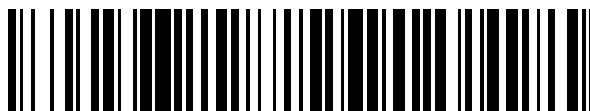


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 705 161**

51 Int. Cl.:

**G02B 15/02** (2006.01)

**G02B 17/06** (2006.01)

**G02B 27/30** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2016** **E 17177687 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.10.2018** **EP 3252515**

54 Título: **Conformador de rayos reflexivo**

30 Prioridad:

**14.04.2015 DE 102015105673**

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

**22.03.2019**

73 Titular/es:

**ASPHERICON GMBH (100.0%)**  
**Stockholmer Strasse 9**  
**07747 Jena, DE**

72 Inventor/es:

**MORITZ, JENS;**  
**KIONTKE, SVEN y**  
**FUCHS, ULRIKE**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 705 161 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

Conformador de rayos reflexivo

## 5 Campo de la invención

La invención se refiere a un conformador de rayos reflexivo para la modificación del diámetro de un rayo de luz colimado. Un conformador de rayos semejante comprende dispuestos uno tras otro en una trayectoria de rayo al menos una primera superficie de espejo de un primer tipo de curvatura, al menos una segunda superficie de espejo  
10 y al menos una tercera superficie de espejo de un segundo tipo de curvatura. A este respecto, las formas de las superficies de espejo están adaptadas entre sí, de modo que un rayo de luz colimado que entra en el conformador de rayos a través de una primera o tercera superficie de espejo abandona el conformador de rayos como rayo de luz colimado a través de una tercera o primera superficie de espejo.

## 15 Estado de la técnica

Los rayos láser, que se usan en muchos campos técnicos y no técnicos distintos, en general todavía no tienen la forma necesaria para una aplicación específica y el diámetro necesario después de la salida de la fuente, por ello se deben adaptar en forma y tamaño. Esto se realiza mediante conformadores de rayos. En el estado de la técnica se  
20 conocen para ello distintas soluciones en base refractiva y reflexiva. Los sistemas reflexivos tienen la ventaja respecto a los conformadores de rayos refractivos de que ya están acromatizados intrínsecamente y no es necesaria ninguna adaptación respecto a las longitudes de onda para la corrección de aberraciones. Los conformadores de rayos para láseres de alta potencia se pueden realizar además sólo con espejos, dado que las lentes se pueden destruir en el caso de entradas de potencia de por ejemplo 40 kW y más. En el caso potencias más bajas, por  
25 ejemplo, las impurezas o inclusiones de aire en el vidrio pueden conducir a que la luz láser se absorba localmente, lo que en el caso más grave puede conducir al estallido de la lente. Sin embargo, en los sistemas reflexivos se necesitan varios espejos, siempre y cuando la estructura se debe realizar *on-axis*, para los espejos adicionales se deben prever en general sujeciones individuales.

Un conformador de rayos reflexivo se describe, por ejemplo, en el documento US 4,205,902. Los sistemas allí  
30 descritos se basan en la estructura de un telescopio de escudo negro, en el que un rayo incidente se reproduce en un plano de imagen a través de un espejo convexo y uno cóncavo, que están dispuestos de forma concéntrica. Debido a su construcción la estructura está corregida hasta el tercer orden para aberración esférica, como y astigmatismo. El sistema descrito en el documento US 4,205,902 se compone de la combinación de dos telescopios  
35 de escudo negro, en donde el segundo está construido de forma invertida, aquí un rayo paralelo incidente da en primer lugar sobre una superficie cóncava, de la que se reproduce sobre una superficie convexa, de modo que detrás del espejo convexo se origina una imagen virtual. Todos los espejos están conformados esféricamente. Para el aumento de rayo se conduce un rayo incidente en primer lugar del espejo convexo de un telescopio de escudo negro construido hacia delante hacia un espejo cóncavo de este telescopio y se reproduce en un punto. En la  
40 trayectoria de rayo entre el espejo cóncavo y el punto de imagen está dispuesto el espejo convexo de un telescopio de escudo negro construido hacia atrás, que conduce el rayo hacia un espejo cóncavo, que de nuevo genera un rayo de salida paralelo con diámetro aumentado respecto al rayo de entrada. Los espejos están construidos por ello todos *off-axis*, el rayo incidente y el rayo saliente discurren en paralelo y decalados entre sí, en donde la dirección vectorial para ambos rayos es la misma. En conjunto se usan así cuatro espejos en este sistema, cada vez dos de  
45 ello están dispuestos de forma concéntrica, es decir, tienen un centro de curvatura común, no obstante, la disposición se realiza respectivamente *off-axis*.

Un sistema sencillo para el ensanchamiento de rayo o estrechamiento de rayo se describe en la publicación japonesa para información de solicitud de patente JP 04301613 A. El sistema se compone de dos espejos  
50 conformados parabólicamente, uno convexo y uno cóncavo. Para ensanchar un rayo, se conduce por ejemplo un rayo incidente de diámetro bajo sobre la superficie convexa del un espejo y desde éste se conduce al centro en ángulo recto sobre la superficie del espejo parabólico cóncavo. Allí la luz de nuevo abandona el espejo como rayo ensanchado con un diámetro aumentado respecto al rayo incidente y circula en la misma dirección que el rayo incidente, no obstante, de forma decalada respecto a éste.

55 En el documento EP 0 649 042 B1 se describe un sistema en el que el diámetro de rayo se modifica y el rayo circula *on-axis*, en donde además la relación de los diámetros de rayo incidente respecto a saliente se puede variar. Para el aumento de rayo se desvía un rayo que llega sobre un espejo convexo parabólico y se conduce hacia un espejo parabólico cóncavo, según se ha expuesto ya en relación con el documento JP 04301613 A. Las superficies de  
60 ambos espejos están dispuestas de forma confocal, es decir, el foco del espejo cóncavo coincide con el foco del

espejo convexo. Ambas superficies parabólicas están configuradas en un bloque metálico monolítico. Dado que en el caso de las superficies de espejo se trata de superficies parabólicas se puede modificar la relación de los diámetros del rayo incidente respecto al saliente, en el que se varía la zona en la que da el rayo incidente sobre la superficie parabólica. De esta manera se pueden tomar distintas curvaturas. Para ello se usa un sistema de dos espejos planos, un primer espejo plano conduce el rayo incidente sobre la superficie convexa, desde allí la luz se conduce hacia el espejo cóncavo y luego sobre un segundo espejo plano, que lleva adelante *on-axis* el haz que parte de rayos paralelos con diámetro aumentado respecto al haz de rayos de entrada. Mediante el desplazamiento de los dos espejos planos uno respecto a otros se pueden alcanzar diferentes zonas de las superficies de espejo parabólicas, de modo que se pueden ajustar diferentes aumentos. A este respecto es desventajoso que los recorridos de los dos espejos deben estar adaptados entre sí, lo que va acompañado de un control costoso.

### Descripción de la invención

Por ello el objetivo de la invención es desarrollar un sistema lo más robusto posible, operable con poco coste con los menos espejos posibles, con el que se puedan ajustar así y todo varias relaciones de diámetro y que opcionalmente también se pueda acoplar de forma modular sin mayor coste técnico en la trayectoria de rayo de sistemas existentes.

Este objetivo se consigue en un conformador de rayos reflexivo del tipo descrito al inicio porque la al menos una segunda superficie de espejo está configurada como superficie de espejo plano con un eje de espejo plano perpendicularmente al plano de espejo y el conformador de rayos comprende varias terceras superficies de espejo curvadas de un segundo tipo de curvatura, que se diferencian en sus curvaturas. El uno de los dos tipos de curvatura es convexo y el otro es cóncavo. El conformador de rayos comprende además medios de selección para la selección de una de las varias terceras superficies de espejo curvadas mediante selección de una posición para una superficie de espejo plano en la trayectoria de rayo a lo largo del eje de espejo plano para el ajuste variable de la relación de los diámetros del rayo de luz entrante respecto al saliente. Además, la segunda superficie de espejo está dispuesta en la trayectoria de rayo entre la primera superficie y una superficie seleccionada de las varias terceras superficies de espejo, de modo que la primera y la tercera superficie seleccionada están posicionadas de forma confocal entre sí con la mediación de la segunda superficie de espejo.

Al contrario del estado de la técnica, en particular el documento EP 0 659 042 B1, aquí está dispuesta una superficie de espejo plano entre la superficie seleccionada de las varias terceras superficies de espejo y la primera superficie de espejo. Esta segunda superficie de espejo, la superficie de espejo plano, está acoplada con los medios de selección o una parte de los medios de selección. Por consiguiente para la variación de una modificación semejante del diámetro de rayo sólo se debe adaptar la posición de una superficie de espejo individual.

Los medios de selección para la selección de una de las varias terceras superficies de espejo curvadas pueden estar configurados a este respecto de distinta manera. Por un lado es posible prever exactamente una superficie de espejo plano, es decir, una segunda superficie de espejo, y aplicar ésta sobre un soporte de espejo plano que porta así la superficie de espejo plano. El soporte de espejo plano se puede desplazar entonces a lo largo del eje de espejo plano y/o se puede inclinar respecto a éste, de modo que se puede cambiar entre las varias terceras superficies de espejo, es decir, respectivamente mediante desplazamiento y/o inclinación se selecciona otra tercera superficie de espejo.

En una configuración alternativa, los medios de selección comprenden varios soportes de espejo plano incorporables alternativamente en la trayectoria de rayo a lo largo del eje de espejo plano en posiciones predeterminadas, que portan respectivamente una superficie de espejo plano. Según la selección se acopla así uno de los soportes de espejo plano en la trayectoria de rayo. Frente a la primera alternativa mencionada, esto tiene la ventaja de que no se necesita un desplazamiento, por lo que se eleva la exactitud del posicionamiento de las superficies de espejo plano, además se puede elevar la velocidad de cambio.

En una tercera alternativa, la invención prevé varios portadores de espejo plano similares, que se pueden acoplar alternativamente en la trayectoria de rayo a través de medios de acoplamiento, en donde un portador de espejo plano sujeta al menos un espejo plano con una superficie de espejo plano y con cada espejo plano se puede seleccionar otra tercera superficie de espejo. En este caso se trata de una variante muy robusta, que se puede preferir por ejemplo cuando el aumento no se debe cambiar con demasiada frecuencia. Si el rayo incidente y saliente circulan en paralelo, no obstante, de forma opuesta, entonces un portador de espejo semejante puede estar construido por ejemplo de forma simétrica, es decir, estar configurado con dos espejos planos y medios de acoplamiento dobles, de modo que con un portador de espejo plano se pueden ajustar según el acoplamiento dos relaciones de diámetro diferentes. Una ventaja en la variante con el portador de espejo plano es que no se debe

realizar ningún desplazamiento a lo largo del eje de rayo, para la selección de otro aumento se usa sencillamente otro portador de espejo, en donde el acoplamiento se realiza sin ajuste.

- 5 Para el acoplamiento sin ajuste, los medios de acoplamiento comprenden preferiblemente un primer elemento de acoplamiento, que está configurado en el portador de espejo plano y está dispuesto allí, y un segundo elemento de acoplamiento que está configurado en el soporte base o está dispuesto allí. El primer elemento de acoplamiento se puede conectar en arrastre de fuerza y/o de forma con el segundo elemento de acoplamiento, por ejemplo, mediante una conexión enchufable o una conexión roscada.
- 10 En tanto que para la selección o para el ajuste de la relación del diámetro de rayo de luz colimado entrante respecto al saliente se usa una superficie de espejo plano conectada entre las superficies de espejo curvadas, cuya posición se puede modificar, sea mediante desplazamiento a lo largo del eje de espejo plano, sea mediante incorporación alternativa de distintas superficies de espejo plano en distintas posiciones, de modo que se conserva la orientación confocal de ambas superficies de espejo curvadas entre sí, se puede reducir el ajuste del aumento al uso de un
- 15 espejo plano o una superficie de espejo plano, en donde el haz de rayos incidente y el saliente discurren además en paralelo entre sí, no obstante, en direcciones opuestas. Al contrario de ello, en el estado de la técnica se usan dos elementos. De esta manera se reduce la propensión a fallos, además, no se deben adaptar entre sí los recorridos o posiciones de varios espejos.
- 20 En una configuración especialmente preferida de la invención, las terceras superficies de espejo están dispuestas de forma fija sobre un soporte base común a distintas distancias entre sí respecto al eje de espejo plano. Complementariamente o alternativamente la primera superficie de espejo también está dispuesta de forma fija sobre el soporte base. Éste se puede configurar como bloque monolítico, amolarse y pulirse correspondientemente y revestirse con superficies de espejo.
- 25 La al menos una primera superficie de espejo y las varias terceras superficies de espejo son predominantemente convexas o predominantemente cóncavas, en donde la expresión "predominantemente" significa que la curvatura prevaleciente es cóncava o convexa, no obstante, para la corrección de errores de reproducción también pueden estar implementadas localmente otras curvaturas, por ejemplo, mediante elementos esféricos o correcciones de
- 30 forma libre.
- Si se disponen tanto la al menos una primera como también las al menos terceras superficies de espejo sobre un soporte base monolítico, entonces esto reduce aun más la propensión a errores, dado que la primera y las terceras superficies de espejo siempre están posicionadas de forma fija entre sí, de modo que aquí no se puede producir un
- 35 ajuste al azar y por consiguiente empeoramiento del conformado de rayos. El segundo elemento de acoplamiento para un portador de espejo plano opcional está configurado entonces en el soporte base.
- En una modificación de la invención especialmente robusta y a manejar de forma sencilla, el soporte base está configurado como elemento monolítico, que es de un material con un índice de refracción más elevado que el aire y es transparente para la luz del rayo de luz. Comprende al menos una superficie de espejo plano, que está
- 40 configurada en el soporte base a una distancia predeterminada de éste. No obstante, para el ajuste de distintos aumentos el elemento comprende preferiblemente varias superficies de espejo plano configuradas en paralelo entre sí a distintas distancias predeterminadas respecto al plano base del elemento monolítico en éste, de las que cada una está asociada a otra tercera superficie de espejo. El cuerpo base puede estar configurado, por ejemplo, en
- 45 forma de sillar. En un lado del sillar, por ejemplo, de un vidrio que satisface las condiciones mencionadas, están configuradas la primera superficie de espejo curvada y las varias superficies de espejo curvadas. El rayo de luz entra en el soporte base a través de un a superficie límite perpendicular a la dirección de rayo, se refleja en la primera superficie de espejo, en donde en todas las reflexiones en el interior se usa preferiblemente la reflexión total, o el
- 50 lado correspondiente del sillar está en forma de espejo hacia dentro. El rayo de luz se conduce hacia la una superficie de espejo plano, allí se refleja igualmente de nuevo y se conduce hacia una tercera superficie, en donde la selección de la tercera superficie depende de la posición de la superficie de espejo plano en referencia a la tercera superficie de espejo. Desde allí el rayo se refleja otra vez y sale de nuevo perpendicularmente a través de una superficie límite. De esta manera se pueden conseguir aumentos o reducciones de rayo *on-axis* con un único
- 55 elemento.
- En una configuración especialmente preferida, la primera superficie de espejo curvada y las varias terceras superficies de espejo curvadas son superficies de corte de paraboloides o espejos cilíndricos con sección transversal parabólica. Pero también pueden estar configuradas como superficies de forma libre. Si están configuradas como superficies de corte de espejos cilíndricos, entonces el ensanchamiento de rayo no se realiza de
- 60 forma simétrica en rotación, es decir, circular, sino sólo de forma elíptica. En un caso semejante se pueden disponer

secuencialmente uno tras otro preferiblemente varios conformadores de rayos reflexivos, en donde un segundo conformador de rayos está dispuesta girado un ángulo predeterminado, preferiblemente 90°, respecto al primer conformador de rayos, de modo que un rayo de luz colimado se ensancha o estrecha con simetría de rotación completa.

5

El eje óptico del haz de luz incidente, el eje óptico del rayo de luz saliente y el eje de espejo plano están dispuestos preferiblemente en paralelo entre sí para un modo constructivo compacto, en donde el eje óptico del rayo de luz incidente y del saliente también se pueden situar sobre una recta común.

10 Se entiende que las características mencionadas anteriormente y a explicar todavía posteriormente se pueden usar no sólo en las combinaciones indicadas, sino también en otras combinaciones o individualmente, sin abandonar el marco de la presente invención.

### Breve descripción de los dibujos

15

A continuación la invención se explica todavía más en detalle, por ejemplo, mediante los dibujos adjuntos que también dan a conocer características esenciales de la invención. Muestran:

Fig. 1 la estructura fundamental de un conformador de rayos reflexivo,

20 Fig. 2 a-c) una primera configuración de un conformador de rayos semejante,

Fig. 3 la estructura fundamental de otro conformador de rayos reflexivo,

Fig. 4 la estructura de un conformador de rayos semejante para varios aumentos,

Fig. 5 una secuencia de varios conformadores de rayos,

Fig. 6 una secuencia de varios conformadores de rayos en vista en perspectiva,

25 Fig. 7 otra configuración de un conformador de rayos y

Fig. 8 una configuración de un conformador de rayos con superficies parabólicas.

### Descripción detallada de los dibujos

30 En la fig. 1 se muestra la estructura fundamental de una primera configuración de un conformador de rayos reflexivo, con el que se puede modificar el diámetro de un rayo de luz colimado, más exactamente de un haz colimado de rayos paralelos. El conformador de rayos comprende dispuestos uno tras otro en una trayectoria de rayo al menos una primera superficie de espejo 1 de un primer tipo de curvatura, al menos una segunda superficie de espejo 2, 2' y al menos una tercera de espejo 3, 3', en donde las superficies de espejo 1, 2 y 3 o 1', 2', 3' están adaptadas entre sí,

35 de modo que un rayo de luz colimado entrante en el conformador de rayos a través de un primer espejo 1 o un tercer espejo 3, 3' abandona el conformador de rayos de nuevo como rayo de luz colimado a través de una tercera superficie de espejo 3, 3' o una primera superficie de espejo 1.

El conformador de rayos comprende varias terceras superficies de espejo 3, 3' de un segundo tipo de curvatura. Las varias terceras superficies de espejo 3, 3' se diferencian en sus curvaturas. Uno de los dos tipos de curvatura es predominantemente convexo y el otro de los dos tipos de curvatura predominantemente cóncavo. En el presente caso, a modo de ejemplo, la primera superficie 1 está curvada de forma predominantemente cóncava, las varias terceras superficies de espejo 3, 3' están curvadas de forma predominantemente convexa. El número de las superficies de espejo de cada uno de los tipos de curvatura no está fijado a este respecto. Por ejemplo, también

45 pueden estar realizadas varias superficies de espejo predominantemente cóncavas y una o varias superficies de espejo predominantemente convexas en el conformador de rayos. A este respecto, el rayo puede entrar en el conformador de rayos a través de una de las superficies de espejo predominantemente convexas, de modo que se aumenta, o para la disminución de rayo a través de una de las superficies de espejo predominantemente cóncavas. La expresión "predominantemente" designa en este caso el tipo de curvatura prevaleciente, no obstante, también se

50 pueden aplicar correcciones, por ejemplo correcciones esféricas, en particular en las superficies de borde de espejo, las cuales presentan el otro tipo de curvatura, no obstante, sólo localmente. En el caso de las superficies de espejo se trata de superficies de corte de paraboloides o espejos cilíndricos con sección transversal parabólica, pero también pueden estar configuradas de forma esférica o como superficies de forma libre. En el ejemplo mostrado en la fig. 1 – sin limitación de la generalidad – el primer tipo de curvatura está seleccionado cóncavo y el segundo tipo

55 de curvatura convexo. Igualmente sería posible elegir el primer tipo de curvatura del primer espejo 1 de forma convexa y el segundo tipo de curvatura con las terceras superficies de espejo 3, 3' de forma cóncava. No obstante, por claridad aquí sólo se muestra esta variante. En el presente ejemplo se representa exactamente una primera superficie de espejo 1 y dos terceras superficies de espejo 3, 3'. Esto también se realiza sólo por claridad, asimismo pueden estar presentes varias primeras superficies de espejo 1 y sólo una tercera superficie de espejo 3, pero

60 también es posible facilitar tanto varias primeras superficies 1 como también varias terceras superficies de espejo 3.

La al menos una segunda superficie de espejo 2 está configurada como superficie de espejo plano, presenta un eje de espejo plano perpendicularmente a la superficie de espejo plano, es decir, el plano de espejo. La segunda superficie de espejo 2 está dispuesta en la trayectoria de rayo entre la primera y una superficie seleccionada de varias terceras superficies de espejo 3, 3', de modo que la primera superficie de espejo 1 y la tercera superficie de espejo seleccionada están posicionadas de forma confocal entre sí. En el presente caso se establece una orientación confocal de la primera superficie de espejo 1 y de la tercera superficie de espejo 3 seleccionada también aquí sólo mediante la mediación de la segunda superficie de espejo 2. Lo mismo es válido para la realización representada a trazos de forma análoga con otra segunda superficie de espejo 2' y otra tercera superficie de espejo 3'. De esta manera se puede conseguir una flexibilidad mayor con elaboración más sencilla respecto al estado de la técnica, donde las dos superficies de espejo curvadas se deben posicionar de forma confocal entre sí directamente y sin espejo intercalado.

El conformador de rayos comprende además medios de selección para la selección de una de las varias terceras superficies de espejo curvadas 3, 3' mediante selección de una posición para una superficie de espejo plano 2, 2' en la trayectoria de rayo a lo largo del eje de espejo plano para el ajuste variable de la relación de los diámetros de rayo de luz colimado entrante respecto al saliente. Si se selecciona, por ejemplo, la posición en la que está dibujada la segunda superficie de espejo plano 2 en la fig. 1, entonces se selecciona la tercera superficie de espejo 3. Si la segunda superficie de espejo se sitúa en la posición en la que está dibujada la segunda superficie de espejo 2', entonces se selecciona – representado por las líneas a trazos – otra tercera superficie de espejo 3'. Esta selección se puede realizar de distintas maneras, según se representa más abajo.

Según desde que dirección incide el haz de rayos en el conformador de rayos, el diámetro de rayo se aumenta o disminuye. Si un haz de rayos o el rayo de luz incide en primer lugar sobre la primera superficie de espejo 1 curvada de forma cóncava, entonces abandona el conformador de rayos según la tercera superficie de espejo seleccionada o a través de la tercera superficie de espejo 3 o la otra tercera superficie de espejo 3'. Para dar sobre la superficie de espejo 3', el rayo de luz debe recorrer después de la reflexión en la primera superficie de espejo 1 un camino más largo que respecto a la tercera superficie de espejo 3, de modo que el diámetro del rayo de luz que sale a través de la tercera superficie de espejo 3 es mayor que el diámetro del rayo de luz que sale a través de la otra tercera superficie de espejo 3'.

En el caso del guiado de rayo inverso se pueden aumentar distintos diámetros de rayos de entrada a un diámetro unitario mayor del rayo de salida. La realización mostrada en la fig. 1 representa a este respecto sólo un ejemplo, también pueden estar presentes varias terceras superficies de espejo 3 o varias superficies de espejo 1, de modo que, por ejemplo, un diámetro de un rayo de entrada se puede aumentar a distintos diámetros de un rayo de salida.

En tanto que para la selección de una de las terceras superficies de espejo 3, 3' se usan distintas superficies de espejo plano 2, 2' se puede reducir el esfuerzo de ajuste frente a una realización con espejos curvados, que limitan directamente entre sí, dado que el ajuste sólo se debe realizar en tres grados de libertad. Los componentes esféricos posibilitan en comparación al uso de componentes esféricos una calidad de rayo mejorada, un espacio constructivo disminuido y el trabajo con diámetros de rayo mayores.

Mediante espejos deflectores 4 y 5 adicionales se puede guiar la trayectoria de rayo *on-axis*, lo que facilita el uso modular del sistema con vistas a la configuración de una interfaz. No obstante, a este respecto los rayos – que salen por ejemplo a través de las terceras superficies 3, 3' – no circulan de forma centrada en referencia al eje óptico, sino que están decalados respecto a éste. Este decalado de rayo se debe tener en cuenta en el diseño de los equipos correspondientes que usan este sistema.

En una configuración preferida, las terceras superficies de espejo 3, 3' están dispuestas de forma fija sobre un soporte base común a distancias distintas entre sí, no obstante, bien definidas respecto al eje de espejo plano. Esto facilita el ajuste, dado que entonces se garantiza que se excluye un movimiento relativo de varias terceras superficies curvadas entre sí, lo que posibilita un ajuste más exacto de las posibles posiciones para las superficies de espejo plano 2, 2'. Todavía se vuelve más exacto el posicionamiento cuando la primera superficie de espejo también está dispuesta de forma fija sobre el soporte. Esto también permite fabricar la primera superficie de espejo 1 y las varias terceras superficies de espejo 3, 3' en una etapa de trabajo. En particular cuando se usan varias primeras superficies de espejo, también es posible disponer exclusivamente las primeras superficies de espejo sobre el soporte base común, pero preferiblemente junto con las terceras superficies de espejo 3, 3'.

Los medios de selección se pueden implementar de distinta manera.

60

Una primera posibilidad consiste en prever un soporte de espejo plano desplazable y/o inclinable a lo largo del eje de espejo plano para la selección de una de las varias terceras superficies de espejo 3, 3', que porte la superficie de espejo plano 2. En este caso así se usa sólo una única superficie de espejo plano 2 que, no obstante, se puede desplazar a distintas posiciones a lo largo del eje de espejo plano mediante el soporte de espejo plano desplazable.

5 En este caso los signos 2 y 2' caracterizan en la fig. 1 distintas posiciones de una y la misma superficie de espejo plano. El desplazamiento se puede realizar, por ejemplo, por motor a través de una curva de ajuste, de modo que se alcanzan de forma dirigida las posiciones asociadas a las terceras superficies de espejo 3, 3'.

Otra posibilidad consiste en usar varios soportes de espejo plano incorporables preferiblemente alternativamente en la trayectoria de rayo a lo largo del eje de espejo plano en posiciones predeterminadas, que portan respectivamente una superficie de espejo plano. En este caso en la fig. 1, las segundas superficies de espejo 2 y 2' son superficies de espejo distintas físicamente, de las que cada una descansa sobre un soporte de espejo propio y se puede pivotar, intercalar o incorporar de otra manera en la trayectoria de rayo. Aquí también se puede efectuar el cambio por motor, esta variante necesita más espacio y más material, no obstante, permite tiempos de conmutación más cortos entre relaciones de diámetro de rayo individuales.

Una tercera alternativa comprende varios portadores de espejo plano similares, que se pueden acoplar alternativamente en la trayectoria de rayo a través de medios de acoplamiento, en donde un portador de espejo plano sujeta al menos un espejo plano con una superficie de espejo plano y con cada espejo plano se puede seleccionar sin ajuste otra tercera superficie de espejo.

Esta última variante mencionada se explica más en detalle a continuación mediante las fig. 2a-c. En la fig. 2a está representado un conformador de rayos reflexivo en una sección transversal a lo largo de un eje AA, que se puede reconocer en la vista en planta mostrada en la fig. 2b. La fig. 2c muestra el conformador de rayos reflexivo en una vista en perspectiva. Aquí están dispuestas tanto varias terceras superficies de espejo 3, 3', como también la primera superficie de espejo de forma fija sobre un soporte base común 6. Como soportes base se usan preferentemente materiales que poseen un coeficiente de dilatación térmica lo más bajo posible en el rango de temperatura relevante para el uso, a fin de mantener lo más bajo posible los falseamientos de la trayectoria de rayo y errores de reproducción. La forma del soporte base 6 se corresponde a este respecto, según se puede reconocer en la vista en planta en la fig. 2b, esencialmente con un corte de un segmento circular, que se ha cortado adicionalmente hacia la circunferencia exterior. Así es posible técnicamente en la elaboración fabricar a partir de un monobloque circular varios soportes base 6 semejantes. La primera superficie de espejo 1 y las varias terceras superficies de espejo 3, 3' se pueden fabricar luego en una etapa de trabajo para todo el monobloque, es decir, amolar, pulir y revestir con una capa de espejo, dado que se puede usar la simetría de rotación del monobloque. Por ello es ventajoso técnicamente en la elaboración fabricar las superficies de espejo no de forma parabólica, sino sólo con sección transversal parabólica a lo largo del eje AA, lo que tiene luego como consecuencia que, cuando se quiera ensanchar o estrechar un rayo en dos direcciones perpendiculares entre sí, se deban disponer uno tras otro en fila dos conformadores de rayos, en donde los dos conformadores de rayos están basculados entre sí en un ángulo de 90°, a fin de ensanchar o estrechar el rayo en dos direcciones ortogonales entre sí. Evidentemente también es posible configurar la primera superficie de espejo 1 y las terceras superficies de espejo 3, 3' de otra forma, por ejemplo, de forma completamente parabólica, de modo que el rayo de luz se estreche o ensanche en una etapa completamente con simetría de rotación – antes y después con sección transversal circular.

Con el soporte base 6 está conectado un portador de espejo plano 7. En el portador de espejo plano 7 están dispuestos dos espejos planos 8, 8' con superficies de espejo plano 9, 9', se sujetan por el portador de espejo plano 7. En la representación mostrada en la fig. 2a, el espejo plano 8 está activo en la trayectoria de rayo con la superficie de espejo plano 9, éste desvía la luz de la primera superficie de espejo 1 hacia la tercera superficie de espejo 3 o a la inversa. El portador de espejo plano 7 comprende otro soporte de espejo plano 8' con otra superficie de espejo plano 9', que no está activa en la representación en la fig. 2a y está aplicada en la parte inferior del portador de espejo plano 7. El portador de espejo plano 7 presenta dos superficies exteriores 10, 10'. Gracias a una de las dos superficies exteriores – aquí la superficie exterior 10 – el portador de espejo plano 7 descansa sobre el soporte base 6. Si se retira ahora el portador de espejo 7 y le da la vuelta, de modo que descansa gracias a su otra superficie exterior 10' sobre el soporte base 6, entonces el otro espejo plano 8' con la otra superficie de espejo plano 9' se sitúa en la trayectoria de rayo. De este modo la otra tercera superficie de espejo 3' se activa, la relación de diámetro de rayo en el lado de entrada respecto al lado de salida se modifica respecto a la combinación anterior. Esto se facilita, en tanto que los espejos planos 8, 8' – dicho más exactamente las superficies de espejo plano 9, 9' – están dispuestos a distintas distancias respecto al centro de la conexión perpendicular entre las dos superficies exteriores 10, 10'. La otra superficie de espejo plano 9' se sitúa más cerca de este centro, de modo que se activa una superficie de espejo situada más interiormente, aquí la otra tercera superficie de espejo 3'.

60

En una configuración más limpia de las superficies exteriores 10, 10' y de la superficie antagonista correspondiente sobre el soporte base 6 es suficiente básicamente montar el portador de espejo plano 7 sobre el soporte base 6. Mientras que esto puede ser suficiente para una construcción de laboratorio, así resulta ser ventajoso en el uso práctico cuando el portador de espejo plano 7 se puede conectar en arrastre de fuerza y/o de forma con el soporte base a través de elementos de acoplamiento. Con esta finalidad en el portador de espejo plano 7 está configurado un primer elemento de acoplamiento 11, 11' y en el soporte base 6 un segundo elemento de acoplamiento 12. A este respecto, el primer elemento de acoplamiento 11, 11' está configurado sobre cada una de las dos superficies exteriores 10, 10', a fin de posibilitar una conexión estable según la superficie de espejo 9, 9' usada. El primer elemento de acoplamiento 11, 11' está configurado aquí a modo de ejemplo a la manera de un pivote, el segundo elemento de acoplamiento 12 como ranura. A este respecto, las dimensiones de pivote y ranura están seleccionadas de manera que el pivote descansa con precisión de ajuste. Para mejorar el cierre de fuerza, el primer elemento de acoplamiento 11, 11' y el segundo elemento de acoplamiento 12 también pueden estar provistos de adaptaciones en exceso sencilla. También son concebibles otros tipos de conexión, como por ejemplo una conexión roscada; la última se prefiere en particular luego cuando el conformador de rayos no se usa en la posición vertical aquí mostrada, sino en la disposición tendida o colgada.

El portador de espejo 7 mostrado en la fig. 2a sólo es un ejemplo de realización para un portador de espejo semejante. También son concebibles portadores de espejo en los que sólo está contenido un espejo plano 8 con una superficie de espejo plano 9, o los medios de acoplamiento están realizados de otra manera conocida en el estado de la técnica. Si los espejos planos 8, 8' están aplicados de forma fija en el portador de espejo plano 7, entonces se necesitan en general varios portadores de espejo plano 7, siempre y cuando el número de las terceras superficies de espejo 3, 3' sea más de dos. Alternativamente los espejos planos 8 también pueden estar fijados de forma regulable en altura en el portador de espejo plano 7, por ejemplo con conexiones roscadas. Las posiciones correspondientes, en las que el espejo plano 8 se debe fijar en altura, a fin de conducir el rayo de o hacia una de las tres superficies de espejo 3, 3', se pueden implementar, por ejemplo, con ayuda de topes y/o posiciones de retención – en este caso el espejo plano 8 está configurado preferentemente con resortes que posibilitan un encaje correspondiente.

En la fig. 3 se esboza otro tipo del guiado de rayo para un conformador de rayos reflexivo. Aquí está representada una así denominada configuración *on-axis*, en la que un eje óptico I de un rayo de luz incidente y un eje óptico O del rayo de luz saliente se sitúan sobre una recta común, mientras que en la fig. 1 el eje óptico I del rayo de luz incidente, el eje óptico O del rayo de luz saliente y el eje de espejo plano, es decir, la normal de la superficie de espejo plano, están dispuestos en paralelo entre sí, no obstante, no sobre un eje. En la configuración mostrada en la fig. 3, el eje de espejo plano está perpendicular a los ejes ópticos I y O. La configuración en la fig. 3 sólo está representada para una tercera superficie de espejo 3, si se usan varias terceras superficies de espejo, entonces los ejes ópticos I, I', ... están decalados en paralelo respecto al eje óptico O del rayo de luz saliente, tal como es el caso igualmente en la fig. 1 al usar los espejos deflectores 4 y 5. A este respecto se ha partido sin limitación de la generalidad de que el diámetro de rayo se debe aumentar, evidentemente también es posible usar el rayo con diámetro mayor como rayo de partida y disminuir el diámetro.

La primera superficie de espejo 1 y la tercera superficie de espejo 3 están configuradas aquí con sección transversal parabólica – no como paraboloides –, el diámetro de rayo se modifica así sólo en una dirección espacial, de modo que en el caso de un rayo de entrada con perfil de intensidad gaussiano y sección transversal redonda el rayo de salida presenta una sección transversal elíptica. En el ejemplo mostrado en la fig. 3 sólo tiene lugar un ensanchamiento en el plano de dibujo. Para conformar el rayo de nuevo de forma circular, el mismo sistema de espejos se puede poner detrás de nuevo secuencialmente y girarse preferentemente 90°.

No obstante, técnicamente en la elaboración las superficies de espejo, que se corresponden con un espejo cilíndrico con sección transversal parabólica, se pueden fabricar la mayoría de las veces más fácilmente que las superficies de corte de paraboloides, de modo que una variante preferida es una disposición secuencial de varios conformadores de rayos uno tras otro, que están dispuestas giradas en un ángulo unos respecto a otros. Además, esto también posibilita modificar aún más la forma de sección transversal del rayo saliente, cuando se permiten ángulos de menos de 90° para el basculamiento. Si se disponen unos tras otros varios conformadores de rayos con respectivamente varias terceras superficies de espejo 3, 3', entonces para un uso completo de las posibilidades de ajuste es necesario prever medios para el desplazamiento relativo de los conformadores de rayos unos respecto a otros, de modo que para un rayo de salida del un conformador de rayos se puede seleccionar correspondientemente una de las terceras superficies de espejo del conformador de rayos dispuesto detrás para el rayo entrante, que se corresponde con el rayo de salida del conformador de rayos dispuesto delante. En lugar de un desplazamiento de los elementos individuales que conforman el rayo también se puede conseguir esto mediante elementos de desvío, por ejemplo, en forma de espejos desplazables parcialmente.



En la fig. 4 está representada una ampliación de la configuración mostrada en la fig. 3 sobre varias terceras superficies de espejo 3, 3' en analogía a la configuración ya explicada en la fig. 1, las terceras superficies de espejo 3, 3' y la primera superficie de espejo 1 están configuradas aquí de nuevo sobre un soporte base común 6. Esta disposición también se puede usar en principio con el portador de espejo plano 7 descrito ya en relación con la fig. 2.

La fig. 5 muestra el uso de dos conformadores de rayos de la fig. 4 dispuestos uno tras otro, que están dispuestos de forma girada en un ángulo de 90° entre sí. Las primeras superficies de espejo 1.1 y terceras superficies de espejo 3.1, 3.1' del primer conformador de rayos delantero están dispuestas sobre un soporte base 6.1, la primera superficie de espejo 1.2 y las terceras superficies de espejo 3.2, 3.2' del segundo conformador de rayos posterior están aplicadas sobre un soporte base 6.2. Para la selección de la tercera superficie de espejo 3.1, 3.1' correspondiente, el conformador de rayos comprende varias segundas superficies de espejo 2.1, 2.1', 2.2' o un espejo plano desplazado a las posiciones correspondientes. Lo correspondiente es válido para la segunda superficie de espejo 2.2 del segundo conformador de rayos. En el caso de distancia correspondientemente mayor de las primeras superficies de espejo 1.1 y las terceras superficies de espejo 3.1, 3.1' en la dirección horizontal – referido al plano de la hoja – es decir, en paralelo al eje del rayo incidente y saliente se pueden usar también portadores de espejo plano según se han descrito ya en relación con la fig. 2.

Una configuración especialmente ventajosa de un conformador de rayos reflexivo está representada en la fig. 6. Este conformador de rayos comprende un soporte base 13, que está configurado como un elemento monolítico, el elemento monolítico es de un material con un índice de refracción más elevado que el aire – por ejemplo vidrio – y es transparente para la luz del rayo de luz cuyo diámetro de rayo se debe modificar. En el soporte base 13 está configurada al menos una superficie de espejo plano 14, que se sitúa a una distancia predeterminada respecto a un plano base. El plano base se simboliza aquí mediante una superficie base 15, que se sitúa en el plano base. Pero el plano base también se puede corresponder con una superficie de espejo plano, la distancia sería entonces cero.

El rayo incidente da, por ejemplo, contra una superficie frontal 16 en el soporte base 13 y se refleja internamente. Con la elección de vidrio correspondiente y ángulo de reflexión adecuado se puede usar para ello el principio de la reflexión total. De esta manera se produce un elemento constructivo compacto, robusto y a fabricar de forma especialmente sencilla y económica, que constituye el conformador de rayos. En las superficies en las que debido al ángulo de incidencia no es posible una reflexión total, en los lados exteriores del soporte básico monolítico 13 se aplica respectivamente una capa de espejo. Ésta también se puede aplicar evidentemente adicionalmente a fin de suprimir las reflexiones indeseadas. En la disposición representada en la fig. 6 están puestos en línea uno tras otro dos conformadores de rayos de tipo prisma semejantes, en donde el conformador de rayos trasero está girado en un ángulo diferente de 90° respecto al conformador de rayos delantero alrededor de un eje común, que se puede corresponder con el eje óptico, a fin de compensar los errores del rayo de entrada, como por ejemplo un error de rotación – por lo que el rayo de entrada no presenta la simetría de rotación completa.

La fig. 7 muestra un conformador de rayos reflexivo, de tipo prisma semejante según se ha descrito en la fig. 6, que permite varios aumentos o disminuciones a diferencia del conformador de rayos de la fig. 6 diseñado para un único aumento o disminución. Para ello en el soporte base 13 están configuradas varias superficies de espejo plano 14, 14', ... en paralelo entre sí a distintas distancias respecto al plano base – aquí de nuevo la superficie base 15 – cada una de las distintas superficies de espejo plano 14, 14' está asociada a otra tercera superficie de espejo 3, 3', ... La selección del aumento correspondiente se realiza luego mediante desplazamiento relativo del conformador de rayos reflexivo o del soporte base 13 perpendicularmente al eje óptico I del rayo de luz entrante, y concretamente en dos direcciones que forman un plano. Mediante un desplazamiento relativo del soporte base 13 en altura se selecciona otra de las terceras superficies 3, 3', ..., y mediante un desplazamiento perpendicular a él, aquí así transversalmente al eje óptico, se realiza una selección de las superficies de espejo plano 14, 14', ... correspondientes, que está asociada a la tercera superficie de espejo 3, 3', ... correspondiente. A este respecto el conformador de rayos mismo se puede desplazar, o el rayo de entrada, o ambos.

Otra variante para un conformador de rayos reflexivo, en el que una primera superficie de espejo curvada 1 y las terceras superficies de espejo 3, 3' están conformadas parabólicamente, es decir, convertir un rayo simétrico en rotación de nuevo en un rayo simétrico en rotación con diámetro modificado, está representado en la fig. 8. La base forma el soporte base 17, que presenta una sección transversal similar al cuerpo base 6 mostrado en la fig. 3, en particular en lo que se refiere a la ubicación de la primera superficie de espejo 1. El soporte base 17 es anular y tiene la forma de un segmento de cilindro con una superficie envolvente exterior 18. La primera superficie de espejo 1 está configurada en la circunferencia interior del soporte base 17. Sobre una superficie anular 19, que conecta con la superficie envolvente 18 y está configurada en el lado del soporte base 17 alejado de la primera superficie de espejo 1, sobre la circunferencia están configuradas o aplicadas de forma distribuida distintas elevaciones 20, 20',

que están conformadas parabólicamente, y en las que están conformadas las terceras superficies de espejo 3, 3'. La al menos una superficie de espejo 2 está representada aquí sólo de forma simbólica. Mediante un giro del cuerpo base 17 alrededor del eje de rotación del cilindro referido a la superficie envolvente 18 se pueden seleccionar distintas elevaciones 20, 20', es decir, distintas terceras superficies de espejo y así variar el aumento. A este respecto se debe aportar que la posición de la segunda superficie de espejo 2 se adapte respectivamente a la elevación 20, 20', ... seleccionada, lo que se puede realizar mediante un ajuste en altura o mediante incorporación de otra segunda superficie de espejo. La disposición funciona evidentemente también con sólo una única tercera superficie de espejo, en este caso también se necesita sólo una segunda superficie de espejo, o se puede prescindir de una capacidad de ajuste en altura.

10

**Lista de referencias**

1	Primera superficie de espejo
2, 2'	Segunda superficie de espejo
15 3, 3'	Tercera superficie de espejo
4, 5	Espejo deflector
6	Soporte base
7	Portador de espejo plano
8, 8'	Espejo plano
20 9, 9'	Superficie de espejo plano
10, 10'	Superficie exterior
11, 11'	Primer elemento de acoplamiento
12	Segundo elemento de acoplamiento
13	Soporte base
25 14, 14'	Superficie de espejo plano
15	Superficie base
16	Superficie frontal
17	Soporte base
18	Superficie envolvente exterior
30 19	Superficie anular
20, 20'	Elevación
I, O	Eje óptico

REIVINDICACIONES

1. Conformador de rayos reflexivo para la modificación del diámetro de un rayo de luz colimado, que comprende dispuestos uno tras otro en una trayectoria de rayo,
- 5
- al menos una primera superficie de espejo (1) de un primer tipo de curvatura,
  - al menos una segunda superficie de espejo (2, 2') configurada como superficie de espejo plano (9, 9') con un eje de espejo plano perpendicularmente a la segunda superficie de espejo (2, 2') y
  - varias terceras superficies de espejo (3, 3') curvadas y diferentes en sus curvaturas de un segundo tipo de
- 10 curvatura, en donde uno de los dos tipos de curvatura es cóncavo y el otro convexo, y en donde las formas de las superficies de espejo están adaptadas entre sí, de modo que un rayo de luz colimado entrante en el conformador de rayos a través de una primera superficie de espejo (1) o una tercera superficie de espejo (3, 3') abandona el conformador de rayos como rayo de luz colimado a través de una tercera superficie de espejo (3, 3') o primera superficie de espejo (1),
- 15 - **caracterizado porque**
- la al menos una segunda superficie de espejo (2, 2') está dispuesta en la trayectoria de rayo entre la primera superficie de espejo (1) y una superficie seleccionada de varias terceras superficies de espejo (3, 3'), de modo que la primera superficie de espejo (1) y la tercera superficie de espejo (3, 3') seleccionada están posicionadas de forma confocal entre sí, y
- 20 - el conformador de rayos comprende medios de selección para la selección de una de las varias terceras superficies de espejo curvadas (3, 3') mediante la selección de una posición para una superficie de espejo plano (9, 9') en la trayectoria de rayo a lo largo del eje del espejo plano para el ajuste variable de la relación de los diámetros del rayo de luz colimado entrante respecto al saliente.
- 25 2. Conformador de rayos reflexivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** las terceras superficies de espejo (3, 3') están dispuestas de forma fija sobre un soporte base común (6) a distintas distancias entre sí respecto al eje de espejo plano y/o la primera superficie de espejo (1) está dispuesta de forma fija sobre el soporte base (6).
- 30 3. Conformador de rayos reflexivo según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** los medios de selección
- comprenden un soporte de espejo plano desplazable y/o inclinable a lo largo del eje de espejo plano para la selección de una de las varias terceras superficies de espejo (3, 3'), el cual porta la superficie de espejo plano, o
- 35 - varios soportes de espejo plano incorporables preferiblemente alternativamente en la trayectoria de rayo a lo largo del eje de espejo plano en posiciones predeterminadas, que portan respectivamente una superficie de espejo plano, o
- varios portadores de espejo plano (7) similares, que se pueden acoplar alternativamente en la trayectoria de rayo a través de medios de acoplamiento, en donde un portador de espejo plano (7) sujeta al menos un espejo plano con una superficie de espejo plano (9, 9') y con cada espejo plano se puede seleccionar sin ajuste una otra tercera superficie de espejo (3, 3').
- 40
4. Conformador de rayos reflexivo según la reivindicación 3, 3ª alternativa, en el que las terceras superficies de espejo (3, 3') están dispuestas de forma fija sobre un soporte base común (6) a distintas distancias
- 45 entre sí respecto al eje de espejo plano y/o la primera superficie de espejo (1) está dispuesta de forma fija sobre el soporte base (6), **caracterizado porque** los medios de acoplamiento comprenden un primer elemento de acoplamiento (11, 11'), que está configurado o dispuesto en el portador de espejo plano (7), y un segundo elemento de acoplamiento (12), que está configurado o dispuesto en el soporte base (6), y con el que el primer elemento de acoplamiento (11, 11') se puede conectar en arrastre de fuerza y/o de forma.
- 50
5. Conformador de rayos reflexivo según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** en las superficies de borde de espejo de la primera superficie de espejo (1) del primer tipo de curvatura y de las varias terceras superficies de espejo (3, 3') del segundo tipo de curvatura están aplicadas correcciones esféricas del respectivo otro tipo de curvatura o correcciones de forma libre.
- 55
6. Conformador de rayos reflexivo según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la primera superficie de espejo curvada (1) y las varias terceras superficies de espejo curvadas (3, 3') están configuradas como superficies de corte de paraboloides o de espejos cilíndricos con sección transversal parabólica, o como superficies de forma libre.
- 60

7. Conformador de rayos reflexivo según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** un eje óptico del rayo de luz incidente, un eje óptico del rayo de luz saliente y el eje de espejo plano están dispuestos en paralelo entre sí.

5 8. Conformador de rayos reflexivo según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** el eje óptico del rayo de luz incidente y el eje óptico del rayo de luz saliente se sitúan sobre una recta común y perpendicularmente al eje de espejo plano.

9. Uso de un conformador de rayos reflexivo o varios conformadores de rayos dispuestos  
10 secuencialmente y girados entre sí en un ángulo predeterminado según una de las reivindicaciones 1 a 8 para ensanchamiento o estrechamiento de un rayo de luz colimado.

10. Uso de un conformador de rayos reflexivo según la reivindicación 9, **caracterizado porque** el ángulo predeterminado es de 90°.

15

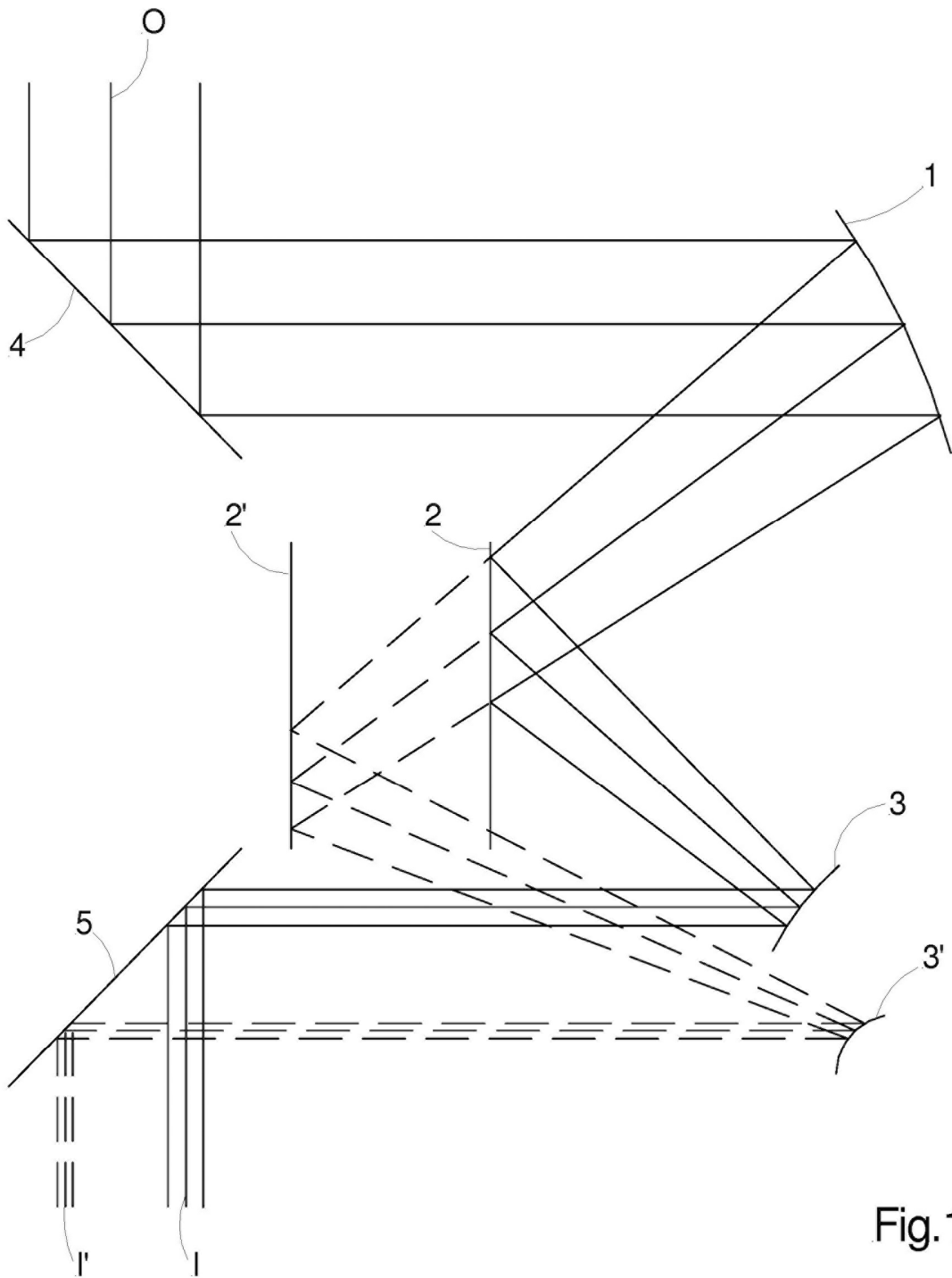


Fig.1

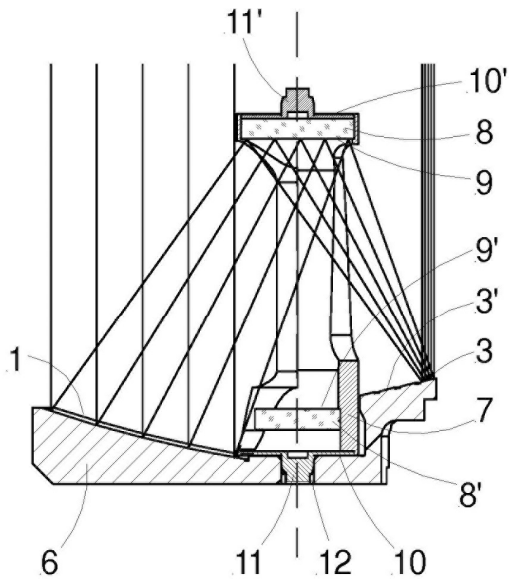


Fig.2a

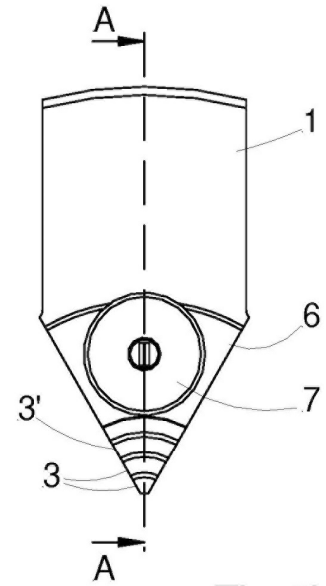


Fig.2b

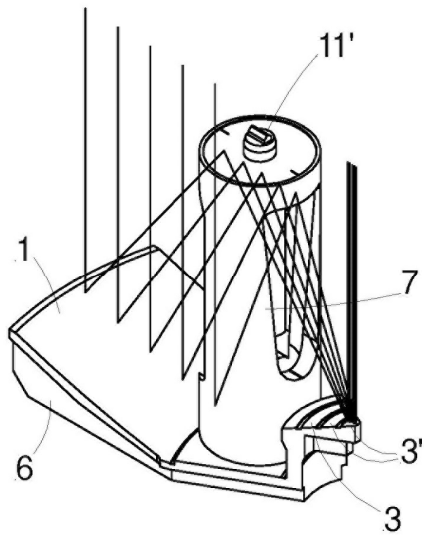


Fig.2c

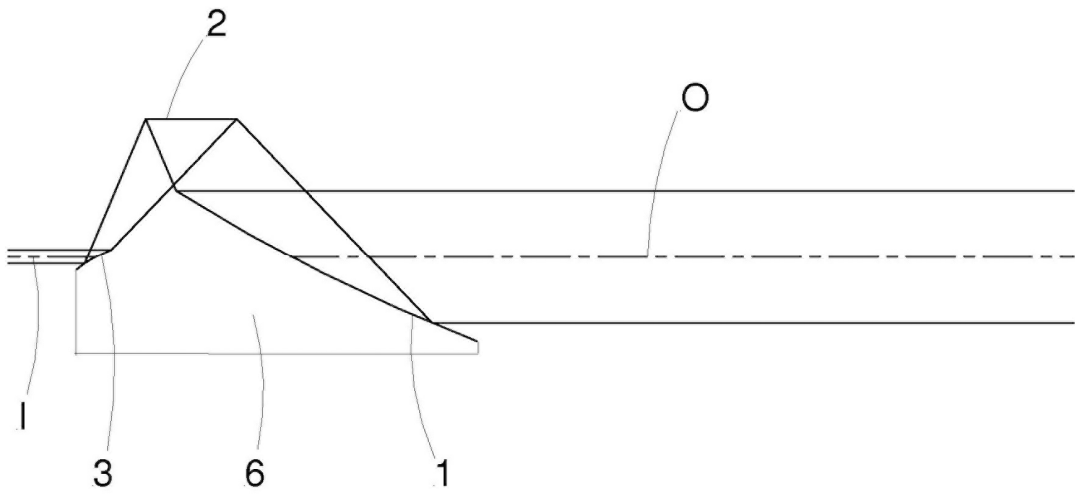


Fig.3

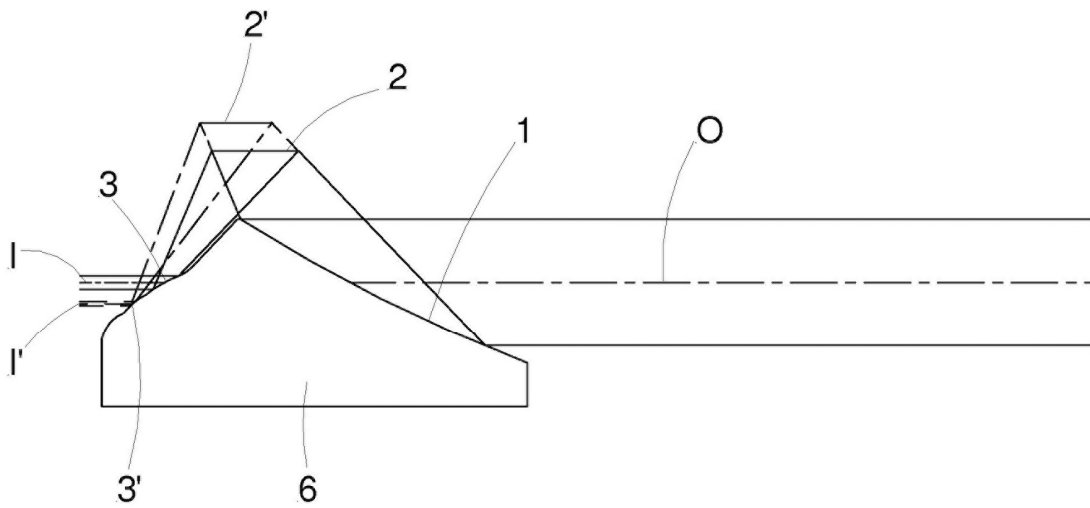


Fig.4

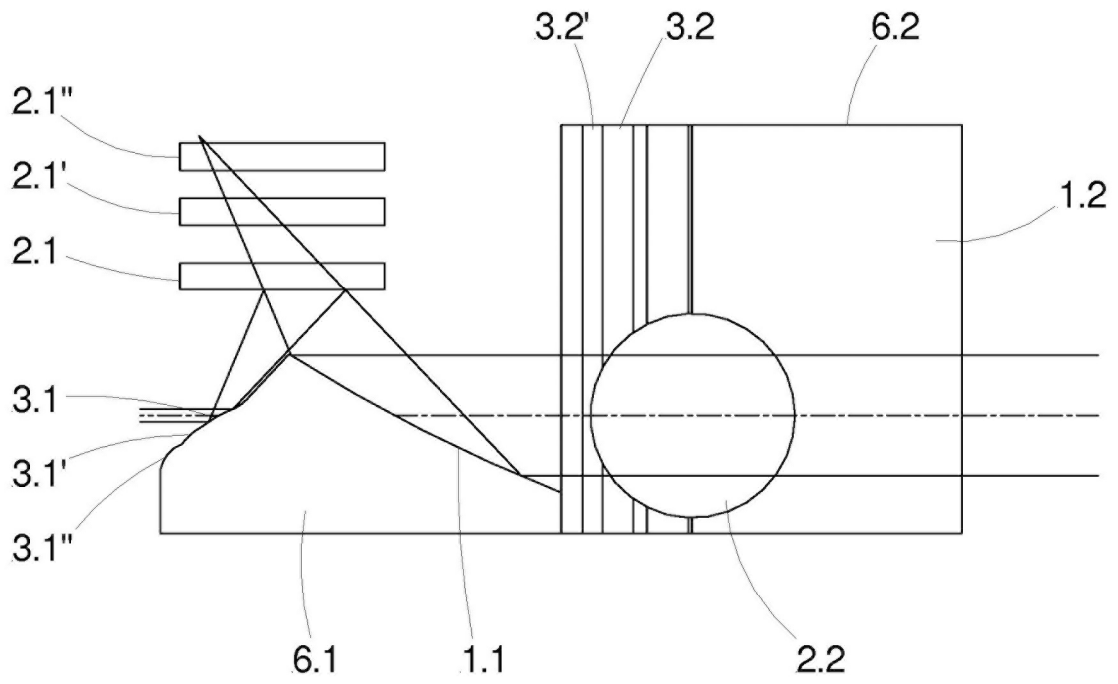


Fig.5

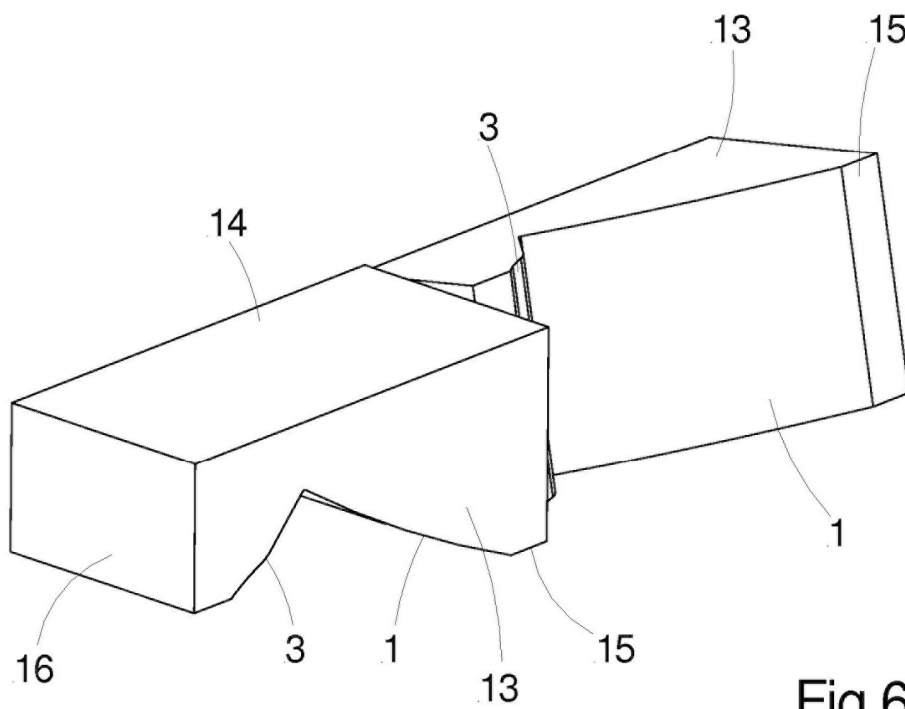


Fig.6



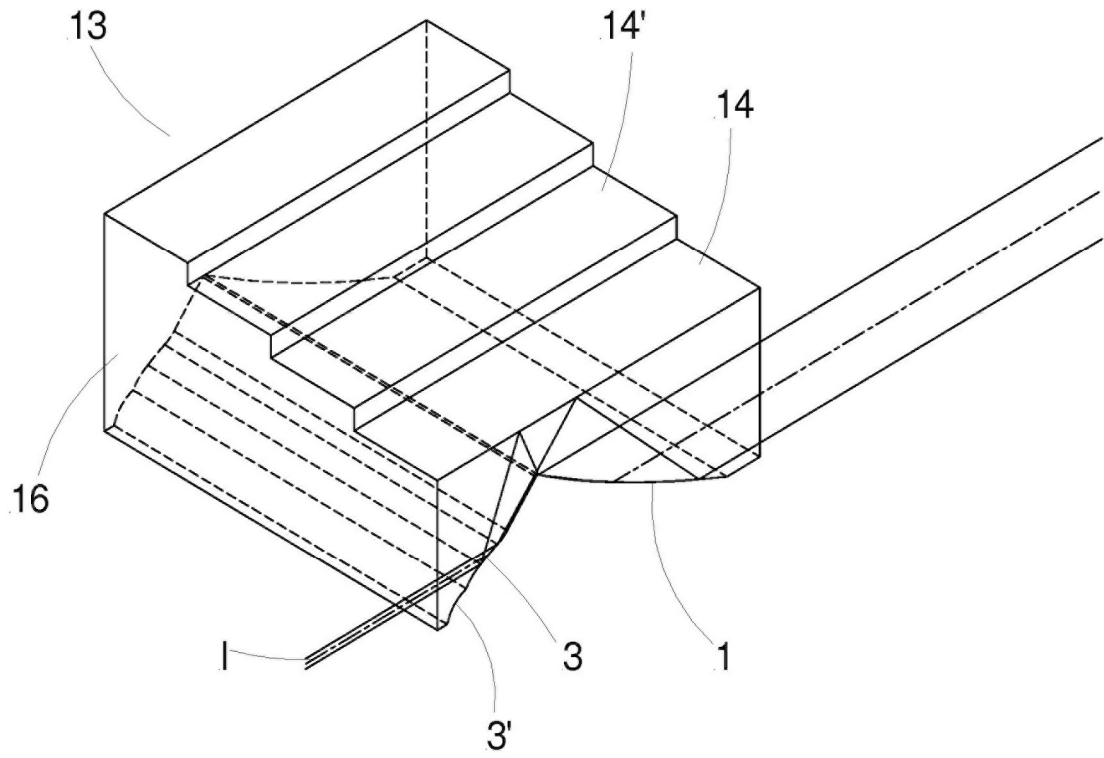


Fig.7

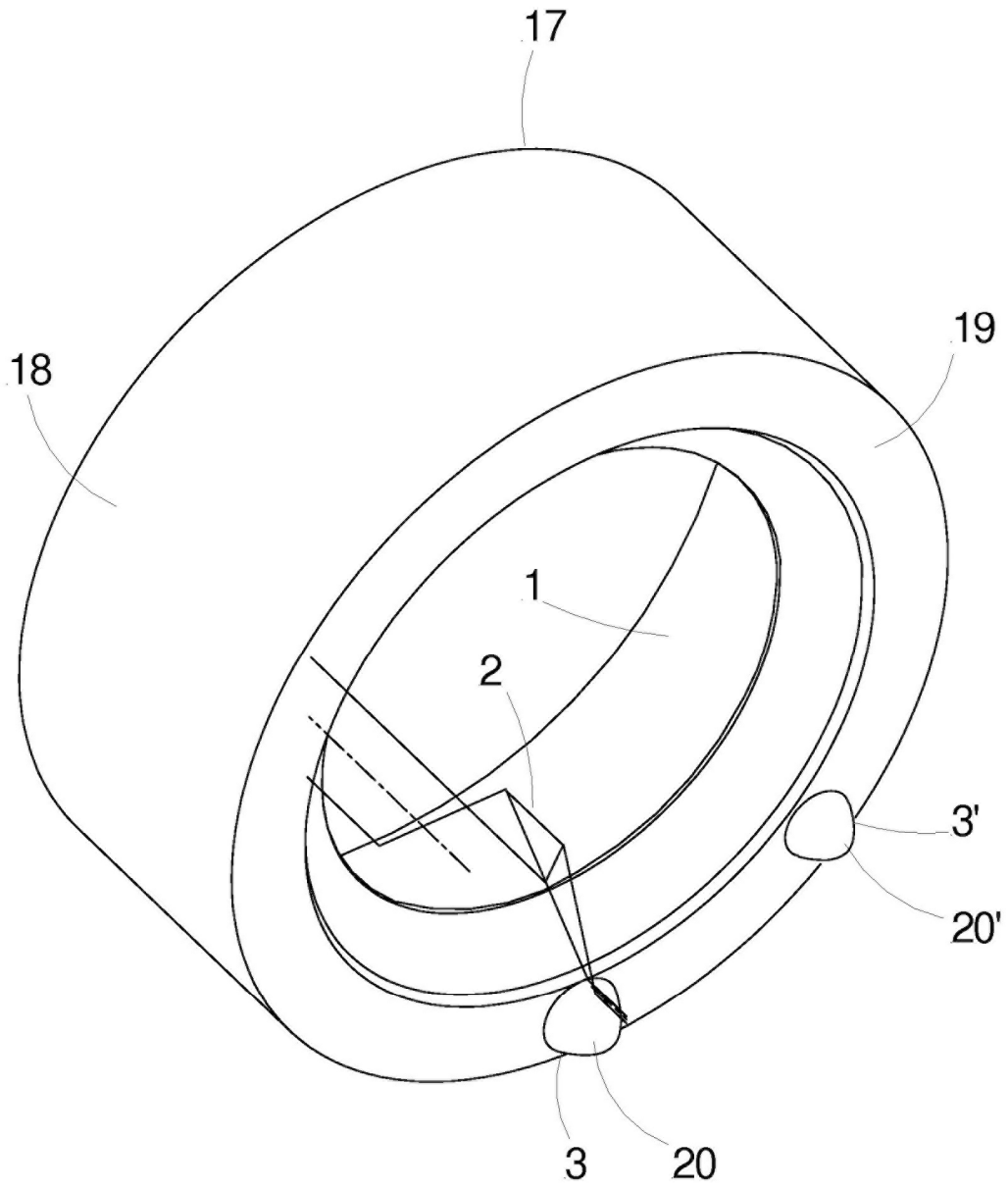


Fig.8