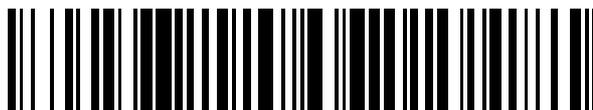


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 488 969**

51 Int. Cl.:

G01J 3/02 (2006.01)

G01J 3/14 (2006.01)

G01J 3/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.02.2009** **E 09001623 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.06.2014** **EP 2088409**

54 Título: **Espectrómetro reproductor especialmente para la exploración a distancia**

30 Prioridad:

06.02.2008 DE 102008007783

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

01.09.2014

73 Titular/es:

**ERWIN KAYSER-THREDE GMBH (100.0%)
Wolfratshauer Strasse 48
81379 München, DE**

72 Inventor/es:

KAYSER, STEFAN, DR.

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 488 969 T3

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

DESCRIPCION

Espectrómetro reproductor especialmente para la exploración a distancia

El invento se refiere a un espectrómetro reproductor especialmente para la exploración a distancia.

5 En la figura 8 está representada una disposición conocida por la solicitante por un espectrómetro reproductor en la exploración a distancia soportada ópticamente para la aviación y espacial. La disposición comprende un telescopio 1 que presenta varios espejos 1a, 1b, 1c, una rendija 2 y un espectrómetro 3. El espectrómetro 3 comprende habitualmente un colimador 4a, 4b, 4c para generar luz paralela, una disposición de prismas 5 y un decolimador 6a, 6b, 6c, que enfoca la imagen sobre un detector 7. El detector 7 está construido como un detector matricial, por ejemplo como cámara CCD con numerosas filas y columnas. El telescopio 1 puede estar colocado, por ejemplo, en un satélite que se mueve sobre la superficie de la tierra en una dirección de movimiento predeterminada. Con el telescopio 1 se toma una imagen de una zona de la superficie de la tierra y mediante la rendija 2 se elige una estrecha franja de la zona. Esta franja es reproducida sobre una fila del detector matricial 7. Con ayuda del espectrómetro 3 interconectado adicionalmente en medio la luz se descompone espectralmente en la segunda dimensión (en la dirección del movimiento del satélite) y simultáneamente se graba. Mediante el movimiento del satélite, con iluminación y selección suficientemente rápidas de detector matricial, se puede entonces elaborar una imagen interdependiente de la zona sobrevolada, descompuesta simultáneamente en sus componentes espectrales.

La descomposición espectral se produce en el ejemplo representado en la figura 8 mediante un prisma con superficies planas. Sin embargo se conocen diferentes ejecuciones de espectrómetros reproductores.

20 Por ejemplo, en X. Prieto-Blanco et al., Analytical Design of an Offner Imaging Spectrometer, OPTIC EXPRESS, Vol. 14, Nº 20, 2 Octubre 2006, Págs. 9156 – 9168 se describe una configuración Offner para un espectrómetro reproductor. Ésta está compuesta por una rendija, dos espejos cóncavos y una rejilla de difracción situada entre ellos y que se apoya en un espejo cóncavo. Este espectrómetro tiene una construcción concéntrica y con ello una forma constructiva compacta así como errores de reproducción pequeños. Sin embargo, debido al pequeño coeficiente de difracción de la rejilla existen altas pérdidas de transmisión, especialmente con instrumentos con alto ancho de banda espectral. Además la transmisión es dependiente de la polarización. A esto hay que añadir luz parásita en la rejilla y la formación de ecos debido a órdenes de difracción o difracción múltiple superiores.

30 Un espectrómetro de prismas posee una disposición de prismas como se muestra en la figura 8, que presenta un único prisma o una combinación de prismas con superficies frontales planas. Al contrario que en un espectrómetro Offner, posee alta transmisión sobre una ancha zona espectral con simultánea baja sensibilidad a la polarización. Esta disposición de espectrómetro es adecuada para sistemas con altas exigencias en luz parásita. Las desventajas vienen dadas por la característica de dispersión no lineal y por errores de distorsión, como indicado por Smile y Keystone. Especialmente los efectos últimamente mencionados plantean a menudo grandes problemas en la observación de la tierra utilizando apoyo de satélites. Debido a las dimensiones relativamente grandes, este espectrómetro tiene también un gran peso lo cual es desfavorable para las aplicaciones en satélites.

35 Los espectrómetros de prismas con superficies de prismas curvadas presentan una forma constructiva compacta. Por el documento WO 98/37389 se conoce un espectrómetro reproductor el cual presenta tres superficies exteriores reflectantes curvadas y un camino óptico entre el objeto y la imagen, que contiene reflexiones en las tres superficies exteriores reflectantes curvadas. El espectrómetro contiene además elementos de dispersión con superficies exteriores curvadas. Este espectrómetro presenta un diseño concéntrico similar al del espectrómetro Offner.

40 El tamaño del espectrómetro viene en general determinado por el tamaño exigido de la separación espectral en el detector y las exigencias de su linealidad. El espectrómetro conocido puede ser construido con dimensiones más pequeñas como un espectrómetro de prismas con superficies exteriores de los prismas planas. Las dimensiones son sin embargo mayores que en los espectrómetros Offner con rejilla comparables.

45 El documento US-A-5859702 describe un dispositivo para un análisis espectral en donde mediante una rejilla de difracción se separan los órdenes espectrales unos de otros. Para ello en el camino óptico se colocan dos prismas recorridos dos veces así como una rejilla de dispersión situada entre ellos.

El documento DE 521 487 C describe un monocromador doble que hace posible, con una disposición de una placa de hendidura, lentes y prismas, el filtrar la radiación parásita así como la radiación de longitud de onda no deseada.

50 En LOBB DR. "Imaging Spectrometers using concentric optics" procediendo de SPIE, la Sociedad Internacional para la ingeniería óptica, espectrometría de imagen III, 1997, SPIE US, Tomo 3118, 1997, paginas 339 – 347, XP002525333, se describe un espectrómetro reproductor que está dispuesto en una configuración Offner y presenta dos prismas entre los cuales hay colocado un espejo.

Por el documento US 5.781.290 se conoce un espectrómetro reproductor del tipo Offner concéntrico, en el que la habitual rejilla de dispersión está sustituida por uno o varios prismas curvados. Los prismas curvados son conocidos como prismas Féry.

5 Es misión del invento el preparar un espectrómetro reproductor especialmente para la exploración a distancia el cual une una forma constructiva compacta y ligera con una alta transmisión, una pequeña distorsión y una gran dispersión.

La misión será resuelta por un espectrómetro reproductor de acuerdo con la reivindicación 1 y por un espectrómetro, especialmente para la exploración a distancia de acuerdo con la reivindicación 9. Otros desarrollos del invento están expuestos en las reivindicaciones secundarias.

10 El invento tiene la ventaja de que similar al espejo aproximadamente concéntrico de una configuración Offner es posible una representación 1:1 sin tener las desventajas de una rejilla de difracción.

Es posible una clara reducción del espacio constructivo y del peso con respecto a espectrómetros de prismas con superficies de prismas planas, puesto que solamente son necesarios un espejo y dos prismas azogados.

Los errores en la reproducción como los de Smiles y Keystone se reducen claramente.

15 El aumento de la disociación espectral en comparación con los conocidos espectrómetros de prismas con superficies exteriores de prisma curvadas será posible por un aumento de las separaciones entre la rendija de entrada y el primer prisma y entre el segundo prisma y el detector así como por el doble paso a través de los prismas.

20 Otras características y oportunidades se desprenden de la descripción de los ejemplos constructivos sobre la base de las figuras.

Las figuras muestran:

Fig.1 una primera forma constructiva del espectrómetro reproductor.

Fig. 2 una modificación de un detalle de la primera forma constructiva.

Fig. 3 una segunda forma constructiva del primer espectrómetro reproductor.

25 Fig. 4 un detalle de la figura 3.

Fig. 5 una modificación del detalle de la figura 4.

Fig. 6 una tercera forma constructiva del espectrómetro reproductor.

Fig. 7 una cuarta forma constructiva del espectrómetro reproductor.

Fig. 8 una disposición de telescopio y espectrómetro especialmente para la exploración a distancia.

30 Una primera forma constructiva del espectrómetro reproductor mostrada en la figura 1 comprende una rendija 10 que forma el plano objeto. Además comprende un primer prisma curvado 11 el cual presenta una superficie curvada 11a cóncava y una superficie curvada 11b convexa y el cual está situado con relación a la rendija 10 de tal manera que la superficie curvada 11a cóncava está orientada hacia la rendija 10. Además comprende un espejo 12 con una superficie exterior curvada 12a convexa que está situada de tal manera que la superficie exterior curvada 12a convexa está orientada hacia la superficie 11a cóncava del primer prisma curvado 11. Además está previsto un
35 segundo prisma curvado 13 con una superficie 13a cóncava y una superficie 13b convexa que está situado de tal manera respecto de la rendija 10 o del espejo que la superficie 13a cóncava está orientada hacia la superficie 12a convexa del espejo 12 o hacia la rendija 10. Las superficies convexas 11b o 13b del primer o del segundo prisma curvado están azogadas.

40 El primer prisma curvado 11, el espejo curvado 12 y el segundo prisma curvado 13 definen un camino óptico. Los rayos de luz 15a, 15b, 15c, etc. que parten de la rendija 10 se encuentran con la superficie 11a cóncava del primer prisma curvado, atraviesan el prisma 11, se reflejan en la cara posterior 11b azogada del prisma y atraviesan por ello el prisma en un segundo paso. Al entrar y salir del prisma se produce una disociación de los componentes espectrales de los rayos de luz. Los rayos así reflejados se encuentran con la superficie 12a convexa del espejo
45 curvado 12, se reflejan sobre ella de tal manera que se encuentran con la superficie 13a cóncava del segundo prisma curvado 13, allí atraviesan nuevamente el segundo prisma y se reflejan en la cara posterior 13b azogada de tal manera que también atraviesan al segundo prisma en un segundo paso con otra disociación espectral, hasta que

quedan enfocados en una superficie imagen 16 en la que forma una imagen espectral descompuesta de la rendija 10.

Las superficies curvadas de los prismas y/o de los espejos están curvadas preferentemente de manera esférica.

5 Preferentemente los prismas están situados de tal manera que los puntos centrales de curvatura de las caras posteriores 11b, 13b convexas en esencia son coincidentes o están situados uno muy cerca del otro. Además la superficie 12a convexa del espejo curvado 12 está situada preferentemente de tal manera que su punto central de curvatura en esencia coincide o está situado muy cerca uno de otro con los puntos centrales de curvatura de las superficies de reflexión de los prismas. Como especialmente se puede apreciar en la figura 1, el centro de la rendija 10 los puntos centrales de curvatura de las superficies reflectoras 12a, 11b, 13b así como el centro de la imagen 10
10 rendija 16 están situados esencialmente a lo largo de una línea y el espejo 12 tiene, visto en dirección radial de la curvatura, una separación menor de la línea que los prismas. Con ello se obtiene, similar a con la configuración Offner, esencialmente una representación 1:1 con solo pequeños errores de representación, como aberración esférica, coma, astigmatismo, curvatura del campo de imagen y distorsión.

15 El espectrómetro reproductor acorde con la primera forma constructiva presenta solamente tres elementos ópticos. Con ello se reduce la complejidad. Además se reduce el espacio constructivo y el peso respecto de espectrómetros de prisma conocidos.

Cuando el espectrómetro reproductor es utilizado junto con un telescopio en un satélite para la exploración óptica a distancia los prismas están formados preferentemente de cristal resistente a la radiación.

20 La figura 2 muestra una modificación no conforme con el invento, en donde solo está representado uno de los prismas curvados. En lugar del primer prisma curvado 11 con la cara posterior 11b azogada, está previsto un prisma curvado 18 con superficie delantera 18a cóncava y cara posterior 18b convexa, que está construido similar al prisma 11, sin embargo no presenta ninguna cara posterior 18b azogada. Para reflejar los rayos de luz 15a, 15b, 15c que lo atraviesan, detrás del prisma 18 se ha colocado un espejo curvado 19 cuya superficie exterior 19a cóncava curvada está orientada hacia la superficie convexa 18b del prisma. Preferentemente la superficie de espejo 19a está curvada esférica. El espejo 19 puede ser colocado directamente detrás del prisma o estar separado del prisma por
25 solo una pequeña rendija. Para obtener una construcción simétrica, el segundo prisma curvado 13 ha sido sustituido igualmente en la figura 1 por una combinación de prisma y espejo no azogados. También son posibles modificaciones en las cuales solo uno de los prismas 11 y 13 sea sustituido por una combinación de prisma y espejo no azogados.

30 La figura 3 muestra una segunda forma constructiva del espectrómetro reproductor. Los elementos que son idénticos a los de la primera forma constructiva mostrada en la figura 1 están provistos con iguales símbolos de identificación y no se repetirá su descripción. Como diferencia con la primera forma constructiva el espectrómetro reproductor acorde con la segunda forma constructiva, en lugar del primer y segundo prisma curvados, presenta un primer
35 prisma 20 doble y un segundo prisma 23 doble, que están colocados de tal manera que se corresponden con la función del primer y del segundo prisma curvados acordes con la primera forma constructiva. El primer prisma doble 20 presenta un primer prisma curvado 21 con una superficie 21a cóncava y una superficie 21b convexa. El primer prisma 21 está situado de tal manera que la superficie 21a cóncava está orientada hacia la rendija 10. A continuación de la superficie 21b convexa está previsto un segundo prisma curvado 22 con una superficie 22a cóncava y una superficie 22b convexa. La superficie 22b convexa está azogada de manera que los rayos de luz que
40 atraviesan el primer prisma 21 inciden sobre el segundo prisma 22, lo atraviesan y se reflejan en la cara posterior 22b azogada, de manera que cada uno de los prismas será atravesado dos veces. Mediante el en total cuádruple paso la dispersión puede aumentar todavía más.

45 Como se puede apreciar en la representación aumentada de la figura 4, los prismas pueden estar situados uno inmediatamente detrás del otro o con una rendija de aire d. En el caso de que estén situados inmediatamente uno detrás del otro pueden estar también pegados uno junto a otro. Los prismas pueden estar contruidos del mismo material o de material diferente, por ejemplo de diferentes cristales. Con ello se pueden ajustar las propiedades específicas, por ejemplo, la linealidad de la dispersión.

50 El segundo prisma doble 23 está construido similarmente y presenta un primer prisma curvado 24 con una superficie 24a cóncava y una superficie 24b convexa y por detrás un segundo prisma curvado 25 con una superficie 25a cóncava y una superficie 25b convexa que están colocadas de tal manera que la superficie 24b convexa del primer prisma está situada enfrentada con la superficie 25a cóncava del segundo prisma 25. La superficie 25b convexa del segundo prisma está azogada.

Con los prismas dobles 20, 23 se pueden corregir más especialmente los errores de representación y mejorar la linealidad y la distorsión.

En lugar del segundo prisma 22 o 25 del prisma doble 20 o 23, el cual tiene una superficie posterior azogada, en una ejecución no acorde con el invento, se puede utilizar también un segundo prisma transparente y un espejo adicional, como está representado en la figura 5. En lugar de un prisma doble se puede utilizar también una combinación de tres o más prismas individuales situados uno detrás de otro.

5 En la figura 6 está representada una tercera forma constructiva del espectrómetro reproductor. Los elementos que son iguales a los de la primera forma constructiva están provistos con iguales símbolos de representación y no se repetirá su descripción. El espectrómetro reproductor acorde con la tercera forma constructiva se diferencia del espectrómetro reproductor acorde con la primera forma constructiva en que adicionalmente está previsto un tercer prisma curvado 27 con una superficie 27a cóncava y una superficie posterior 27b convexa azogada y un segundo espejo 28 con una superficie 28a convexa. El tercer prisma curvado 27 y el segundo espejo 28 están situados de tal manera que los rayos de luz que salen del segundo prisma curvado 13 a través de la superficie curvada 28a del segundo espejo se reflejan sobre el tercer prisma curvado 27, el cual atraviesan dos veces hasta que inciden sobre la superficie de imagen 16. Principalmente las superficies curvadas son esféricas. Las superficies de espejo curvadas y las caras posteriores azogadas están situadas preferentemente de tal manera que sus puntos centrales de curvatura están situados muy cerca unos de otros. Con ello se alcanza una disposición simétrica con alta dispersión.

Los prismas curvados con cara posterior azogada de la tercera forma constructiva pueden también ser sustituidos por combinaciones de prisma – espejo, como está representado en la figura 2, o por prismas dobles con la cara posterior azogada, como está representado en la figura 4, o por combinaciones de prismas dobles – espejo, como está representado en la figura 5 o por combinaciones de prismas múltiples.

La figura 7 muestra una cuarta forma constructiva del espectrómetro reproductor. Los elementos que son iguales a los de la primera o a las formas constructivas precedentes están provistos con iguales símbolos de representación y no se repetirá una descripción detallada. En lugar del espejo curvado 12, 28 de la tercera forma constructiva están previstos un tercer prisma curvado 29 y un cuarto prisma curvado 30. El tercer prisma curvado 29 presenta una superficie 29a cóncava y una superficie 29b convexa, en donde el prisma está situado de tal manera que la superficie 29b convexa está orientada hacia la superficie 11a cóncava del primer prisma curvado 11. La superficie posterior 29a cóncava del tercer prisma curvado esta azogada. El cuarto prisma curvado 30 presenta igualmente una superficie 30a cóncava y una superficie 30b convexa, en donde la superficie 30b convexa está orientada hacia la superficie 13a del segundo prisma curvado 13 y la superficie 30a cóncava esta azogada. En lugar del prisma curvado 13 central, en la figura 6 está previsto un espejo curvado 31 cuya superficie curvada 31a cóncava está orientada hacia las superficies convexas 29b o 30b del tercero y del cuarto prismas curvados.

Preferentemente, también en la cuarta forma constructiva las superficies curvadas reflectantes están situadas de tal manera que sus puntos centrales de curvatura coinciden unos sobre otros o están unos muy cerca de otros. Con ello se consigue un montaje simétrico que reduce los errores de representación.

35 Igualmente son posibles modificaciones de esta forma constructiva. Los prismas con caras posteriores azogadas pueden ser sustituidos por combinaciones de prismas.

Un espectrómetro para la exploración óptica a distancia comprende un espectrómetro reproductor según una de las formas constructivas anteriormente descritas y un telescopio 1 que está representado en la figura 8 a modo de ejemplo. Como detector se utiliza habitualmente una cámara CCD.

40

REIVINDICACIONES

1. Espectrómetro reproductor para generar una imagen desdoblada espectralmente, con una rendija (10) para dejar pasar la luz emitida por un objeto, con un camino óptico para los rayos de luz que han atravesado la rendija en donde el camino óptico presenta consecutivamente:
 - 5 un primer prisma (11, 22) para generar una disociación espectral de un rayo de luz que lo atraviesa, en donde la superficie exterior (11b, 22b) del primer prisma situada aguas abajo en el camino óptico está azogada de manera que los rayos de luz se reflejan en la superficie exterior azogada del primer prisma y atraviesan en un segundo paso el primer prisma con otra disociación espectral;
 - 10 como mínimo un espejo (12) con una superficie exterior (12a) curvada para reflejar un rayo de luz que regresa del primer prisma (11, 22), y
 - 15 como mínimo un segundo prisma (13, 25) en el que se desvía la luz reflejada en el espejo (12) para generar otra disociación espectral de un rayo de luz, en donde la superficie exterior (13b, 25b) del segundo prisma situada aguas abajo en el camino óptico está azogada, de manera que los rayos de luz se reflejan en la superficie exterior azogada del segundo prisma y atraviesan en un segundo paso el segundo prisma con otra disociación espectral, hasta que quedan enfocados sobre una superficie imagen (16) en la que forman una imagen descompuesta espectralmente de la rendija (10),
 - en donde cada prisma presenta dos superficies exteriores curvadas y el centro de la rendija (10), los puntos centrales de curvatura de las superficies reflectantes (12a, 11b, 13b) así como el centro de la imagen de rendija (16) están situados esencialmente a lo largo de una línea.
- 20 2. Espectrómetro reproductor según la reivindicación 1, caracterizado por que como mínimo uno de los prismas está construido como prisma doble (20, 23).
3. Espectrómetro reproductor según una de las reivindicaciones 1 a 2, en donde los prismas presentan superficies curvadas esféricas.
- 25 4. Espectrómetro reproductor según una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el espejo (12) presenta igualmente superficies curvadas esféricas.
5. Espectrómetro reproductor según una de las reivindicaciones 1 a 4, en donde los puntos centrales de curvatura de las superficies reflectantes coinciden esencialmente según el arte de una configuración Offner.
- 30 6. Espectrómetro reproductor según una de las reivindicaciones 1 a 5, en donde están previstos n prismas (11, 13, 28) y n-1 espejos (12, 28) que se encuentran situados en el camino óptico entre aquellos, preferiblemente 3 prismas y dos espejos, en una configuración Offner.
7. Espectrómetro reproductor según una de las reivindicaciones 1 a 6, en donde están previstos dos prismas (11, 13) y un espejo (31) y dos dispositivos de reflexión (29, 30) construidos como elementos de dispersión en una configuración Offner.
- 35 8. Espectrómetro reproductor según una de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el dispositivo de reflexión (12, 28) tiene, visto en dirección radial de la curvatura, una distancia menor de la línea que el dispositivo de dispersión.
9. Espectrómetro, especialmente para la exploración a distancia, con un telescopio y un espectrómetro reproductor según una de las reivindicaciones 1 a 8.
- 40 10. Espectrómetro según la reivindicación 9, además con un detector matricial para el reconocimiento sensible al espectro, de la imagen.

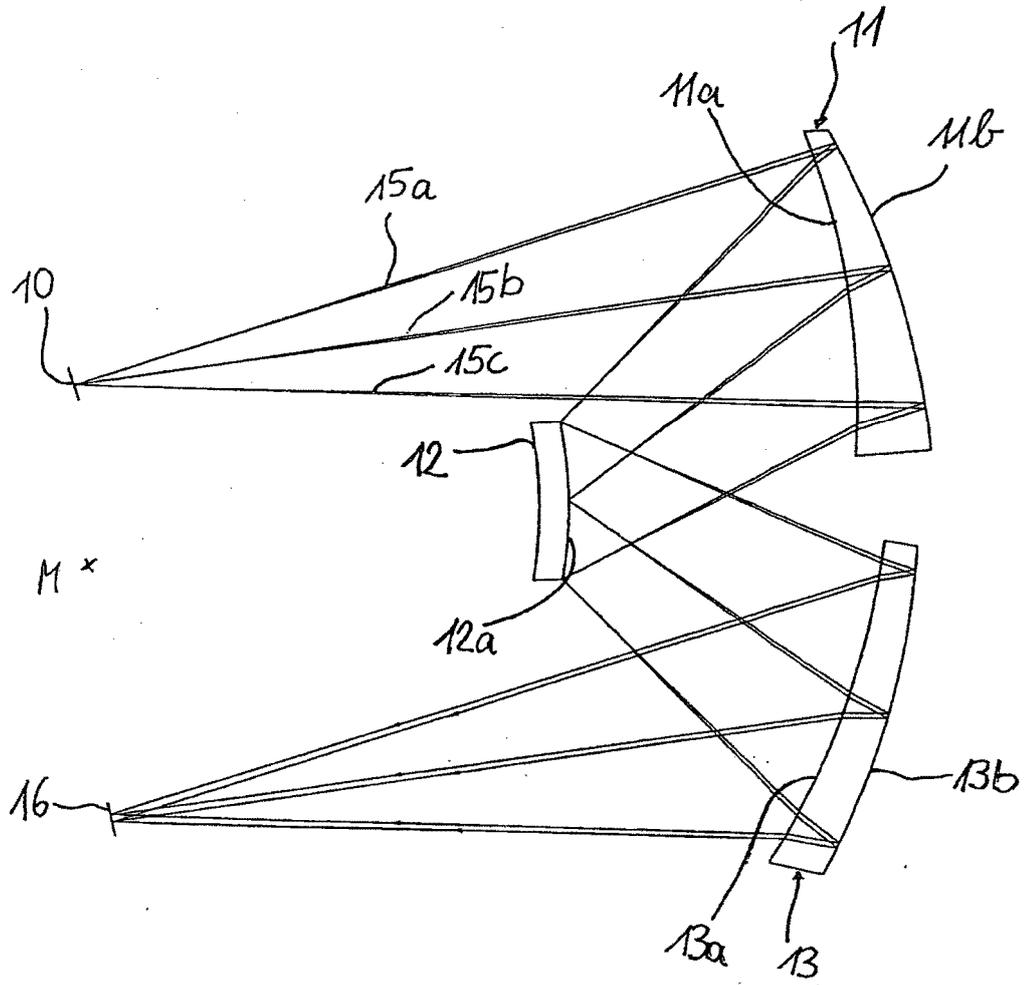


Fig. 1

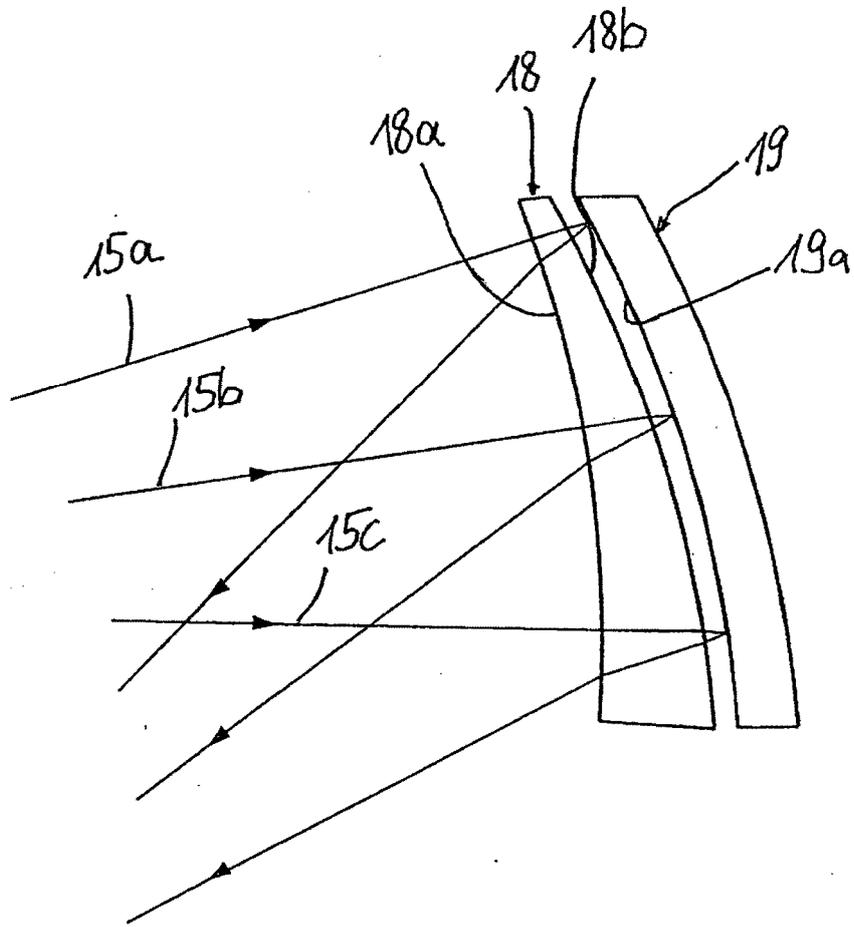


Fig. 2

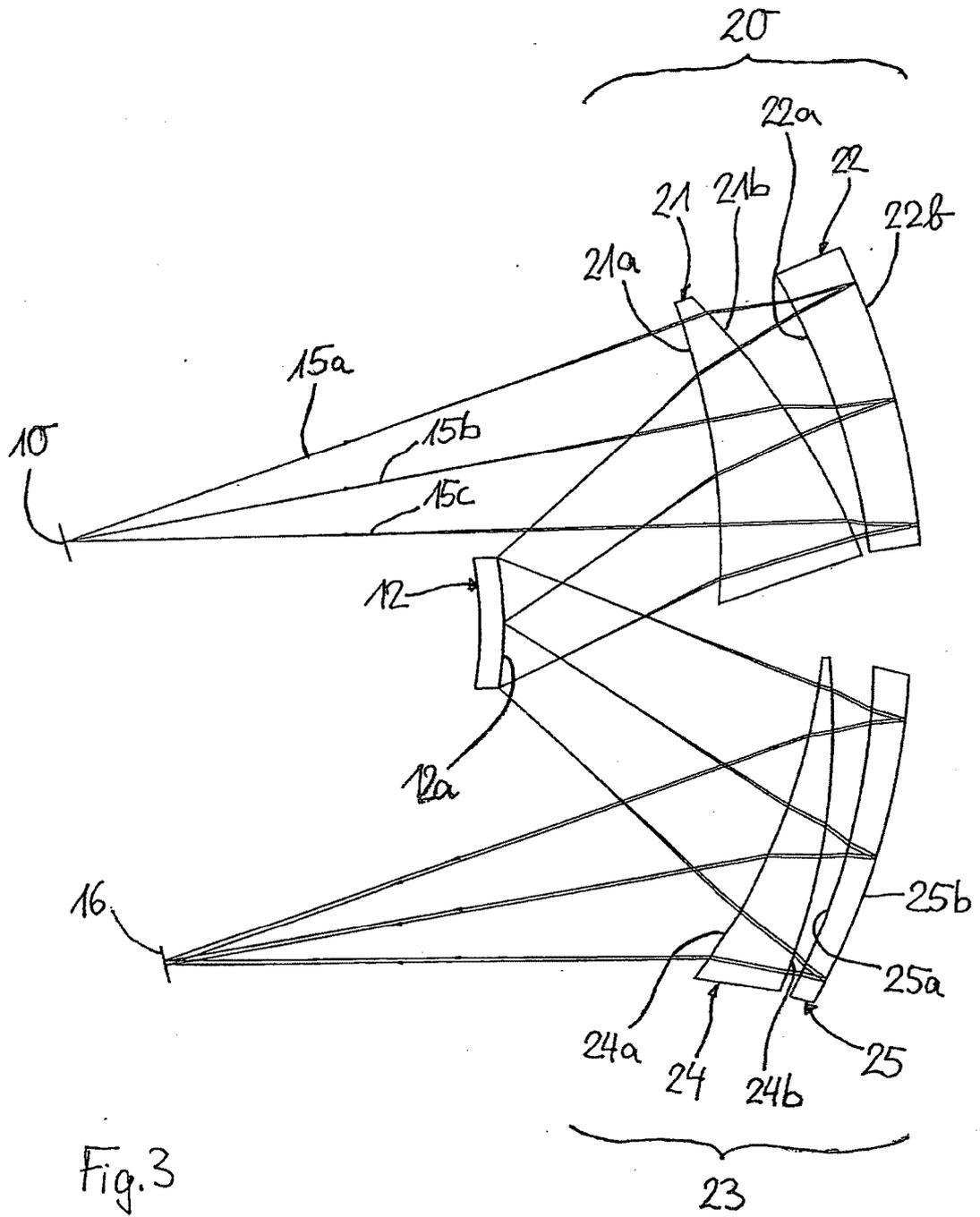


Fig. 3

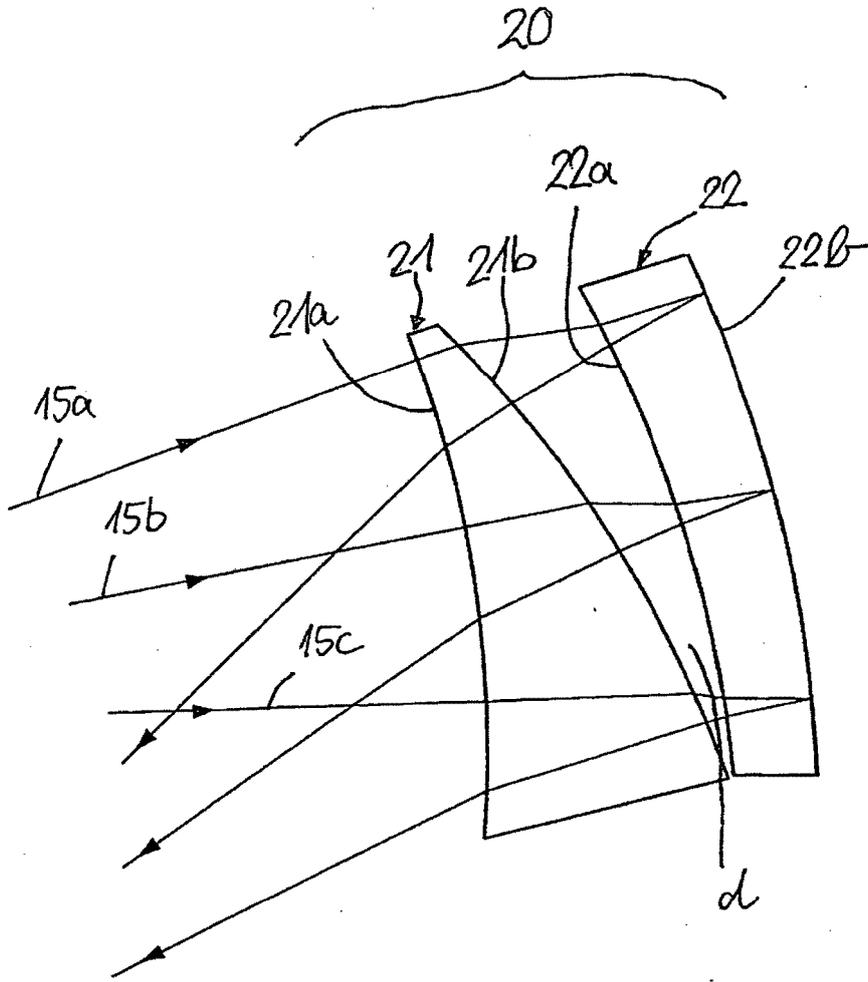


Fig.4

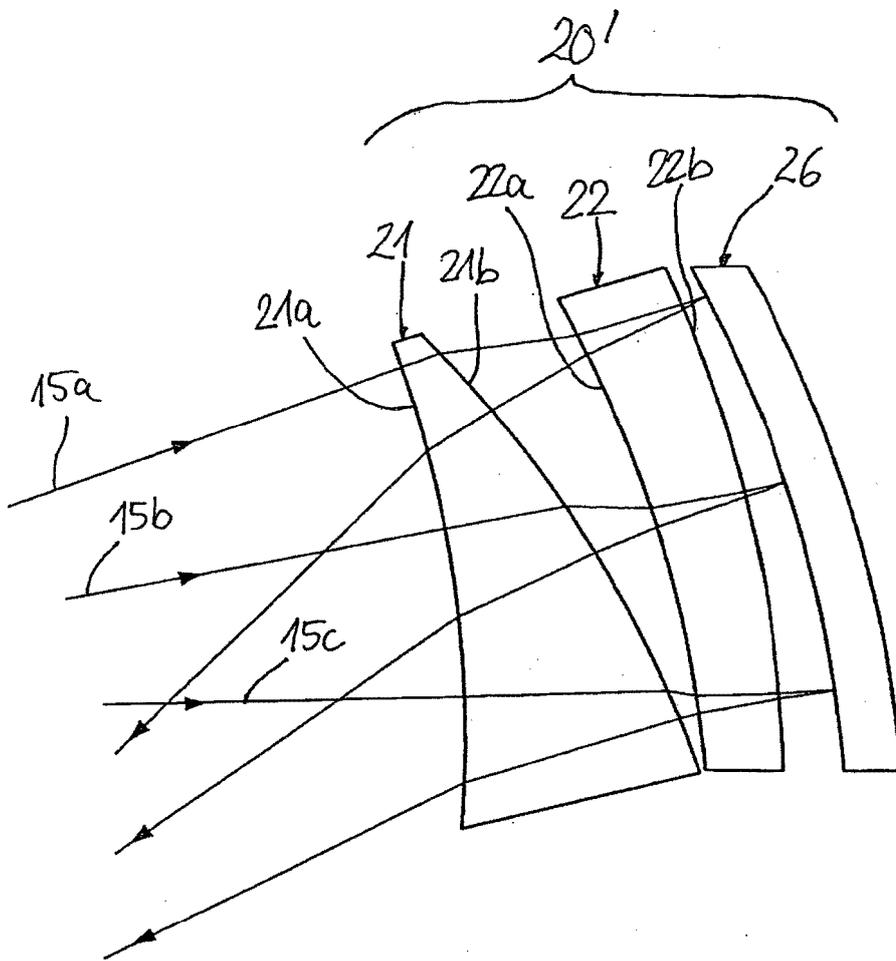


Fig. 5

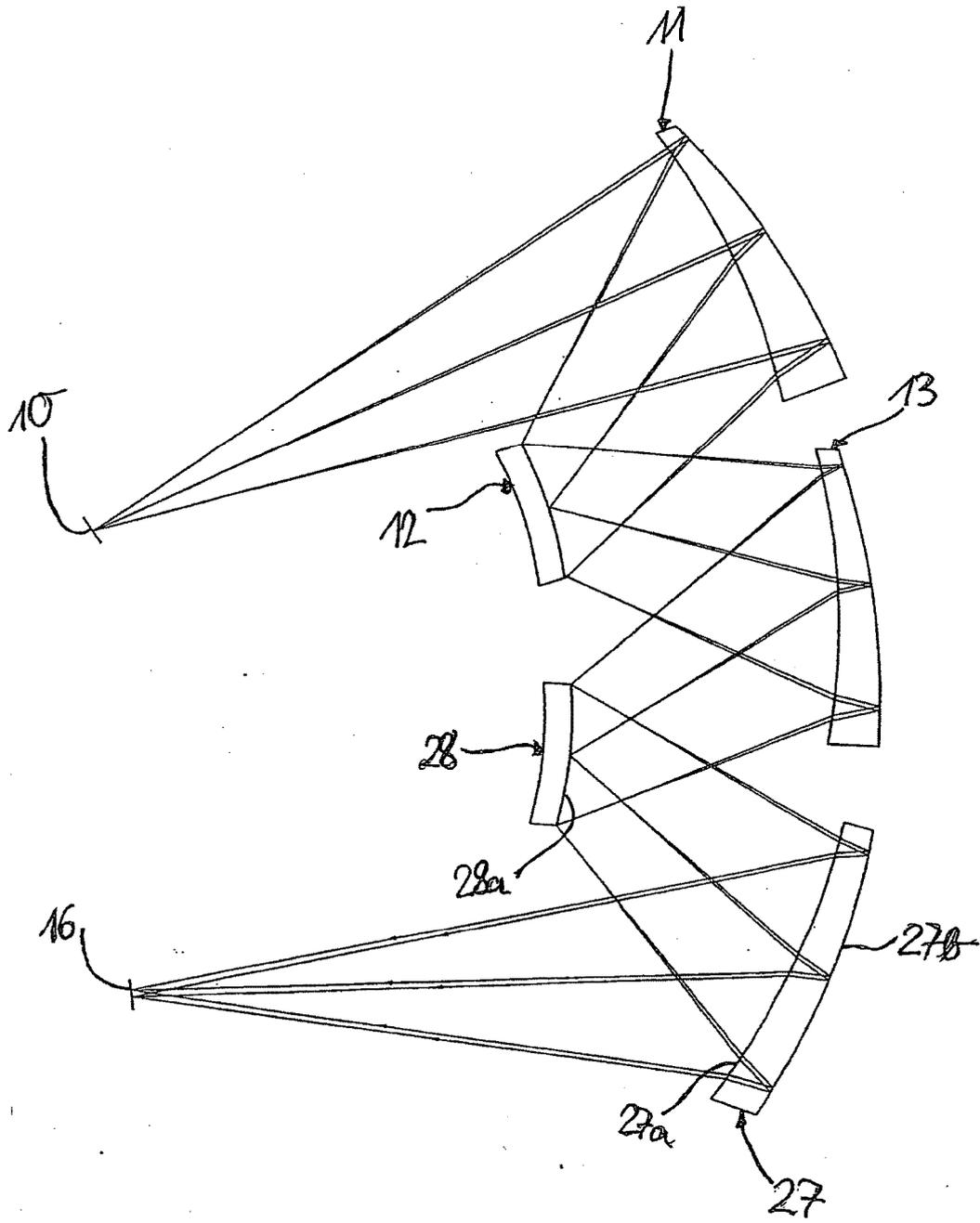


Fig.6

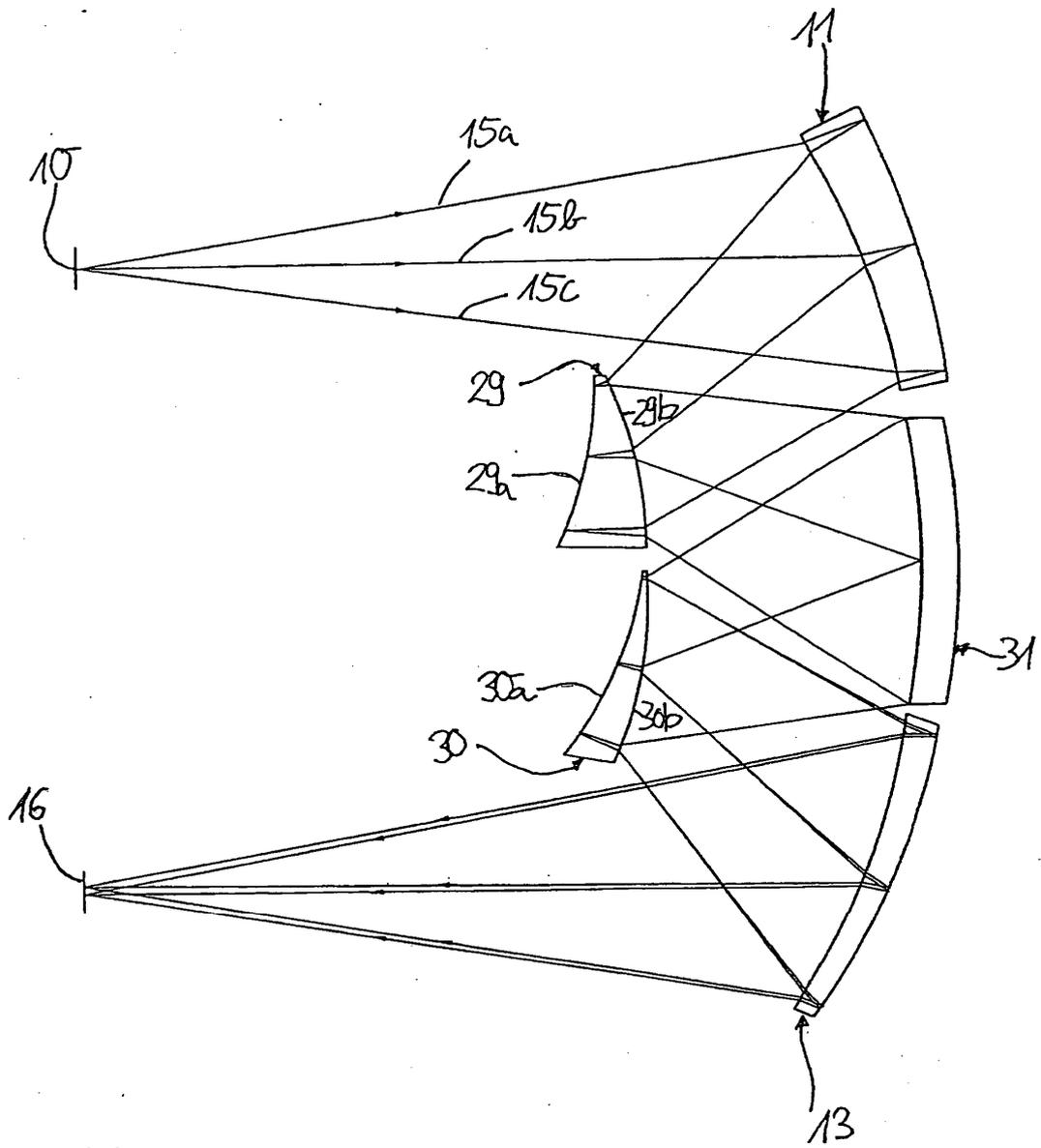


Fig. 7

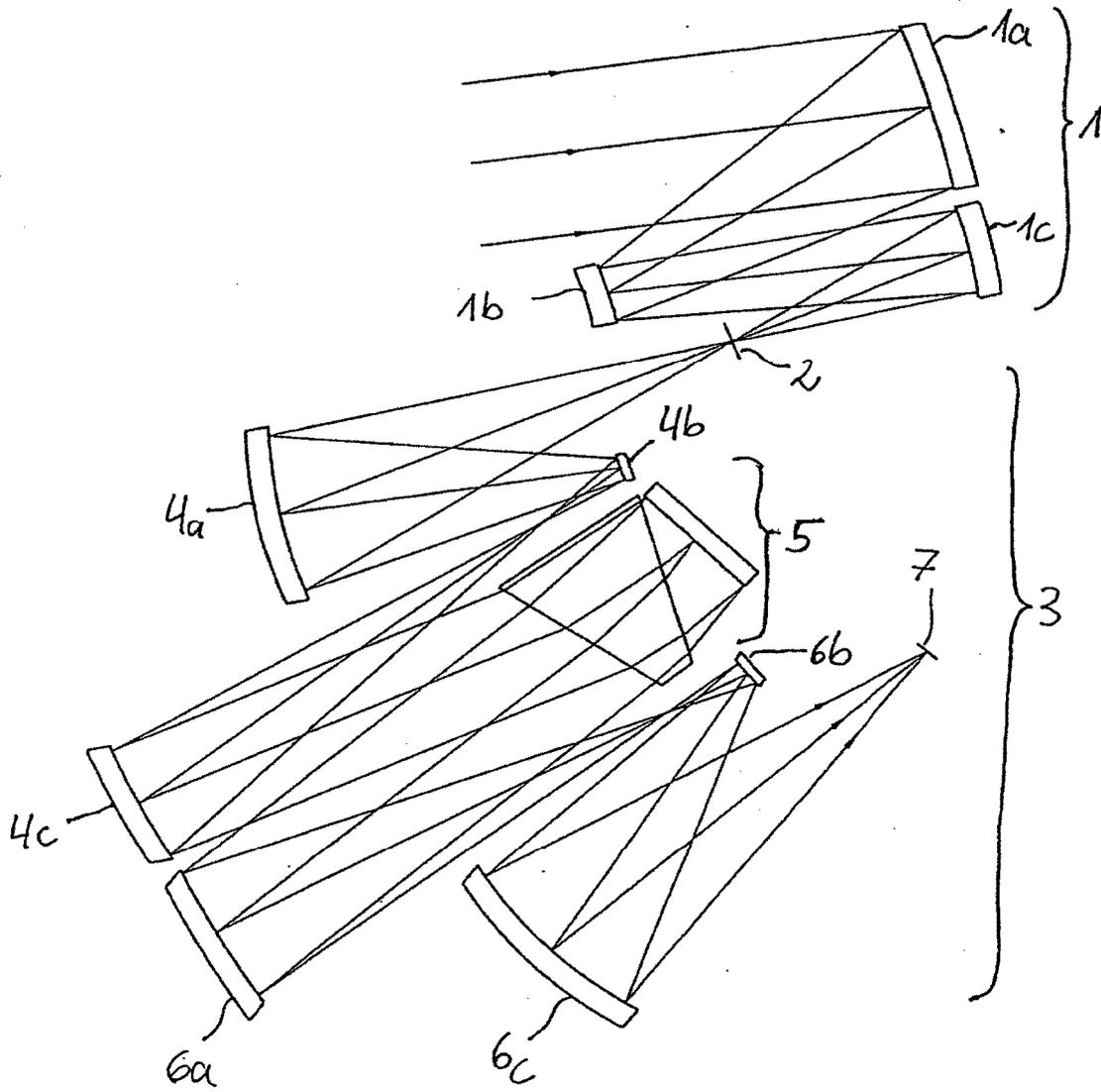


Fig.8