones térmicas locales por el o los haces de rayos se puede cambiar localmente la estructura molecular de la plancha de vidrio por la elevada concentración local de energía, en particular se puede descomponer o cambiar parcialmente el enlace químico del vidrio por lo que, por un lado, pueden bajar localmente los límites de resistencia y al mismo tiempo se aumenta el grado de absorción, por lo que el aporte local de energía se aumenta posteriormente y se desencadena o favorece adicionalmente más fácilmente la formación de la hendidura de separación.

30 Los ejemplos de realización muestran variantes de realización posibles del dispositivo 1 para la introducción de un haz de rayos 2 en una plancha de vidrio 3, advirtiéndose en este punto que la invención no se limita a las mismas variantes de realización representadas especialmente, sino que mejor dicho también son posibles diversas combinaciones de las variantes de realización individuales entre sí y esta posibilidad de variación, debido a la enseñanza para el mercado técnico a través de la invención concreta, se sitúa en la capacidad del especialista que se dedica a este sector técnico.
35 Así están comprendidas en el entorno de protección también todas las variantes de realización concebibles que son posibles por combinaciones de detalles individuales de las variantes de realización representadas y descritas.

Por el orden se indica finalmente que para la mejor comprensión de la estructura del dispositivo 1, este o sus componentes se han representado aumentados y/o disminuidos y/o parcialmente no a escala.

El objetivo que sirve de base a las soluciones independientes, inventivas puede deducirse de la descripción.

40 **Lista de referencias**

- 1 Dispositivo
- 2 Haz de rayos 2, 2'
- 3 Plancha de vidrio
- 4 Hendidura de separación
- 45 5 Rayo láser
- 6 Superficie
- 7 Superficie
- 8 Espesor del vidrio

	9	Elemento óptico
	10	Superficie de salida de rayos
	11	Espacio intermedio
	12	Distancia
5	13	Líquido
	14	Punto de reflexión 14, 14'
	15	Punto de entrada 15, 15'
	16	Normal de incidencia
	17	Ángulo de incidencia 17, 17'
10	18	Dispositivo de focalización 18, 18'
	19	Lente convergente
	20	Superficie de entrada de rayos
	21	Prisma
	22	Superficie de reflexión
15	23	Punto focal
	24	Espesor
	25	Ángulo de ajuste
	26	Punto de corte
	27	Ángulo
20	28	Plano de trazado 28, 28'
	29	Haz de rayos principal
	30	Haz de rayos parcial 30, 30'
	31	Separador de rayos
	32	Elemento de espejo cóncavo
25	33	Superficie de reflexión

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para la producción de una hendidura de separación (4) en una plancha de vidrio (3) con un haz de rayos (2) de una radiación de alta energía de una fuente de radiación, en particular radiación láser, en el que el haz de rayos (2), cuando pasa una o varias veces de una primera superficie (6) de la plancha de vidrio (3) a una segunda superficie (7) opuesta y distanciada de ésta de la plancha de vidrio (3), la calienta localmente y las tensiones térmicas que aparecen por ello abren la hendidura de separación (4) en la plancha de vidrio (3), en el que el haz de rayos (2) se introduce en la primera superficie (6) esencialmente sin reflexión y sin refracción, **caracterizado porque** el haz de rayos (2) se hace pasar por un elemento óptico (9), en particular un prisma (21), hasta una superficie de salida de rayos (10) de la misma y a continuación se introduce esencialmente sin refracción y sin reflexión en un líquido (13) en contacto directamente con la superficie de salida de rayos (10) y de éste en la primera superficie (6) de la plancha de vidrio (3) en contacto directamente con el líquido (13) en la plancha de vidrio (3).
- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el líquido (13) presenta al menos aproximadamente el mismo índice de refracción que el material de la plancha de vidrio (3).
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** el líquido (13) contiene uno o varios componentes seleccionados de un grupo que comprende agua, glicerina, gel y agente tensoactivo.
- 4.- Procedimiento según la reivindicación 2 ó 3, **caracterizado porque** el índice de refracción del líquido (13) se selecciona preferentemente de un rango con un límite inferior de 1,2 y 1,9.
- 5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el haz de rayos (2) se introduce en la plancha de vidrio (3) a través de la primera superficie (6) con un ángulo de incidencia (17) oblicuo, referido a una normal de incidencia (16) en un punto de entrada (15) del haz de rayos (2).
- 6.- Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** el ángulo de incidencia (17) del haz de rayos (2) en la primera superficie (6) se selecciona de forma que en la segunda superficie (7) de la plancha de vidrio (3) se produce una reflexión total del haz de rayos (2).
- 7.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el haz de rayos (2) se dirige en un trazado convergente por un dispositivo de focalización (18) en o delante del componente óptico (9) y durante la entrada en la plancha de vidrio (3) discurre enfocado convergentemente.
- 8.- Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado porque** un punto focal (23) del haz de rayos (2) convergente se posiciona al menos aproximadamente en la primera superficie (6) o la segunda superficie (7) de la plancha de vidrio (3).
- 9.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** la formación de la hendidura de separación (4) se realiza con al menos dos haces de rayos (2, 2').
- 10.- Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado porque** los al menos dos haces de rayos (2, 2') cooperan al menos aproximadamente en un punto de corte (26) común en el interior de la plancha de vidrio (3), preferentemente en la zona de la primera superficie (6) o de la segunda superficie (7).
- 11.- Procedimiento según la reivindicación 9 ó 10, **caracterizado porque** los al menos dos haces de rayos (2, 2') se forman por una división de un haz de rayos principal (29).
- 12.- Dispositivo (1) para la introducción de un haz de rayos (2) de una radiación de alta energía de una fuente de radiación, en particular una radiación láser, en una plancha de vidrio (3), que comprende al menos un elemento óptico (9), en particular un prisma (21), con una superficie de salida de rayos (10) que presenta una distancia (12) respecto a una primera superficie (6) de la plancha de vidrio (3), **caracterizado porque** en la superficie de salida de rayos (10) está dispuesto un líquido (13) en contacto directamente con ésta, que al mismo tiempo está en contacto directo con la primera superficie (6) de la plancha de vidrio (3).
- 13.- Dispositivo (1) según la reivindicación 12, **caracterizado porque** al menos dos elementos ópticos (9) están presentes para la introducción de al menos dos haces de rayos (2, 2') en la plancha de vidrio (3).
- 14.- Dispositivo (1) según la reivindicación 12 ó 13, **caracterizado porque** entre la fuente de radiación y la superficie de salida de rayos (10) del elemento óptico (9) está dispuesto un dispositivo de focalización (18).
- 15.- Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado porque** el material que forma la superficie de salida de rayos (10) en el elemento óptico (9) es más blando que el material de la plancha de vidrio (3).

Fig.1

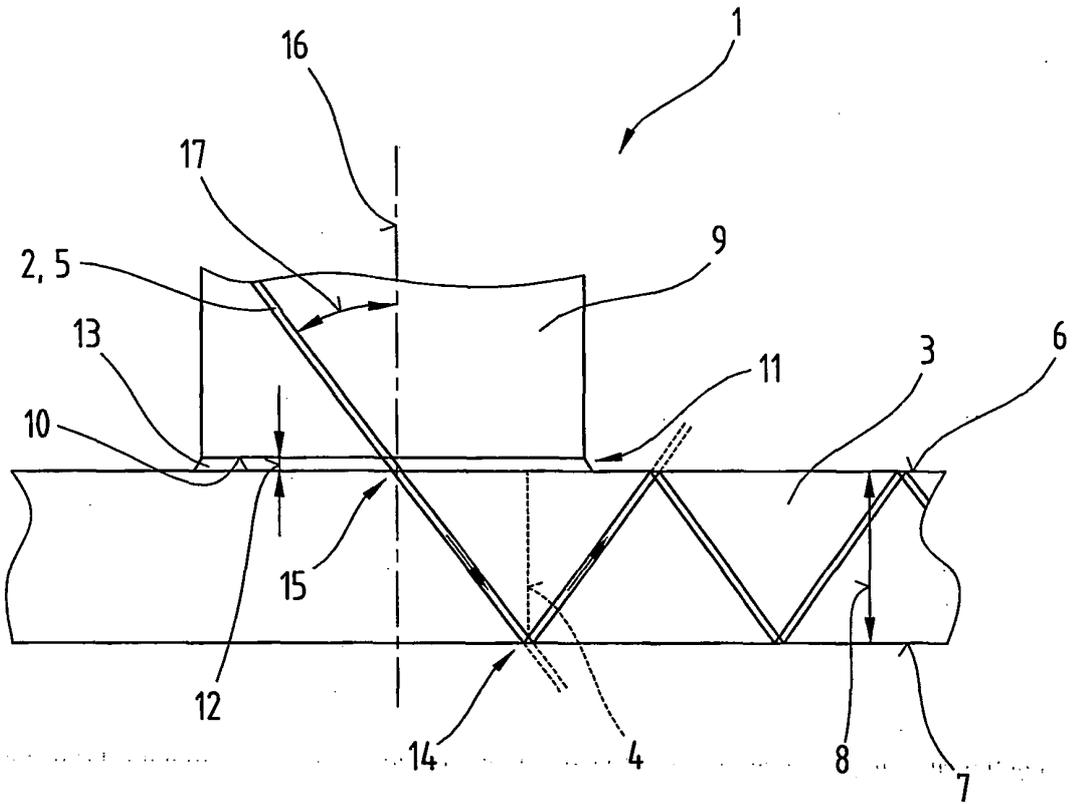


Fig.2

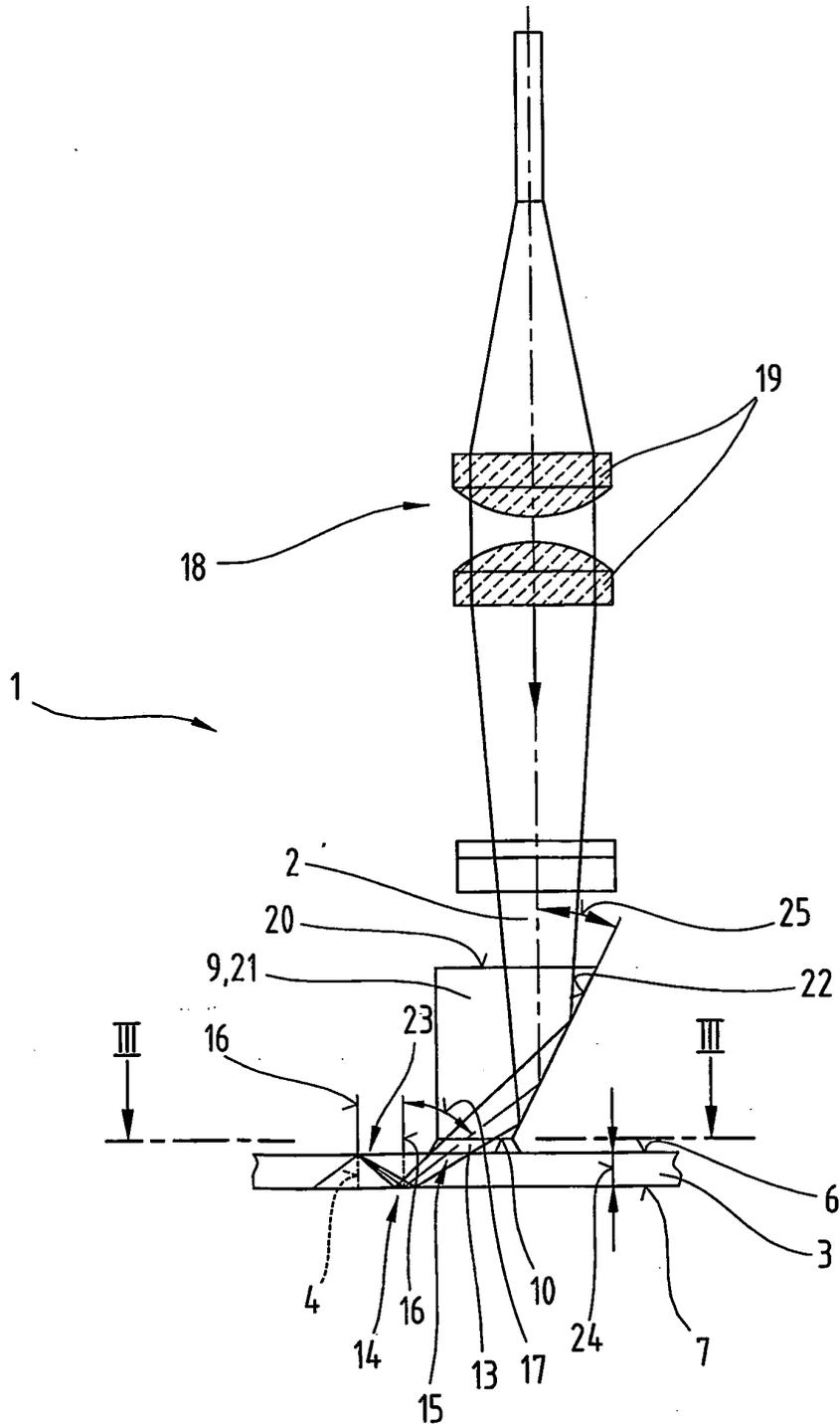


Fig.3

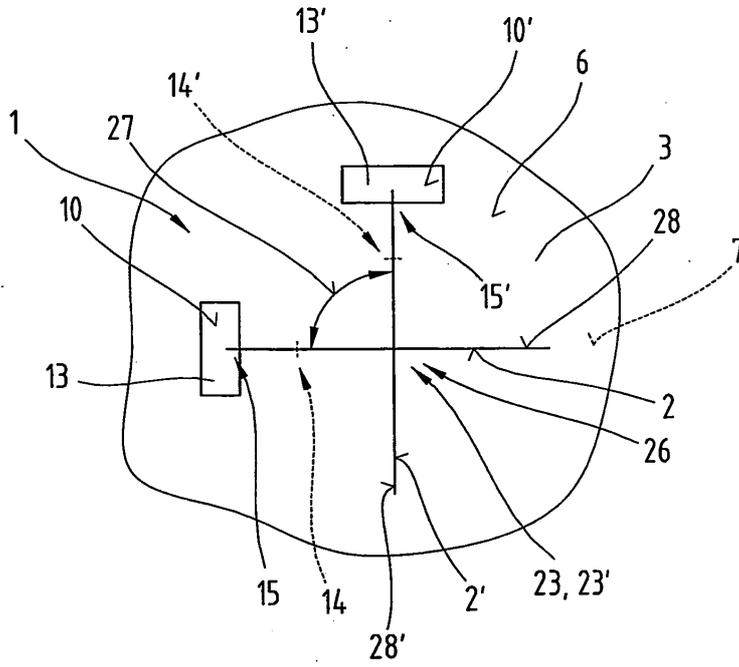


Fig.4

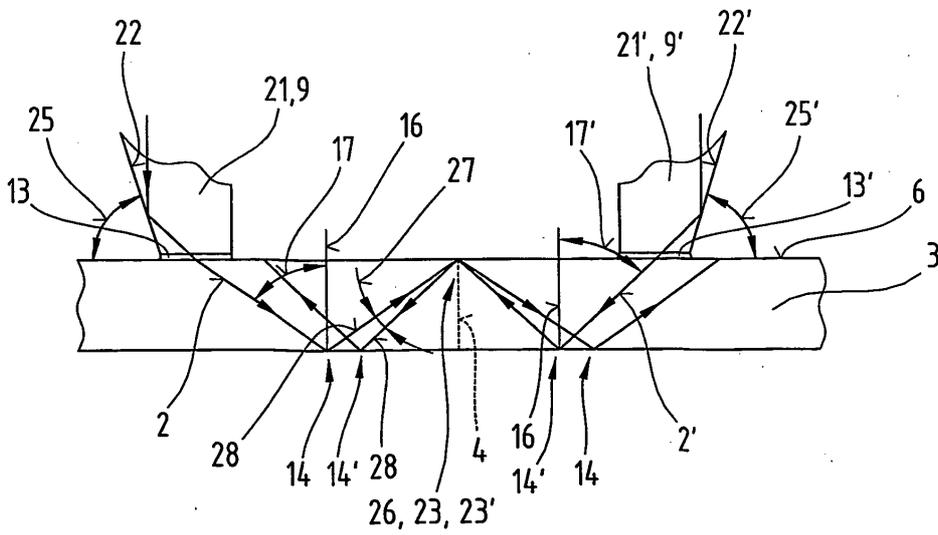


Fig.5

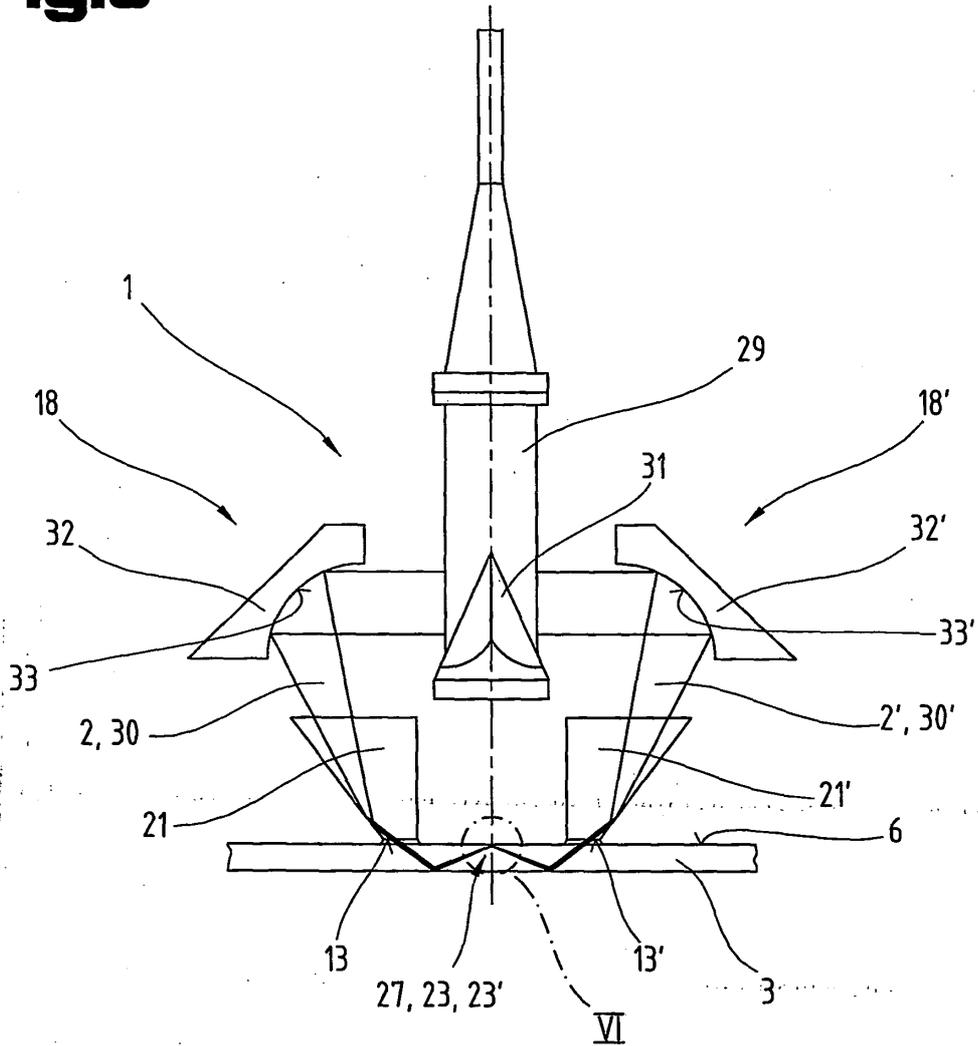


Fig.6

