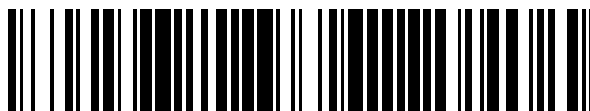


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 687**

51 Int. Cl.:

G02B 6/35 (2006.01)

G02B 6/293 (2006.01)

H04Q 11/00 (2006.01)

H04J 14/02 (2006.01)

G02B 26/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.05.2005 E 05748096 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2012 EP 1754087**

54 Título: **Conmutadores ópticos selectivos en longitud de onda**

30 Prioridad:

29.05.2004 GB 0412157

16.07.2004 GB 0415876

11.10.2004 GB 0422536

21.01.2005 GB 0501301

15.04.2005 GB 0507636

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.03.2013

73 Titular/es:

POLATIS LTD (100.0%)
332-2 CAMBRIDGE SCIENCE PARK, MILTON
ROAD
CAMBRIDGE CB4 0FW, GB

72 Inventor/es:

DAMES, ANDREW, NICHOLAS y
BROCK, MARTIN, EDWARD

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 398 687 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

Conmutadores ópticos selectivos en longitud de onda

Campo de la Invención

La invención se refiere a conmutadores ópticos selectivos en longitud de onda.

5 Antecedentes de la invención y técnica anterior conocida por el solicitante o solicitantes

Los documentos de patente del propio solicitante publicados previamente, tales como WO01/50176, WO02/46825, WO02/103816 y WO03/104872 constituyen una fuente útil de documentación de la técnica anterior. Estos muestran, por ejemplo, dedos de accionador piezoeléctrico utilizados para impulsar el desplazamiento de colimadores en conmutación óptica directa colimador a colimador. El documento WO02/103816 muestra, en particular, configuraciones detalladas de accionadores piezoeléctricos de tipo monolítico. El documento WO03/104872 muestra en detalle cómo pueden utilizarse disposiciones de junta flexible para aumentar la desviación de un elemento óptico, tal como un colimador.

Otros documentos de la técnica anterior muestran dispositivos para la difusión de luz procedente de una fibra, hacia componentes de frecuencias diferentes a través de una red de difracción que depende de la modulación de la intensidad de cada componente, utilizando matrices de pantalla de cristal líquido (LCD, liquid crystal display) o matrices lineales de elementos especulares basculantes que reflejan directamente en otra fibra el espectro procedente de la red de difracción. El documento US 6 661 948 utiliza una red de difracción y una matriz de micro-espejos que son controlables individual y continuamente. Dichos sistemas dependen de los denominados sistemas microelectromecánicos (MEMs, micro-electro-mechanical). Existen otras publicaciones similares tales como: U 6 695 457, US 6 687 431, US 6 625 346, US 6 549 699, US 6 507 685, US 6 504 976 y US 2002/0131698. Análogamente, el documento US 6 535 311 (Corning Incorporated) depende asimismo de la utilización de sistemas MEM que, en esta publicación, adoptan la forma de una matriz de obturadores. Además, el documento US 6 711 316 (JDS Uniphase Incorporated) depende asimismo de la utilización de matrices de deflectores, ya sean de cristal líquido, matrices en fase o matrices MEM reflectantes. Éste es también el caso del documento de patente US 6 707 959 (JDS Uniphase Incorporated), que depende la utilización de MEMs. El documento US 6 204 946 (Lucent Technologies Incorporated) requiere asimismo la utilización de MEMs para recibir señales de múltiples longitudes de onda y conmutar selectivamente entre un modo de transmisión y un modo de reflexión.

Se da a conocer otro artículo de la técnica anterior en el documento US 6 661 953 (Avanex Corporation). Este documento presenta un aparato que tiene por lo menos una fibra de entrada; una lente acoplada ópticamente por lo menos a una fibra de entrada; una red de difracción acoplada selectivamente a la lente en un lado opuesto a, por lo menos, una fibra de entrada; por lo menos una fibra de salida acoplada ópticamente a la lente en el lado opuesto a la red de difracción, y una serie de varillas móviles que residen en el lado de la lente opuesto a la red de difracción, en el que dicha serie de varillas móviles es capaz de interceptar una parte variable de la luz que atraviesa la lente. Si bien este documento menciona que su matriz de varillas móviles puede fabricarse como un sistema microelectromecánico, puede fabricarse asimismo como un conjunto de varillas piezoeléctricas deformables. Sin embargo, el sistema mostrado contempla solamente entradas/salidas de las fibras ópticas; muestra la utilización de un simple peine piezoeléctrico sin ningún elemento reflectante y está relacionado principalmente con la detección o atenuación óptica de canales de longitudes de onda.

Se conocen los siguientes documentos de la técnica anterior: US 6 501 877, que muestra un conmutador óptico selectivo en longitud de onda que comprende un medio dispersivo y un accionador en forma de una matriz de peine, de dedos desplazables dimensionalmente, que tienen cada uno un elemento óptico que dirige una longitud de onda individual a uno de una serie de puertos de salida, US 2003/0173865 y US 2003/108284.

Resumen de la invención

En un primer aspecto general independiente, la invención se define en la reivindicación 1.

45 Esta disposición es particularmente ventajosa debido a que permite que los conmutadores ópticos se configuren a base de componentes ópticos fabricados al por mayor tales como lentes, colimadores, prismas y espejos fabricados al por mayor, para conseguir niveles de precisión comparables a los conmutadores que incorporan necesariamente elementos MEM. Esto reduce asimismo el nivel de tolerancias necesario y simplifica los requisitos de fabricación y mantenimiento, lo que tiene considerables beneficios en costes.

50 En un aspecto secundario adicional, los dedos forman parte de la matriz de peine.

En un aspecto secundario adicional, el o cada elemento óptico es un elemento reflectante.

En otro aspecto secundario, el o cada elemento óptico es un prisma. Una de las ventajas de utilizar un prisma para una disposición de este tipo es que permite que la luz sea desplazada mientras que ninguna inclinación, torsión o pequeño desplazamiento ascendente/descendente o hacia dentro/fuera tiene efectos de primer orden sobre el haz desplazado.

- 5 En un aspecto secundario adicional, el o cada elemento reflectante está acoplado al dedo mediante un medio de junta flexible. Esto permitiría conseguir un acoplamiento flexible que puede utilizarse para obtener una amplificación repetible de cualquier desviación en el extremo del dedo.

- 10 En otro aspecto secundario, el elemento reflectante es un espejo. La utilización de un espejo en lugar de una matriz micromecanizada de espejos tiene asimismo las ventajas de una demanda mínima sobre la estructura de accionamiento, lo que permite que el sistema funcione con un alto nivel de precisión incluso sin estos componentes.

En un aspecto secundario adicional, el o cada espejo se extiende sustancialmente de manera perpendicular al eje longitudinal de los dedos.

En un aspecto secundario adicional, el o cada espejo está montado a lo largo del eje del dedo correspondiente.

- 15 En un segundo aspecto general independiente, la invención se define en la reivindicación 2. Una de las ventajas de esta configuración es que permite que una matriz de accionadores unidimensionales consiga movimientos bidimensionales de los elementos ópticos.

- 20 En otro aspecto secundario del primer aspecto independiente general, dichos uno o varios elementos ópticos están equipados con una varilla que se extiende desde el elemento hacia un alojamiento equipado con medios para detectar la posición de la varilla dentro de dicho alojamiento. Esto permite conseguir la retroalimentación de la posición para que se produzcan ajustes a efectos de conseguir niveles de precisión elevados/ajustables.

En otro aspecto secundario, se disponen medios eléctricos de detección para detectar la posición de los dedos. Esto permite un posicionamiento más preciso de los elementos ópticos.

En un aspecto secundario, el elemento reflectante es un prisma.

En un aspecto secundario, se elemento reflectante es un espejo.

- 25 Breve descripción de las figuras

Las figuras 1a, b, c, d y e muestran un peine accionador con un prisma truncado en cada dedo del peine, en vistas en planta, en alzado lateral, en alzado frontal, en alzado posterior y en perspectiva, respectivamente.

Las figuras 2a, b, c y d muestran un peine accionador en el que cada dedo porta un prisma, en vistas en planta, en alzado lateral, en alzado frontal y en perspectiva, respectivamente.

- 30 Las figuras 3a, b, c y d muestran un peine accionador, portando cada dedo un espejo situado perpendicularmente, en vistas en planta, en alzado frontal, en alzado lateral y en perspectiva, respectivamente.

Las figuras 4a, b, c y d muestran un accionador en vistas en planta, en alzado lateral, en alzado frontal y en perspectiva, respectivamente.

- 35 La figura 5a muestra una vista en planta de un peine accionador con brazos de articulación, en el que los dedos son desplazables individualmente en una dimensión para conseguir el desplazamiento bidimensional de un elemento óptico.

La figura 5b muestra una vista lateral del accionador de la figura 5a.

La figura 6a muestra una vista en perspectiva de un accionador con una matriz de espejos.

- 40 La figura 6b muestra una vista lateral en perspectiva, de la parte posterior del accionador de la figura 6a.

Las figuras 7a, b y c muestran esquemáticamente vistas laterales de un elemento conmutador que utiliza un prisma.

- La figura 8a muestra una vista en planta de un conmutador selectivo en longitud de onda, que utiliza prismas accionados.
- La figura 8b muestra una vista lateral del conmutador de la figura 8a.
- 5 La figura 9a muestra una vista en planta de un conmutador de bloqueador óptico selectivo en longitud de onda.
- La figura 9b muestra una vista lateral del conmutador de la figura 9a.
- Las figuras 10a y 10b muestran respectivamente una vista superior y lateral de una parte de conmutador óptico selectivo en longitud de onda que utiliza prismas, y un peine piezoeléctrico como bloqueador.
- La figura 11 muestra un conmutador selectivo en longitud de onda.
- 10 La figura 12 muestra una disposición de detección de la posición alrededor de los dedos de un peine accionador; mostrándose en la figura los dedos en sección transversal.
- La figura 13 muestra la utilización de matrices de colimadores de n vías, tanto en modo convergente como en modo paralelo.
- 15 La figura 14a muestra una vista esquemática en sección transversal, de un dedo para desplazar un bloque de espejo.
- La figura 14b muestra un posible circuito para detectar la posición de diversos elementos de la disposición de la figura 14a.
- La figura 15a muestra la disposición de detección para una matriz de dedos desplazables bidimensionalmente.
- 20 La figura 15b muestra una vista lateral de otra disposición de detección, para detectar la posición del bloque.
- Las figuras 16a y 16b muestran, respectivamente, una vista en planta y una vista lateral de un conmutador selectivo en longitud de onda que utiliza un espejo basculante, de acuerdo con una realización de la invención.
- 25 Las figuras 17a y 17b muestran una disposición de dos peines piezoeléctricos que forman un escáner, en una vista en planta y una vista lateral en sección transversal, respectivamente.
- Las figuras 18a y 18b muestran la realización de la figura 17, donde los dedos del accionador de peine piezoeléctrico están flexionados.
- 30 La figura 19 muestra una representación esquemática de las placas de electrodo y las capas piezoeléctricas en una vista en sección transversal del accionador de peine de cinco dedos de las figuras 17 y 18.
- Las figuras 20a, b y c muestran una matriz de entradas ópticas asociadas con un prisma ranurado, en una vista lateral esquemática, una vista lateral y una vista en perspectiva, respectivamente.
- 35 Las figuras 21a y b muestran una matriz de entradas ópticas asociadas con un espejo ranurado en una vista esquemática lateral/en sección transversal, y los elementos ópticos ranurados en una vista en perspectiva, respectivamente.
- Las figuras 22a y b muestran una matriz de entradas ópticas asociadas con un bloque de vidrio ranurado en una vista lateral/en sección transversal y una vista frontal, respectivamente.
- 40 Las figuras 23a, b y c muestran una matriz de un colimador y un bloque de montaje en una vista en perspectiva (b) y una vista en sección transversal (c).

Descripción detallada de las figuras

Las figuras 1a, b, c, d y e muestran diferentes vistas de un peine accionador piezoeléctrico 1 con diez dedos 2 desplazables independientemente. Cada dedo, tal como el indicado en 2, puede ser desplazado en su extremo 3 esencialmente en la dirección Y (ver el sistema de coordenadas ortogonales de la figura 1e). Si este accionador está montado en uso en un plano horizontal, los dedos individuales 2 se desplazarán en las direcciones ascendente y/o descendente. El desplazamiento del extremo libre del dedo piezoeléctrico está dirigido principalmente a conseguir la inclinación del prisma 4. En este sentido, el desplazamiento es un efecto lateral, siendo el objetivo principal la inclinación. Para obtener una relación adecuada de rotación frente a desplazamiento, los dedos piezoeléctricos actúan como si fueran un brazo que rota en torno a un eje X, en el centro del extremo libre de los dedos piezoeléctricos. Las disposiciones de las figuras siguientes 2 a 5 producen asimismo este modo de inclinación. Por contraste, las disposiciones de las figuras 6 y 7 utilizan el desplazamiento de los dedos piezoeléctricos para generar un ángulo amplificado mediante sus disposiciones de junta flexible.

Cada dedo del peine 1 porta un prisma, tal como el indicado como 4 en el extremo 3. El prisma puede estar acoplado a este extremo mediante cualquier medio apropiado conocido por un experto en la materia. En esta disposición, el prisma 4, tal como puede verse mejor en la vista de la figura 1b, está recortado en su extremo inferior 5. Por lo demás, el prisma tiene una forma esencialmente circular en sección transversal. La línea de truncamiento en el extremo 5 se extiende perpendicularmente a la hipotenusa de la forma triangular del prisma.

Tal como se ha mencionado anteriormente, en la realización mostrada cada dedo es desplazable solamente en una dimensión. Sin embargo, se contempla asimismo que pueda hacerse que los dedos, que en esta disposición se desplazan solamente en una dimensión, se desplacen en dos o tres dimensiones. Puede obtenerse un dedo desplazable bidimensionalmente utilizando un accionador de la clase descrita en el documento WO02/103816, que es una de las publicaciones anteriores del solicitante.

Las figuras 2a, b, c y d muestran varias vistas de un accionador indicado en general como 6, en forma de accionador de peine piezoeléctrico. El peine tiene una serie de dedos, tal como el indicado en 7, que portan cada uno en su extremo 8 un prisma 9. El peine piezoeléctrico puede funcionar de manera similar al accionador de peine piezoeléctrico descrito en relación con la figura 1. Es un objetivo particular de esta disposición conseguir el desplazamiento en una dimensión en la dirección Y de cada dedo individual. Puesto que el extremo 8 de cada dedo está unida al ángulo derecho de un prisma 9, cualquier desplazamiento del extremo 8 provocará el desplazamiento del prisma. En las realizaciones tanto de la figura 1 como de la figura 2, el prisma puede estar acoplado solamente a un dedo del peine piezoeléctrico o estar acoplado adicionalmente a una estructura de soporte independiente mediante una junta flexible o cualquier otro medio de unión apropiado.

Las figuras 3 muestran varias vistas a, b, c y d de un accionador indicado en general como 10. El accionador 10 adopta la forma de un accionador de peine piezoeléctrico con una serie de dedos 11 que, en el extremo 12, están acoplados a un elemento reflectante o espejo 13. El espejo, tal como se muestra en las figuras, se extiende perpendicularmente desde su dedo correspondiente. El espejo 13 puede ser reflectante en una cara del espejo, contemplándose no obstante que la cara reflectante sea la cara 14 o bien la cara 15. La elección del elemento reflectante y su posición con respecto a su dedo correspondiente dependerán de la aplicación contemplada para este accionador.

En esta disposición, los dedos están diseñados para desplazarse en las direcciones tanto X como Y. Las dos líneas a lo largo del dedo del accionador piezoeléctrico definen el área del dedo que lleva a cabo el desplazamiento en la dirección X, mientras que las áreas por encima y por debajo de estas líneas son responsables de los desplazamientos en la dirección Y. Alternativamente, los dedos pueden ser un accionador unidimensional, tal como en las disposiciones de las figuras 1 y 2 anteriores. Estos accionadores pueden ser asimismo estructuras monolíticas completamente independientes para desplazar cada espejo, las cuales forman un peine cuando están soportadas sobre una estructura de soporte común.

Las figuras 4 muestran diversas vistas de otro accionador 16 que incorpora una serie de dedos 17 sobre cada uno de los cuales está fijado, en su extremo 18, un elemento reflectante 19, que en esta realización es un espejo. El accionador 16 puede funcionar y configurarse de manera similar a los accionadores de las figuras 1, 2 y 3. Si bien la disposición mostrada conseguirá el desplazamiento unidimensional del extremo 18 del dedo 17 en la dirección Y, otras configuraciones de dedos o accionadores independientes pueden conseguir un desplazamiento bidimensional o tridimensional del espejo 19.

Las dos figuras siguientes, figuras 5a y 5b, muestran respectivamente una vista en planta y una vista lateral de un accionador 20. Este accionador adopta la forma de un accionador de peine piezoeléctrico con una serie de dedos que son desplazables independientemente tras su activación. El dedo 21 es de configuración similar al dedo 17 de la figura 4a. Soporta un elemento reflectante 222 en su extremo 223. En esta disposición, el dedo 21 es una barra desplazable unidimensionalmente en la dirección Y, de manera que este desplazamiento del dedo 21 en la dirección Y tiene como resultado el desplazamiento del espejo 222 en la misma dirección. Los dedos 21 están dispuestos

solamente en dedos alternos del peine. En esta configuración, los dedos 22, 23, 24 y 25 son redundantes y de hecho pueden eliminarse si es factible. El dedo 26 y todos los demás dedos alternos de izquierda a derecha no portan tampoco un espejo pero están dispuestos para desplazar un brazo 27 de articulación diagonal, que se extiende desde un punto de acoplamiento en una posición esencialmente central (con respecto a la longitud del dedo 26) hasta un punto de acoplamiento 29 en estrecha proximidad con el extremo 23 del dedo 21. El brazo 27 de articulación diagonal causa que el espejo 22 se desplace en la dirección X cuando el dedo 26 es desplazado en la dirección Y. Esta disposición consigue desplazamientos bidimensionales de elementos ópticos a través de un peine accionador piezoeléctrico unidimensional. Los dedos 230, 231, 232 y 233 tampoco contribuyen al funcionamiento de los elementos ópticos y, por lo tanto, pueden retirarse si es factible.

La figura 5b retiene las mismas referencias numéricas que las utilizadas haciendo referencia a la figura 5a, para facilitar la comprensión. En esta figura, el punto de acoplamiento 28 adopta la forma de una varilla flexible 28 de altura idéntica al elemento reflectante 222.

Las figuras 6a y 6b muestran vistas independientes de un accionador 30 que comprende una serie de accionadores piezoeléctricos monolíticos bidimensionales 31 de la clase descrita en detalle en la publicación anterior del propio solicitante a la que se ha hecho referencia anteriormente. Estos están soportados mediante un bloque 32 sobre una placa de circuito impreso 33 que puede estar adaptada para impulsar y detectar la posición de los dedos 31. El extremo 34 del dedo 31 está acoplado a un medio 35 de conexión o de junta flexible que une el extremo 34 con el elemento reflectante o espejo 36. Un segundo medio de conexión o junta flexible 37 acopla al espejo 36 a un bloque separador 38 que se extiende a través de toda la matriz de dedos 31. Apilado sobre el bloque separador 38, el bloque separador 39 soporta una placa de circuito impreso inferior que se extiende a través de la matriz de dedos 31 que, junto con la placa de circuito impreso 41 y las placas verticales 42, forman una matriz de detección capacitiva que detecta cambios en la capacidad cuando las varillas 43, que están acopladas a la parte posterior de los espejos 36, son desplazadas en el interior del alojamiento formado por dos placas verticales 42 y partes de las placas de circuito impreso 40 y 41. El bloque separador 38 se extiende más allá del bloque separador 39 para formar un escalón 244, tal como se muestra en la figura 6b, que permite el espacio suficiente para que tenga lugar la flexión de la junta flexible 37.

En esta configuración, cuando el dedo 31 se desplaza en la dirección X, provocará que el espejo 36 se incline en el plano X/Y, y cuando el dedo 31 se desplaza en la dirección Y, provocará que el espejo se incline en el plano Y/Z.

La figura 7c muestra una implementación de un accionador 44 situado en parte de un conmutador de adición-sustracción. El accionador comprende un dedo piezoeléctrico 2D 45 acoplado a una estructura de soporte 46 a través de un separador posterior 47. En el extremo 48 del dedo 45 está dispuesta una junta flexible 49 que se extiende perpendicularmente respecto del dedo 45. Ésta conecta con un brazo de articulación 50 que retiene en su extremo 51 un prisma 52. Una segunda junta flexible 53 acopla el brazo de articulación 50 a la estructura de soporte 46. Puesto que la distancia entre las juntas flexibles 49 y 53 es sólo de aproximadamente 1/6 de la longitud del brazo de articulación 50, cualquier desplazamiento del dedo 45 tendrá como resultado un desplazamiento amplificado en el extremo 51. Por consiguiente, el prisma 52 puede desplazarse sobre una distancia relativamente grande con mínimas desviaciones del dedo. En esta configuración, el prisma 52 puede desplazarse frente a un elemento reflectante, en esta realización un espejo 54. La figura 7a muestra un haz de luz que se refleja desde el espejo 54 sin que el prisma 52 afecte al haz de luz. En la figura 7b, el accionador 44 desplaza el prisma 52 hacia el haz de luz, lo cual traslada el haz de luz a modo de periscopio. Una ventaja clave de la utilización de los prismas para desplazar la luz es que cualquier inclinación, torsión o desplazamiento pequeño ascendente/descendente o hacia dentro/fuera no tiene efectos de primer orden sobre el haz desplazado. Esto reduce la demanda sobre la estructura de accionamiento, que puede optimizarse en costes y robustez. Una aplicación del accionador de la figura 7 está en la disposición selectiva en longitud de onda mostrada en la figura 8a y la figura 8b.

Una serie de colimadores de entrada y salida, tales como los indicados en 55 y 56, respectivamente, se utilizan como puertos. Estos están enfocados hacia un punto sobre un espejo colimador 57 que refleja de vuelta los haces sobre un espejo 58 de formación de imágenes, situado a la longitud focal desde la red 59. La red 59 está situada a 45° respecto del eje longitudinal. La red vuelve a separar la luz en sus componentes sobre el espejo 58 de formación de imágenes, que a su vez refleja la luz hacia el elemento 54 de reflexión del plano de longitudes de onda. Una serie de prismas 60, 61 y 62 están situados frente al espejo 54 para conmutar la luz procedente de los puertos de entrada/salida a un par de puertos de adición/sustracción. La luz es desplazada hacia arriba o hacia abajo en la distancia de un colimador, para acoplarse con un par diferente de colimadores, por ejemplo, añadir 1/sustraer 1 (71, 72), añadir 2/sustraer 2 (73, 74), añadir 3/sustraer 3 (75, 76) o añadir 4/sustraer 4 (77, 78), apilados verticalmente por encima y por debajo 55 y 56.

En lugar de utilizar accionadores de desplazamiento bidimensional para cada prisma, el accionador puede adoptar la forma de una matriz de accionadores unidimensionales de la clase mostrada en las figuras 1 a 5. Asimismo, puede adoptar la forma de una matriz de accionadores sin que ningún elemento óptico sea insertado en los haces a cada longitud de onda de una cantidad variable. Esto conseguiría una arquitectura simple de bloqueador con una entrada y una salida, y atenuación variable para cada longitud de onda. En esta versión, el elemento reflectante 54 puede

sustituirse por un simple espejo plano 79. Dicha disposición se muestra en las figuras 9a y 9b. En esta configuración, existen dos puertos de entrada/salida 80, 81, un espejo colimador 82, un espejo 83 de formación de imágenes, una red 84 y una matriz 85 de accionadores unidimensionales que puede desplazarse entrando o saliendo de la trayectoria de los haces de luz de longitud de onda individual.

- 5 Una posible implementación de estas dos disposiciones utilizaría una red de 900 líneas por milímetro con una inclinación de 45° con respecto de los haces entrantes, con dimensiones globales de 8 x 12 milímetros. Se contempla utilizar colimadores de 1 mm de diámetro que funcionan a una distancia de trabajo de 100 mm. Asimismo, se contempla utilizar una separación de bandas de 500 GHz, 8 bandas a través de la banda C, centradas en 1550 nm. La distancia entre la red 59, el espejo 54 y la lente de enfoque o el espejo 58 de formación de imágenes puede ser de 200 mm, longitud focal de 200 mm. Se contempla tener la separación de las bandas de frecuencia en el espejo 54 a 1 mm, con una anchura total de 8 mm. Asimismo, se contempla tener una cintura del haz de los colimadores de aproximadamente 350 μm de diámetro, con un tamaño de punto idéntico en el espejo de formación de imágenes. Se contempla que el ángulo de separación entre los haces de colimador de entrada y salida sea de 15 mrad, mientras que la separación entre ejes longitudinales de colimador sería de 1,5 mm.
- 10
- 15 Asimismo, se contempla utilizar un peine accionador piezoeléctrico cuyos dedos sean de 20 mm de longitud, con un paso de 1 mm y con una ranura de 0,1 mm entre dedos. Cada dedo está fabricado de dos capas de cerámica piezoeléctrica blanda, cada una de 0,5 mm de grosor. Éste se activa en modo paralelo, con una oscilación de tensión de accionamiento de 300 V, proporcionando una desviación de 0,7 mm en el extremo del accionador piezoeléctrico. Los extremos de los accionadores piezoeléctricos están, preferentemente, dentro de 1 mm desde el espejo montado en un ángulo de 15° con respecto a la horizontal. Cuando está en movimiento, el extremo de los accionadores piezoeléctricos se desplaza desde 0,25 mm (estado de atenuación cero) por debajo del centro del haz hasta 0,45 mm por encima (estado totalmente bloqueado). Esta descripción contempla asimismo la incorporación de una placa de cuarto de onda en la cara frontal del espejo, con su eje alineado en 45° respecto de la horizontal. Esto permite que el eje de polarización rote 90° entre los dos pasos sobre los dedos de atenuación, debido a que la luz atraviesa dos veces la placa de ondas. Esto permite la cancelación de la pérdida dependiente de la polarización de primer orden, creada por los dedos en el estado semi-bloqueado, mientras que cancela asimismo la pérdida dependiente de la polarización (PDL, polarisation-dependent loss) de primer orden introducida por la red. Las funciones mostradas respectivamente en las figuras 7 a 8b, y 9a y 9b (adición sustracción flexible y atenuación variable), pueden combinarse en la misma unidad, tal como se muestra en las figuras 10a y b mediante realizar todos los desplazamientos de prismas en la misma dirección y situar los dedos de atenuación delante. En esta figura, se disponen un elemento reflectante 86 del plano de longitudes de onda, una matriz 89 de bloqueadores, un accionador 90 de prismas y los prismas 91, 92, 93 y 94.
- 20
- 25
- 30

La figura 11 muestra una vista tridimensional de un conmutador selectivo en longitudes de onda, que utiliza algunos de los accionadores descritos en las realizaciones anteriores. Una serie de fibras ópticas 95 acoplan luz a una matriz lineal 96 de colimadores convergentes de n vías, diseñada de tal modo que los haces procedentes de todas las lentes convergen en un único punto en el plano de la matriz. Cada lente está asimismo enfocada de tal modo que cada haz atraviesa una cintura de haz gaussiano en el mismo punto. La matriz está configurada de tal modo que un puerto, por ejemplo el puerto de entrada, está a una separación diferente respecto de los otros n-1 puertos (puertos de salida). Por ejemplo, 9 puertos de salida están una separación de 1 mm, con un décimo puerto de entrada desplazado en 1,5 mm, de tal modo que el puerto de entrada está desfasado con los otros 9. Esto impide el acoplamiento espurio entre los puertos de salida cuando el puerto de entrada está conectado al tercer/quinto/séptimo, etc., puerto de salida.

35

40

Los haces procedentes de los colimadores convergen en un primer espejo abatible 97, y a continuación sobre un espejo cilíndrico 98 que vuelve a formar la imagen de la cintura del haz desde los colimadores en un eje (Y) sobre el segundo espejo abatible 99, permitiendo al mismo tiempo que los haces sigan extendiéndose en el otro eje (X). A continuación, el haz es reflejado desde un segundo espejo abatible 99 de vuelta sobre el espejo cilíndrico 98, que vuelve a reflejar los haces en una cintura en y, sobre el tercer espejo abatible 100. A continuación, el haz se refleja desde el tercer espejo abatible 100, y a continuación atraviesa la lente cilíndrica 101, que envía 10 haces independientes casi paralelos hacia la red y la lente de red esférica 102, que produce un haz paralelo sobre la red, y a continuación proporciona la focalización necesaria en el plano X para enfocar la luz nítidamente sobre la matriz 105. A continuación, el haz es dirigido sobre una red 103 de difracción de alta eficiencia, con pocas pérdidas dependientes de la polarización, que distribuye la luz a diferentes longitudes de onda hacia una lente ángulo-posición 104 que dirige los haces de longitudes de onda diferentes en direcciones paralelas hacia una matriz unidimensional de espejos de conmutación 105. Esta matriz adopta la forma del accionador piezoeléctrico 16 presentado en la figura 4 anterior. Modificar el impulso eléctrico para cada dedo del accionador cambia el ángulo del espejo acoplado al dedo, y por lo tanto el camino de la luz a la longitud de onda correspondiente. Un sensor capacitivo 106 de la posición proporciona retroalimentación eléctrica desde la posición de cada dedo en el accionador. Este peine tiene asimismo un sensor capacitivo de la posición (no mostrado) que asegura un comportamiento lineal, estable y sin histéresis.

45

50

55

A continuación, la luz que se refleja desde la matriz 105 desanda su trayectoria a través del sistema, alcanzado la matriz 96 de colimadores a una altura determinada por el ángulo de cada elemento de espejo en la matriz 105. De este modo, las longitudes de onda individuales de la entrada son dirigidas a las salidas 1 a 9.

Un peine piezoeléctrico unidimensional 107, sin ningún elemento óptico, está situado muy próximo al accionador 105 y está configurado de manera que cuando se acciona a un nivel apropiado, cada dedo asciende bloqueando completamente la luz a una longitud de onda correspondiente. Alternativamente, si el dedo no está en la posición de bloqueo, permitirá que la luz incida en el elemento óptico 105 apropiado. Esto permite que sea bloqueada la luz de la longitud de onda relevante, procedente de los puertos de entrada, mientras el espejo conmutador cambia de posición, impidiendo por lo tanto la interferencia dinámica no deseada cuando el espejo oscila más allá de los puertos intermedios entre los puertos de destino antiguos y nuevos.

Una matriz de la clase presentada en la figura 4 puede incorporar, por debajo de sus dedos, un substrato aislante metalizado 108 con una matriz de pistas metálicas 109, paralelas a los dedos del peine cuando los dedos del accionador no son desviados. Las conexiones eléctricas de las pistas aplican formas de onda de estímulo de AC, con la misma frecuencia que las pistas alternas pero con fases relativas de 0°, 90°, 180° y 270°. Las pistas restantes están conectadas en parejas a un amplificador operacional de bajo nivel de ruido. El amplificador operacional está configurado de manera que su salida es proporcional a la suma de los acoplamientos capacitivos entre las pistas conectadas a su entrada y la pista de estímulo adyacente. Hay una conexión de baja impedancia (a la frecuencia del estímulo) entre los dedos del peine piezoeléctrico y tierra. Cuando los dedos ascienden y descienden, la magnitud del acoplamiento entre las pistas de estímulo y el amplificador operacional varía. Esto provoca que la salida del amplificador operacional varíe de la manera indicada en el gráfico de la figura 12. Puede verse que variar las posiciones de cada uno de los dos dedos asociados con cualquier amplificador operacional produce variaciones ortogonales en la salida de dicho amplificador operacional, permitiendo por lo tanto que se determine independientemente la posición de los dos dedos.

Tal como se muestra en la figura 13, en lugar de utilizar una matriz lineal 96 de colimadores convergentes de n vías, puede utilizarse una matriz de colimadores no convergentes 110 para dirigir la luz a una lente adicional 111 situada frente a la matriz, a efectos de provocar que los haces converjan en un punto. Mediante la elección adecuada de la longitud focal de la lente y la separación de las lentes y la matriz de colimadores, es posible asegurar que todos los haces pasan a través de una cintura de haz gaussiano en el mismo punto en que se cruzan todos. En la figura 13 se muestra una comparación de una matriz 96 de colimadores convergentes y una matriz 110 de colimadores paralelos.

Para compensar un enfoque excesivo/insuficiente de la luz en el sistema, las posiciones de las cinturas de haz gaussiano desde la matriz de colimadores pueden regularse para estar delante o detrás del punto en que se cruzan todos los haces.

En una disposición que no forma parte de la invención se utilizan juntas flexibles para acoplar los espejos al peine, en lugar de que estén unidos directamente al peine. Puede verse un ejemplo de esto en la figura 14a. Un dedo cerámico piezoeléctrico 112 está fijado en un extremo a una estructura de soporte 113 a través de un separador 114. El dedo 112 incorpora una junta flexible 115 que se extiende perpendicularmente desde el extremo del dedo 112 y se acopla con un bloque de vidrio 116. Una segunda junta flexible 117 se utiliza en la cara más delantera del bloque 116 para fijar el bloque 116 a la estructura de soporte 113. El conjunto puede fabricarse tal como se ha descrito anteriormente, uniéndose como un solo bloque una sola cerámica piezoeléctrica con dos juntas flexibles individuales, antes de cortar el conjunto completo en una serie de dedos. Alternativamente, la junta flexible posterior 115 puede estar preformada con una serie de lengüetas discretas para el acoplamiento a cada diente de un peine piezoeléctrico fabricado previamente. A continuación, el espejo y las juntas flexibles pueden unirse y cortarse antes de su acoplamiento al peine piezoeléctrico. En todos los casos, las juntas flexibles están configuradas de manera que se transmite al espejo el movimiento de los dedos del peine piezoeléctrico en un eje (por ejemplo arriba/abajo) al margen de potenciales marginales en otros ejes (por ejemplo, no se acopla la entrada/salida respecto del plano del dibujo). El bloque de vidrio puede ser reflectante para reflejar la luz perpendicular a los dedos piezoeléctricos tal como se muestra en la trayectoria 119 del haz, y en paralelo a los mismos tal y como se muestra mediante la trayectoria 118 del haz. El lado del bloque correspondiente a la trayectoria 118 puede utilizarse en un modo de movimiento unidimensional del bloque, mientras que el lado del bloque correspondiente a la trayectoria 119 puede utilizarse en un modo de movimiento bidimensional del bloque así como en un modo de movimiento unidimensional del bloque si es factible.

Tal como se ha mencionado anteriormente haciendo referencia la figura 11, la luz que procede de la red de difracción es difundida por longitudes de onda. Sin embargo, la cantidad mediante la que se separan longitudes de onda diferentes no es perfectamente uniforme a través de una banda de longitudes de onda. Para compensar esto, el conjunto de piezoeléctrico/espejo puede cortarse con una separación no uniforme. Alternativamente, el peine piezoeléctrico puede cortarse con una separación fija, y puede cortarse un conjunto de espejo con una separación no uniforme. A continuación, se acoplan ambos entre sí.

Asimismo, es posible situar una matriz de pistas de detección sobre los dedos del peine piezoeléctrico así como por debajo de los mismos. Puede implementarse un sensor diferencial, tal como el mostrado en la figura 14b. La ventaja de utilizar una disposición de este tipo es que produce una característica mejorada de señal/ruido respecto del esquema de detección original discutido anteriormente.

5 Haciendo referencia la figura 14a, la disposición contempla asimismo la utilización de sensores en las posiciones 120 y 121, en una posición separada hacia adelante respecto de la cara frontal en el bloque 116 y en una posición separada por debajo del bloque 116, para el sensor 121. Alternativamente, pueden instalarse sensores en estas dos posiciones y utilizar un esquema diferencial discutido anteriormente. Se contempla asimismo una disposición de detección de la posición, entre partes 139 de la placa y parte 138 del accionador piezoeléctrico.

10 Además, alternativamente, tal como se muestra en la figura 15b, es posible extender una de las juntas flexibles 122 más allá del bloque de vidrio 123 y utilizar un diseño 124 de sensor diferencial para detectar la posición de esta junta flexible y, de ese modo, deducir la posición del bloque de vidrio 123. La disposición de la figura 15b es particularmente adecuada cuando se utiliza con un dedo piezoeléctrico bidimensional.

15 La figura 15c muestra otra disposición en la que una junta flexible 122' se extiende hacia adelante desde el bloque de vidrio 123' hasta un detector diferencial 124' de la posición. Este diseño es particularmente adecuado cuando se utiliza con un dedo piezoeléctrico unidimensional. Puede utilizarse en lugar de la disposición de detección situada por debajo de los dedos, que se muestra en la figura 14a y se indica en 138 y 139.

20 De acuerdo con la invención, cada dedo piezoeléctrico es capaz de desplazarse en dos dimensiones: ascendente y descendente con respecto al plano del peine, e izquierda y derecha dentro del peine. En esta realización, es posible modificar a qué puerto de salida está acoplado del puerto de entrada, sin dirigir la luz desde el puerto de entrada a través de puertos de salida intermedios en el proceso. Se evita entonces la necesidad del peine bloqueador. La figura 15a muestra un esquema de detección de la posición adecuado para la monitorización del movimiento en dos ejes.

25 Las figuras 16a y b muestran un conmutador selectivo en longitud de onda, de acuerdo con la realización de la invención. El conmutador comprende un colimador de entrada 125 que puede enviar un haz de luz a través de una lente cilíndrica 126 sobre un espejo esférico 127. A continuación, la luz se refleja sobre una red 128 y vuelve al espejo esférico 127. Después, la luz atraviesa la lente cilíndrica 129 antes de incidir en la matriz 130 de espejos, que puede basarse en cualquiera de las disposiciones mostradas en las figuras 5 y 6, descritas en esta solicitud. Después, la luz desanda su trayectoria a través del sistema hasta uno de nueve colimadores de salida 125a... 125i, dependiendo del ángulo del elemento individual 130 de la matriz de espejos. En esta realización, las distancias puede ser: a) aproximadamente 1,5 - 10,5 mm; b) 115 mm; c) 65 mm; d) aproximadamente 1 - 2 mm; e) 1,3 mm; f) 66 mm; g) aproximadamente 1,5 - 10,5 mm y h) aproximadamente 1000 mm. Estas distancias se utilizan como un ejemplo de distancias apropiadas, sin pretender ser limitativas.

35 Las figuras 17a y b muestran un escáner 131 de láser piezoeléctrico múltiple, que comprende dos accionadores 132 y 133 situados en posición. Cada accionador adopta la forma de un peine piezoeléctrico, donde cada dedo 134 termina en un elemento reflectante o espejo 135, los peines piezoeléctricos de estos accionadores están contruidos preferentemente acoplando inicialmente los espejos 135 a un bloque de material piezoeléctrico, antes de cortar con sierra de diamante las ranuras para fabricar los dedos separados del peine. Cada dedo del peine es accionado mediante un medio eléctrico apropiado para conseguir desplazamientos bidimensionales de los espejos. Las figuras 40 18a y b muestran el escáner de láser piezoeléctrico con los dedos en un modo desviado, así como los circuitos de accionamiento electrónico.

La figura 17b muestra asimismo las capas de conductores, tal como las indicadas en 136, y la placa base 137 sobre la que están montadas las matrices de accionadores. La figura 19 muestra asimismo las capas conductoras dentro la matriz de accionadores, intercaladas con material cerámico piezoeléctrico necesario para conseguir los desplazamientos ascendente (U, up), descendente (D, down), izquierdo (L, left) y derecho (R, right) de los dedos individuales.

45 Utilizando un par de peines accionadores de cinco dedos con una separación de 1 mm, teniendo los dedos 0,9 mm de grosor y 3 mm de longitud, puede fabricarse un escáner que consigue un ángulo de escaneado total de 0,1 radianes en ambos ejes, con un ancho de banda de aproximadamente 15 kHz.

50 La figura 20C muestra un banco 150 de elementos ópticos como colimadores 151, situados a una separación de 2 mm frente a las aberturas de un prisma ranurado (un prisma recto ranurado, en esta disposición). Se dispone asimismo un banco 152 de elementos ópticos como colimadores 153, situados a una separación de 2 mm, para dirigir luz entre las ranuras del prisma de manera que la luz rebota desde las caras 154 y 155. La matriz de haces de salida resultantes de esta disposición tiene como resultado una matriz de haces a una separación de solamente 1

mm. En otras palabras, la matriz de salida tiene una separación de la mitad de la separación de los colimadores de entrada.

5 Las figuras 21 muestran una disposición intercalada interna, donde el accionador 156 comprende un reflector 157 para dirigir luz sobre el dedo 158 de un espejo ranurado 160, mientras que el accionador 159 comprende un reflector 161 para dirigir luz entre los dedos del espejo ranurado, o a través de una ranura del espejo, para que ésta sea reflejada mediante el espejo posterior 162. Los accionadores están separados con un paso de 2 mm y consiguen, mediante esta disposición, haces de salida con un paso de 1 mm.

10 Las figuras 22 muestran una disposición intercalada adicional, en la que el accionador 163 utiliza un reflector 164 para dirigir luz sobre un bloque 165 de vidrio ranurado, que dirige luz saliendo a través de uno de sus dedos 166. Esta disposición utiliza un segundo accionador 167 que dirige luz entre los dedos, a través de las ranuras 168, de manera que mientras que la separación de los accionadores es de 2 mm, la separación de los haces de salida es de solamente 1 mm.

La disposición intercalada anterior puede utilizarse con diversas entradas, tales como colimadores o reflectores o cualquier otra entrada adecuada seleccionada entre alternativas conocidas por un experto en la materia.

15 Las figuras 23 muestran un colimador 169 que ha de retenerse en su posición mediante juntas flexibles, tales como las indicadas en 170 y 171, que se acoplan en las partes frontal y posterior del colimador, respectivamente, y se extienden hacia arriba para ser retenidas mediante un bloque de fijación 172. El bloque incorpora una serie de grapas 173 para sujetar una junta flexible mediante el ajuste del perno 174. Esta disposición puede utilizarse para 20 permitir el ajuste fino, durante la fabricación, del ángulo de puntería x e y, y de la posición x e y (es decir, 4 ejes en total).

REIVINDICACIONES

1. Conmutador óptico selectivo en longitud de onda, que comprende uno o varios puertos de entrada (125) para dirigir un haz óptico al conmutador;

una serie de puertos de entrada (125a-125i);

5 medios dispersivos (128) configurados para recibir dicho haz óptico y separar espacialmente el haz óptico en componentes de longitud de onda individual,

un accionador (130) hacia el que son encaminados dichos componentes de longitud de onda individual; adoptando dicho accionador la forma de una matriz de dedos móviles alargados (31), desplazando uno o varios de dichos dedos móviles alargados un elemento óptico (36), cada uno de los cuales dirige uno de dichos componentes de longitud de onda individual a uno o varios puertos de salida seleccionados de dicha serie de puertos de salida,

caracterizado porque dichos dedos (31) son accionadores piezoeléctricos monolíticos desplazables en dos dimensiones, teniendo dichos uno o varios de los mencionados dedos un primer medio de conexión (35) a dicho elemento óptico (36), y **porque** dicho conmutador selectivo en longitud de onda comprende además un segundo medio de conexión (37) entre el elemento óptico y una estructura de soporte (38), de manera que el primer medio de conexión (35) y el segundo medio de conexión (37) están separados mutuamente; de modo que dichos elementos ópticos pueden inclinarse, en uso, para evitar que durante la conmutación sean encaminados componentes de longitud de onda seleccionada a uno o varios puertos de salida intermedios.

2. Conmutador óptico selectivo en longitud de onda, que comprende uno o varios puertos de entrada (125) para dirigir un haz óptico al conmutador;

una serie de puertos de entrada (125a-125i);

medios dispersivos (128) configurados para recibir dicho haz óptico y separar espacialmente el haz óptico en componentes de longitud de onda individual;

un accionador (130) hacia el que son encaminados dichos componentes de longitud de onda individual; adoptando dicho accionador la forma de una matriz de dedos móviles alargados (21, 22, 23, 24, 25, 26, 230, 231, 232, 233), portando uno o varios de dichos dedos móviles alargados un elemento óptico (222), cada uno de los cuales dirige componentes de longitud de onda individual a uno o varios puertos de salida seleccionados de dicha serie de puertos de salida, en el que los dedos (21, 22, 23, 24, 25, 26, 230, 231, 232, 233) forman parte de un peine (20) y son accionados en una dimensión, portando un primer conjunto de dedos (21) de dicho peine dichos elementos ópticos (222);

caracterizado porque un segundo conjunto de los dedos (26) de dicho peine están conectados a los dedos del primer conjunto mediante uno o varios brazos de articulación (27); de modo que el primer conjunto de dedos accionan el desplazamiento de elementos ópticos seleccionados en una primera dimensión, y el segundo conjunto de dedos desplazan dichos brazos de articulación; de modo que dichos elementos ópticos son desplazados en dos dimensiones; y de modo que dichos componentes ópticos que portan dichos dedos se desplazan en dos dimensiones para evitar de que sean encaminados durante la conmutación componentes de longitud de onda seleccionada a uno o varios puertos de salida intermedios.

3. Conmutador óptico según la reivindicación 1, en el que los dedos forman una matriz de peine.

4. Conmutador óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el o cada elemento óptico para dirigir componentes de longitud de onda individual es un elemento reflectante (36, 222).

5. Conmutador óptico según la reivindicación 4, en el que el o cada elemento óptico es un prisma.

6. Conmutador óptico según la reivindicación 4, en el que el o cada elemento reflectante está acoplado al dedo mediante un medio de junta flexible.

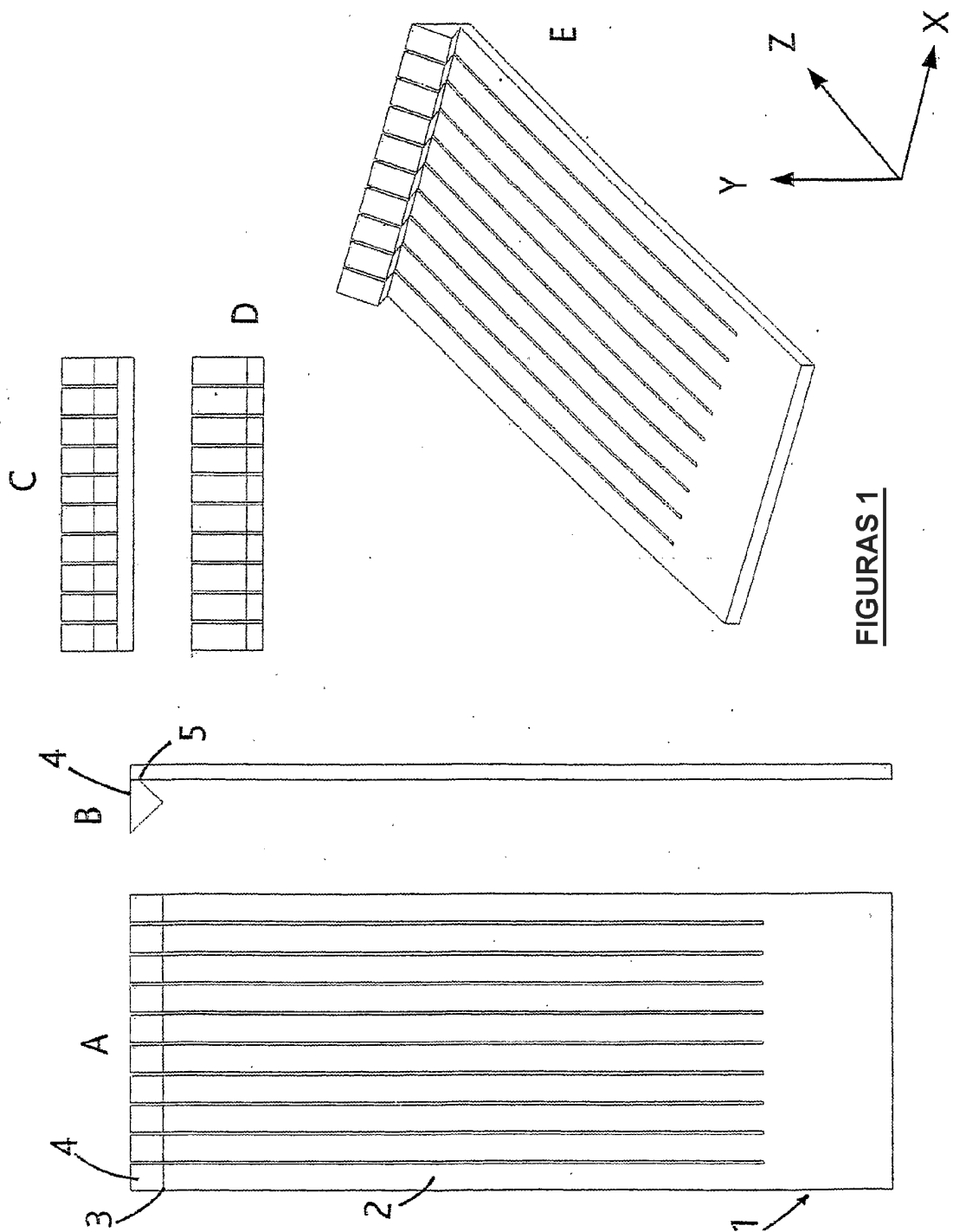
7. Conmutador óptico según la reivindicación 4, en el que el elemento reflectante es un espejo (36, 222).

8. Conmutador óptico según la reivindicación 7, en el que el o cada espejo (222) está montado a lo largo del eje del dedo correspondiente.

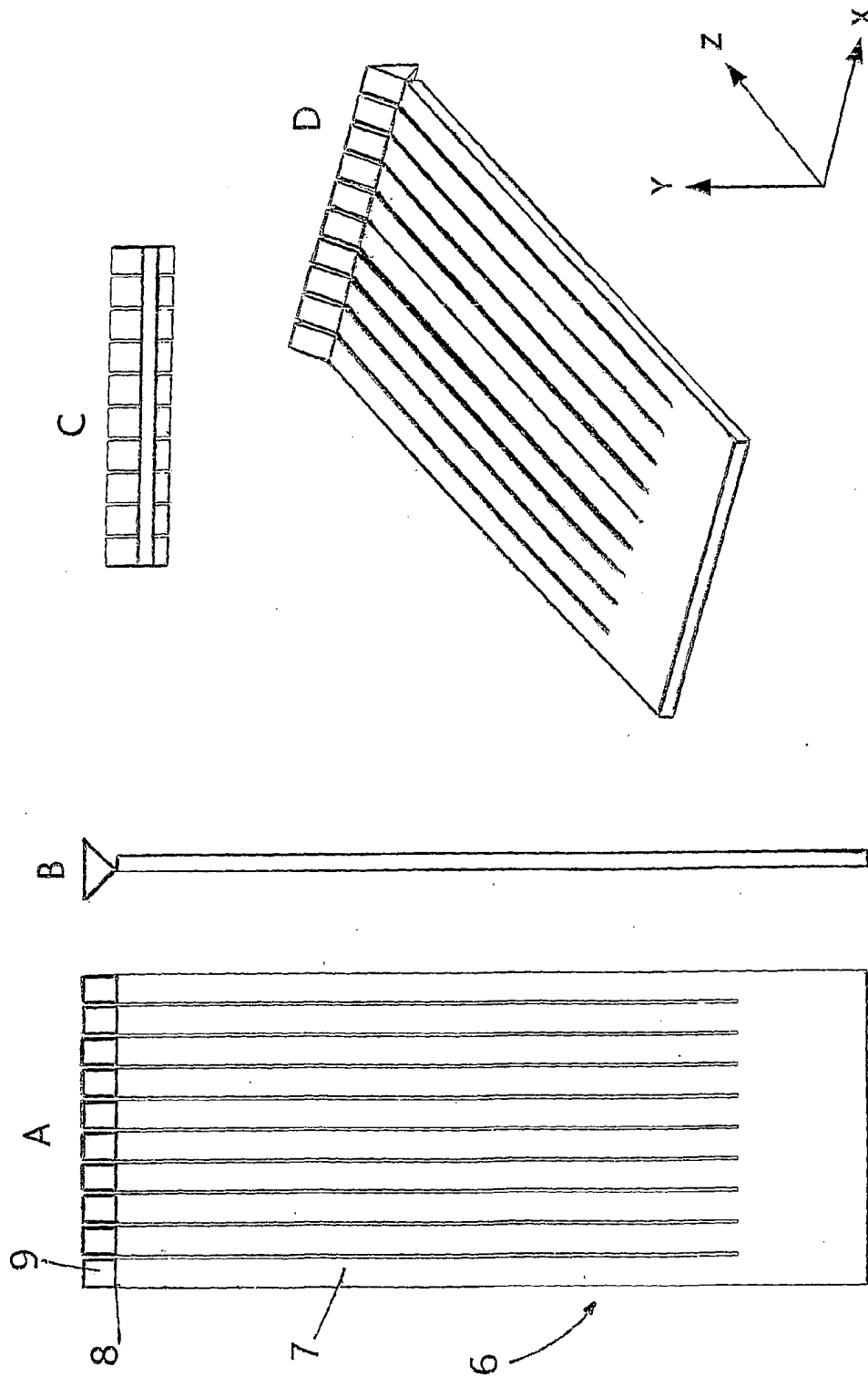
9. Conmutador óptico según la reivindicación 7, en el que el o cada espejo se extiende sustancialmente perpendicular desde el eje longitudinal de los dedos.

5 10. Conmutador óptico según la reivindicación 1, en el que dicho elemento óptico está equipado con una varilla (43) que se extiende desde el elemento hacia un alojamiento (42) equipado con un medio capacitivo para detectar la posición de la varilla dentro de dicho alojamiento.

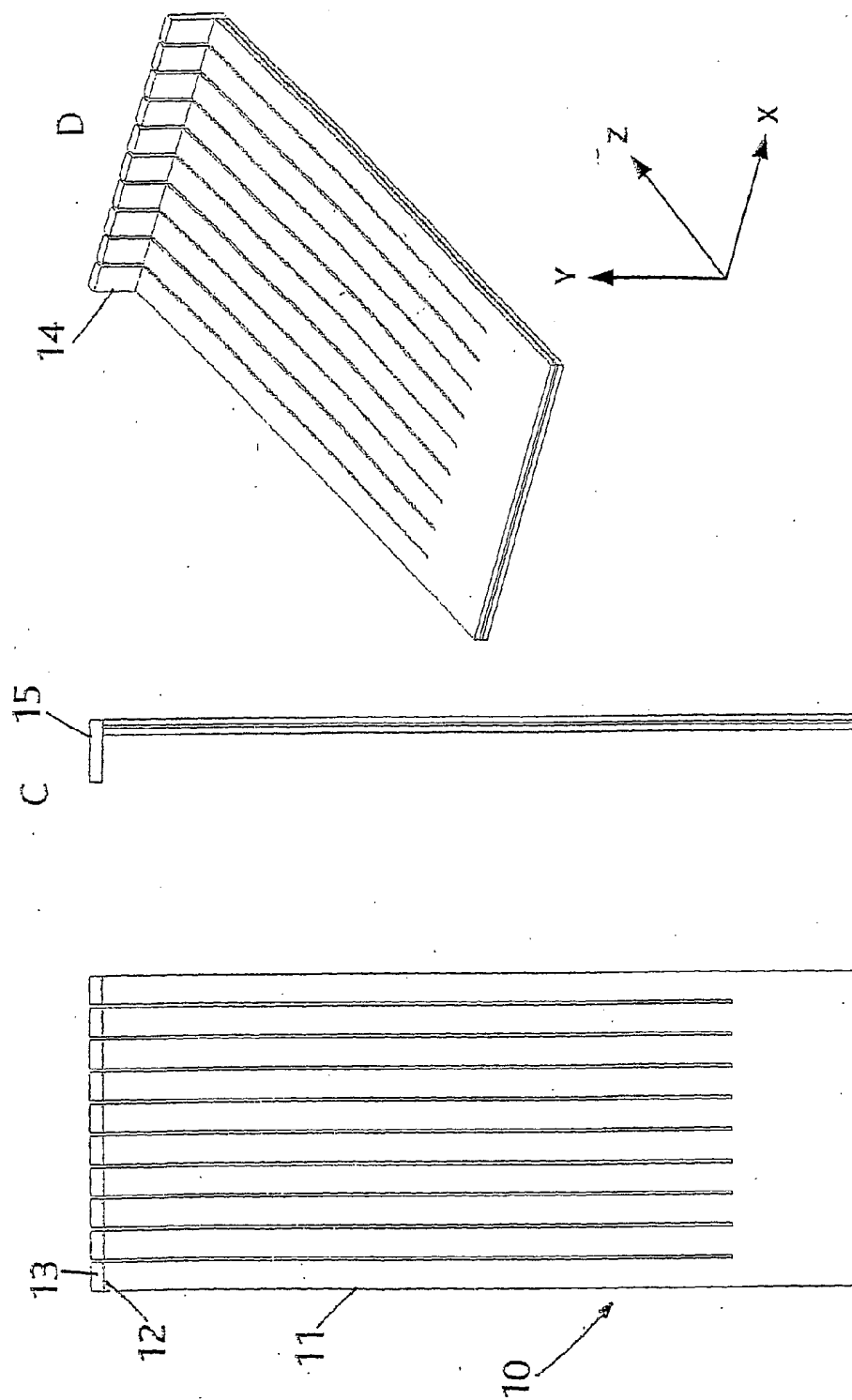
11. Conmutador óptico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se disponen medios eléctricos (106) de detección para detectar la posición de los dedos.



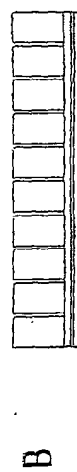
FIGURAS 1

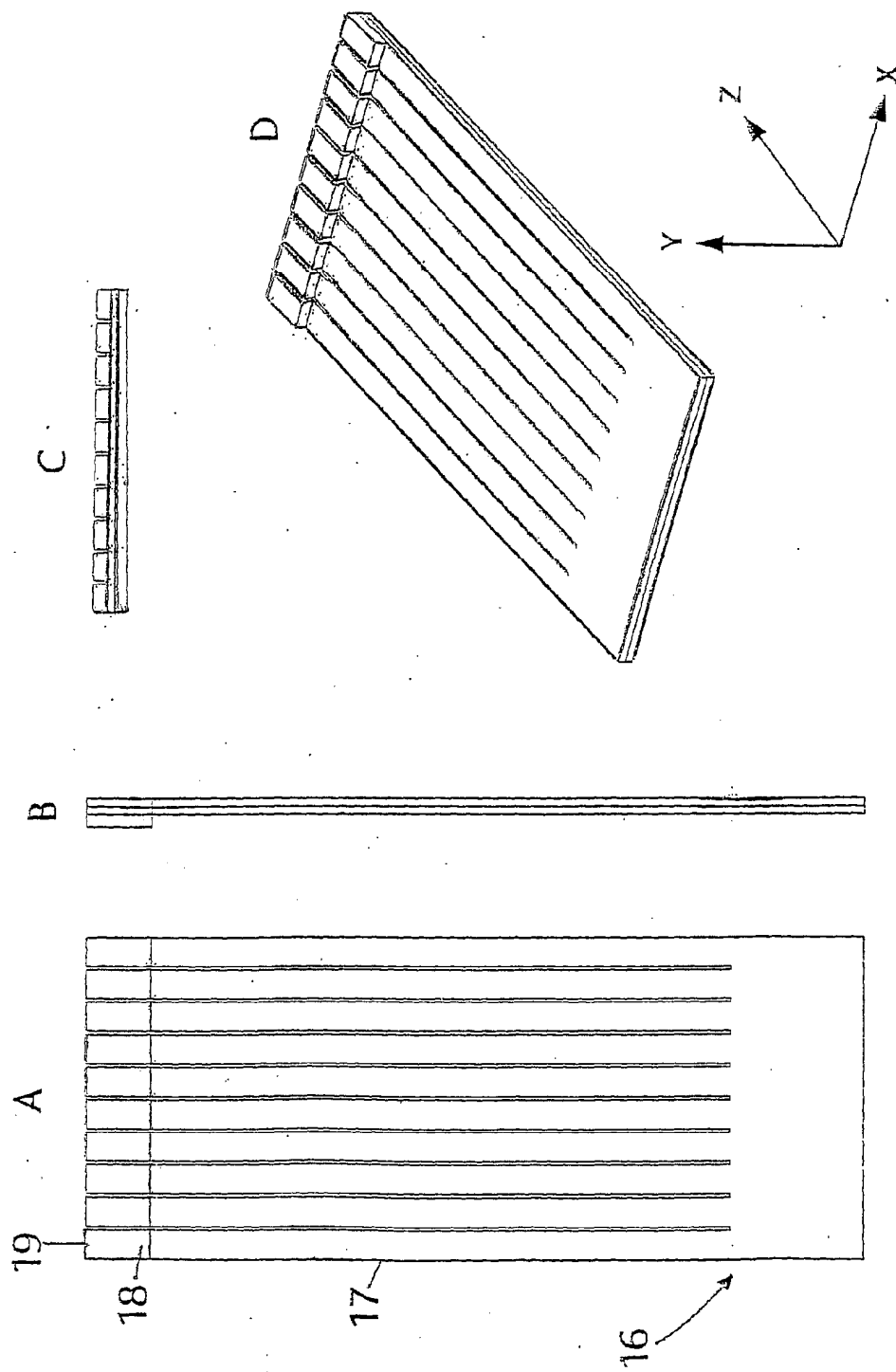


FIGURAS 2



FIGURAS 3





FIGURAS 4

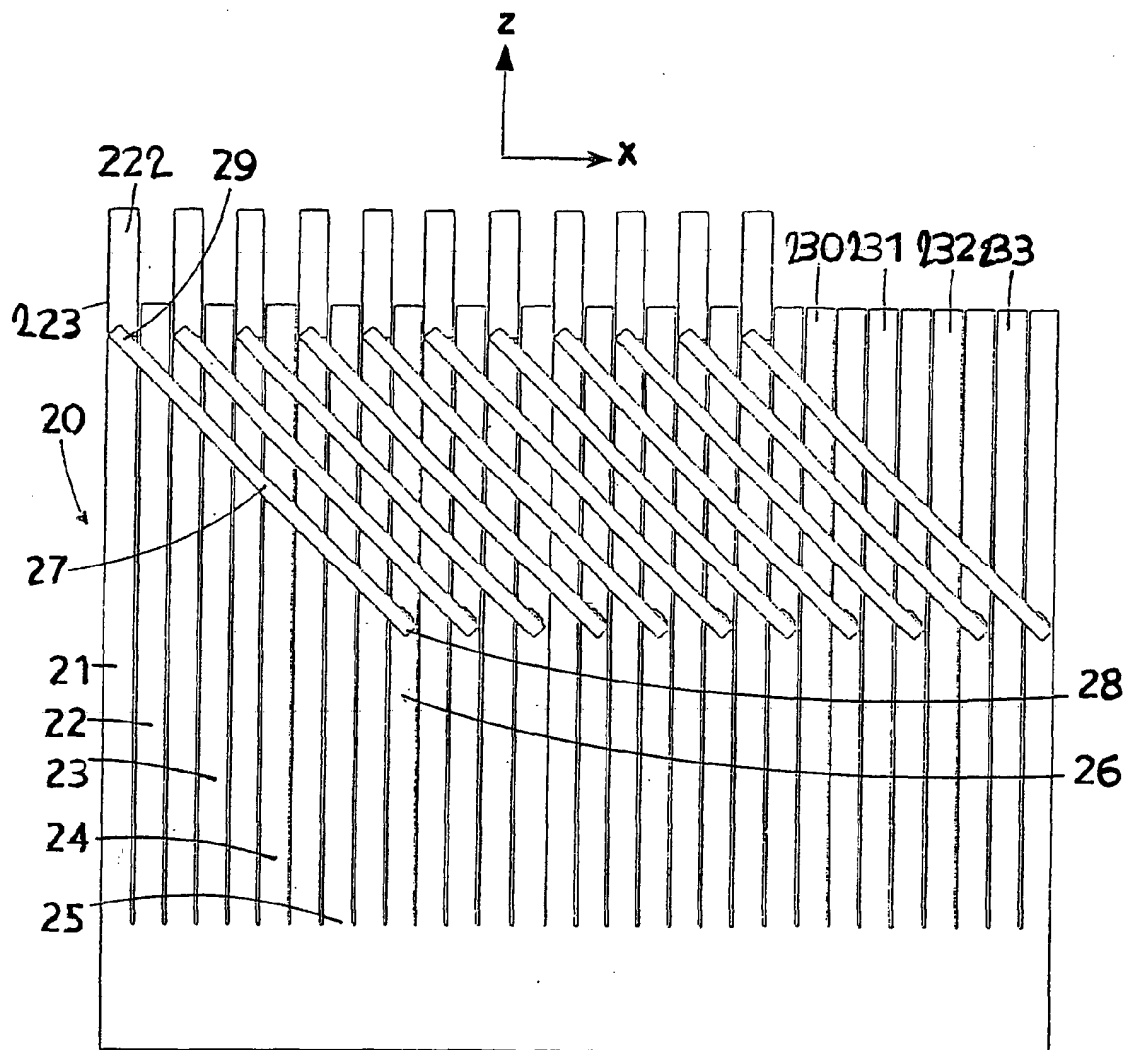


FIGURA 5A

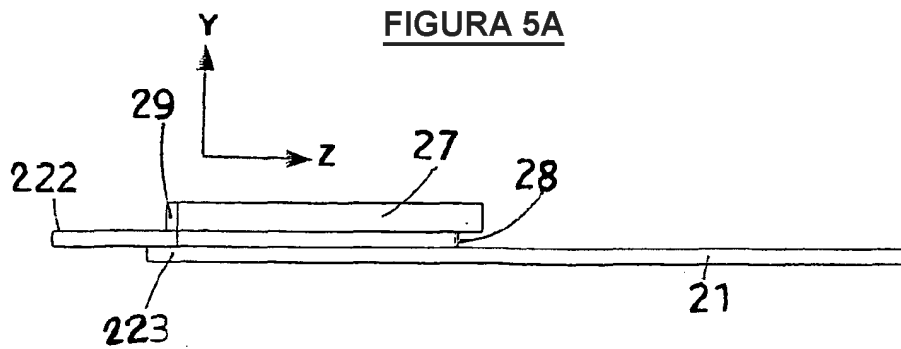


FIGURA 5B

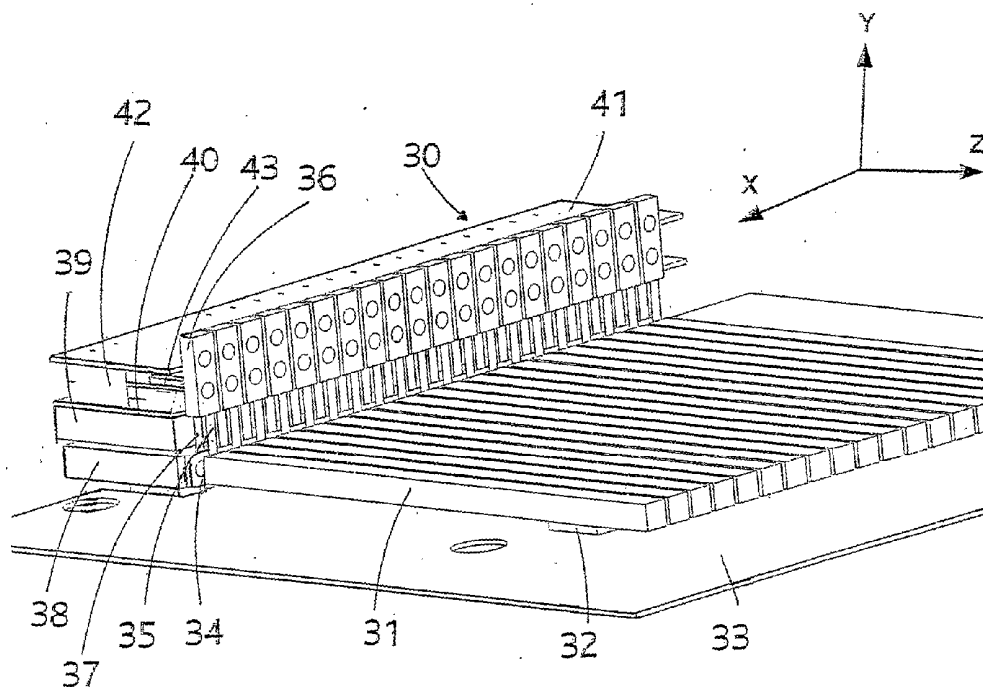


FIGURA 6A

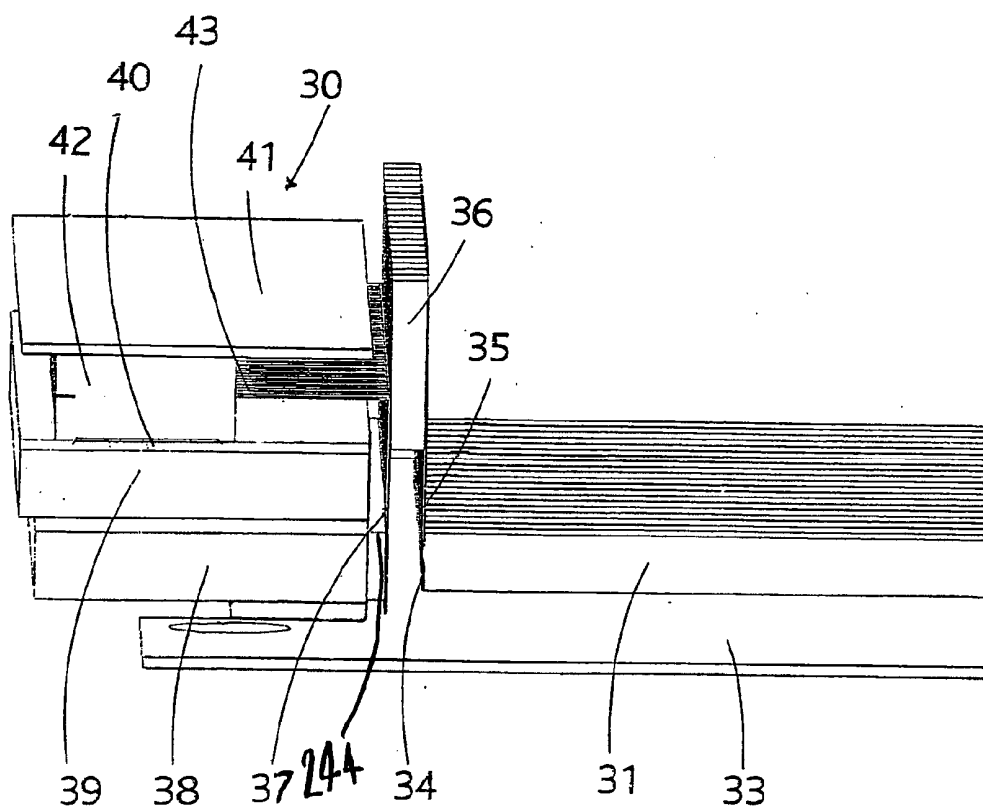
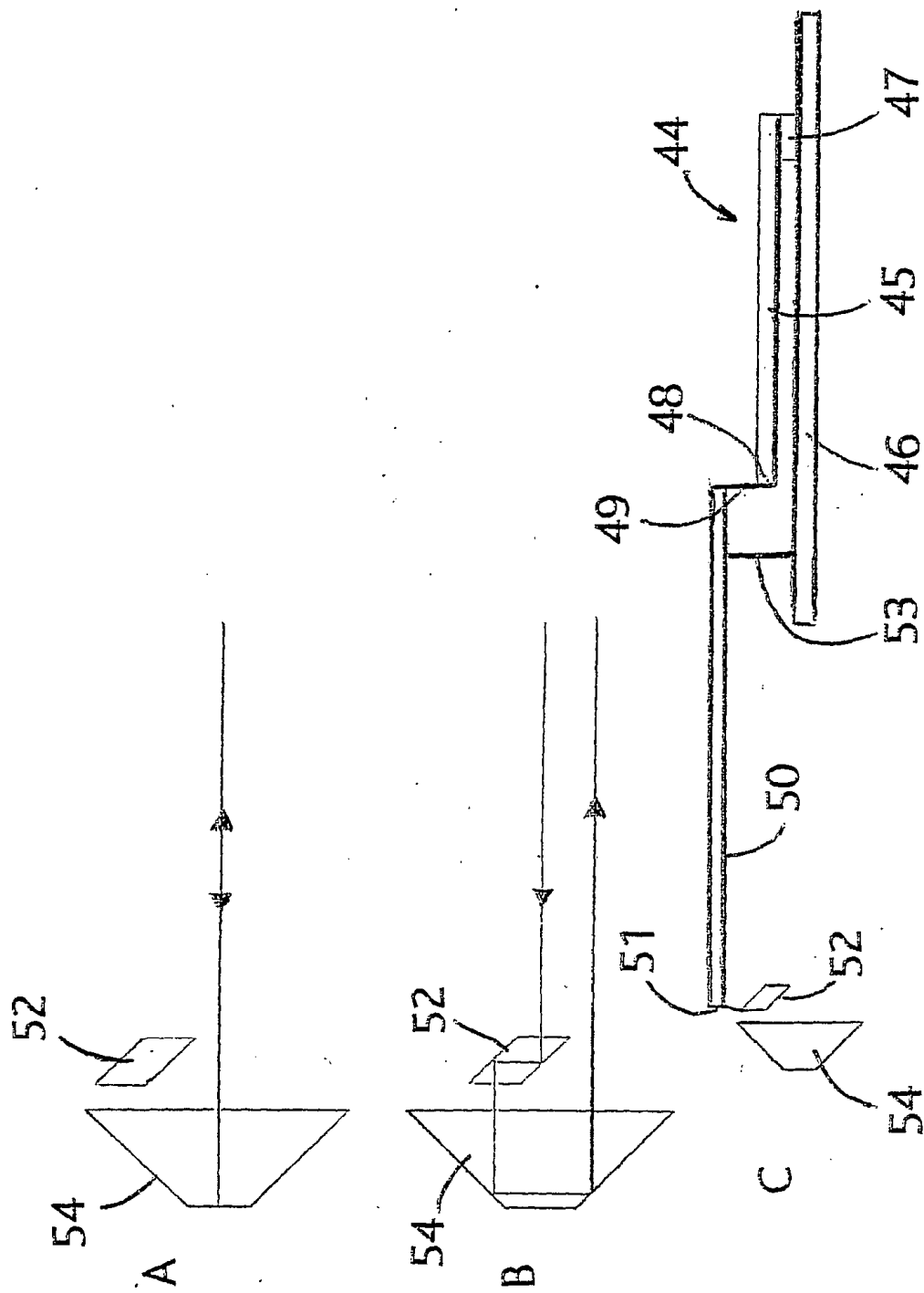


FIGURA 6B



FIGURAS 7

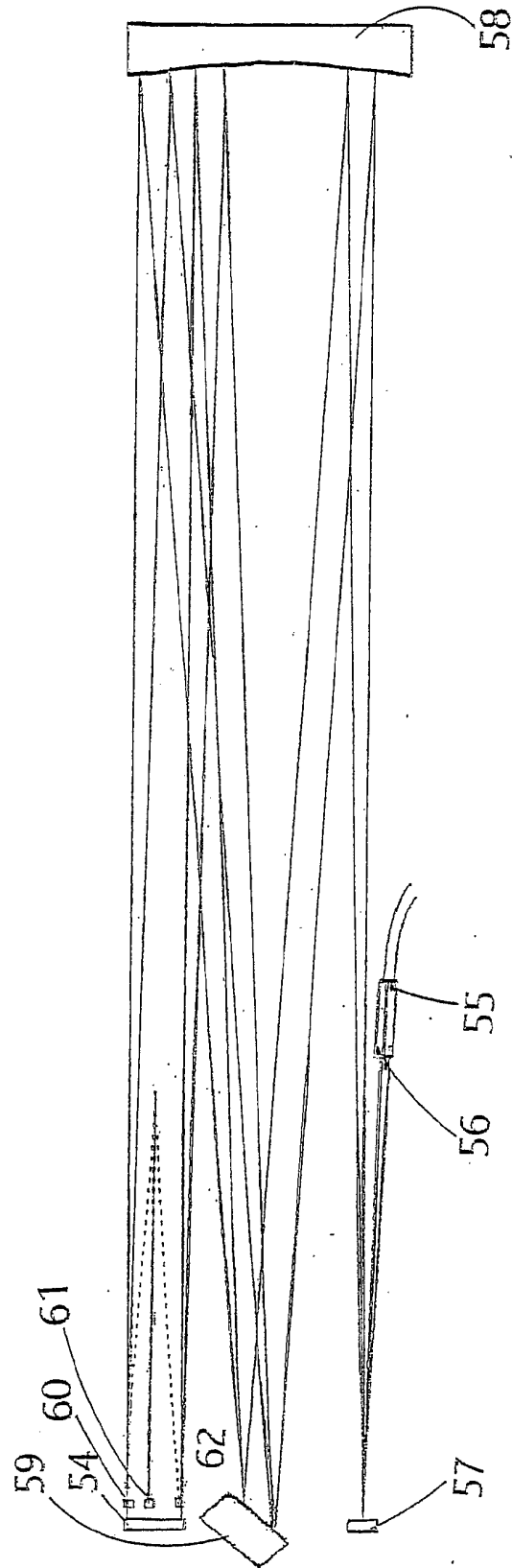


FIGURE 8A

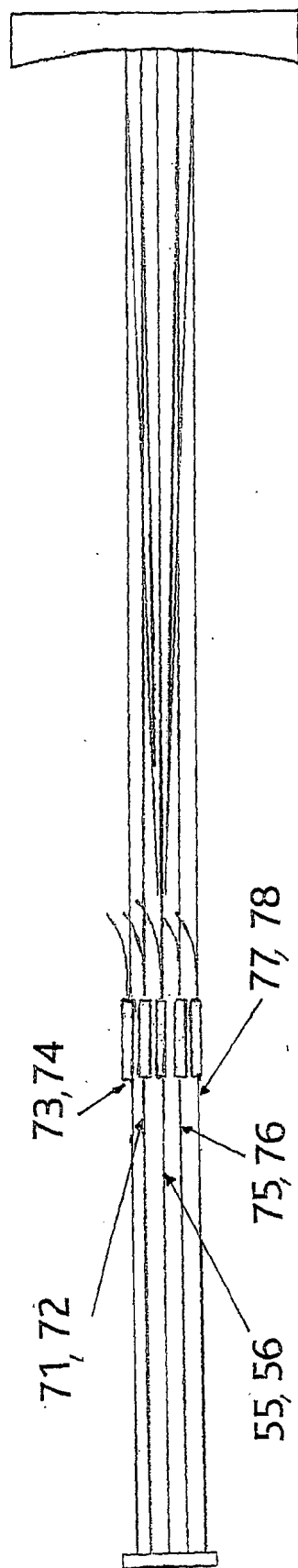


FIGURA 8B

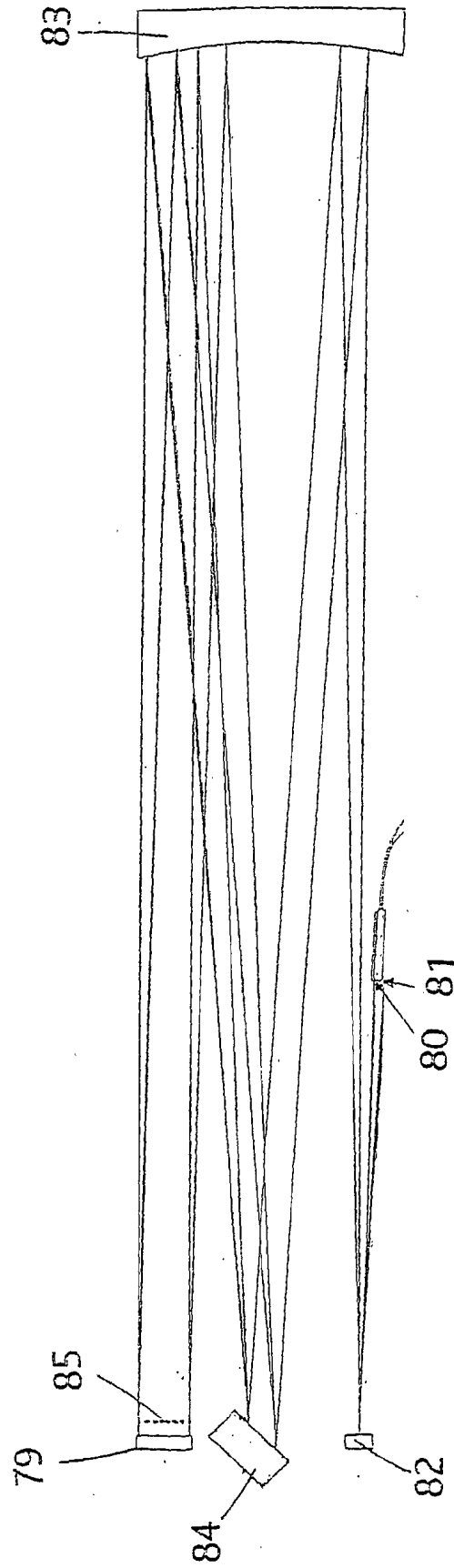


FIGURA 9A

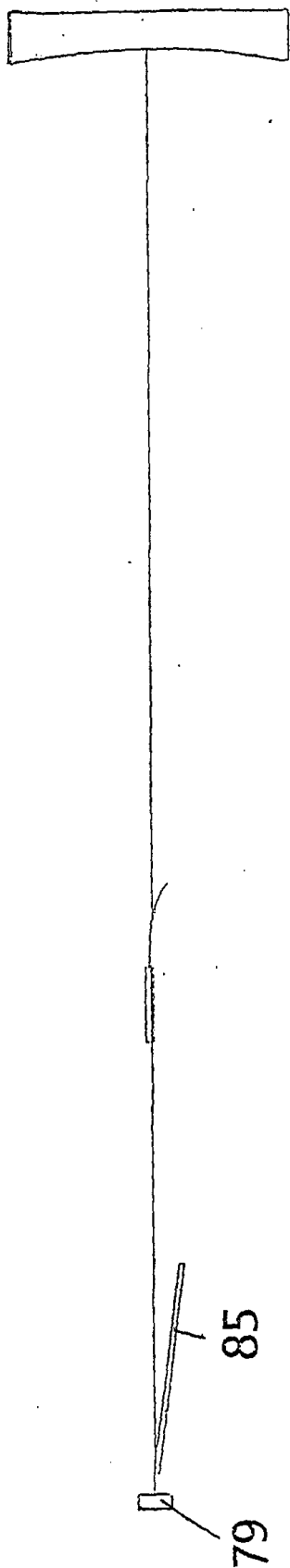
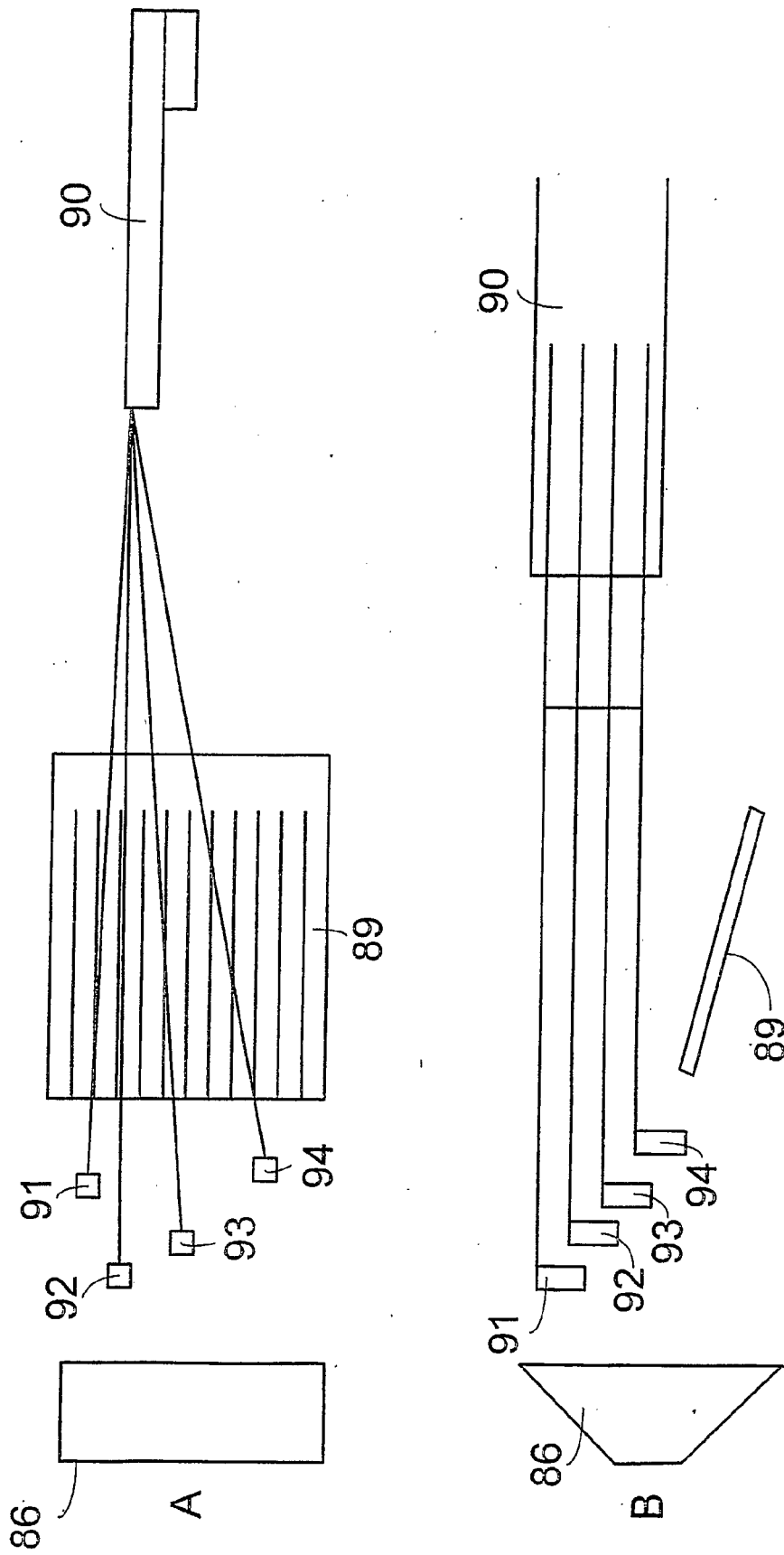


FIGURA 9B



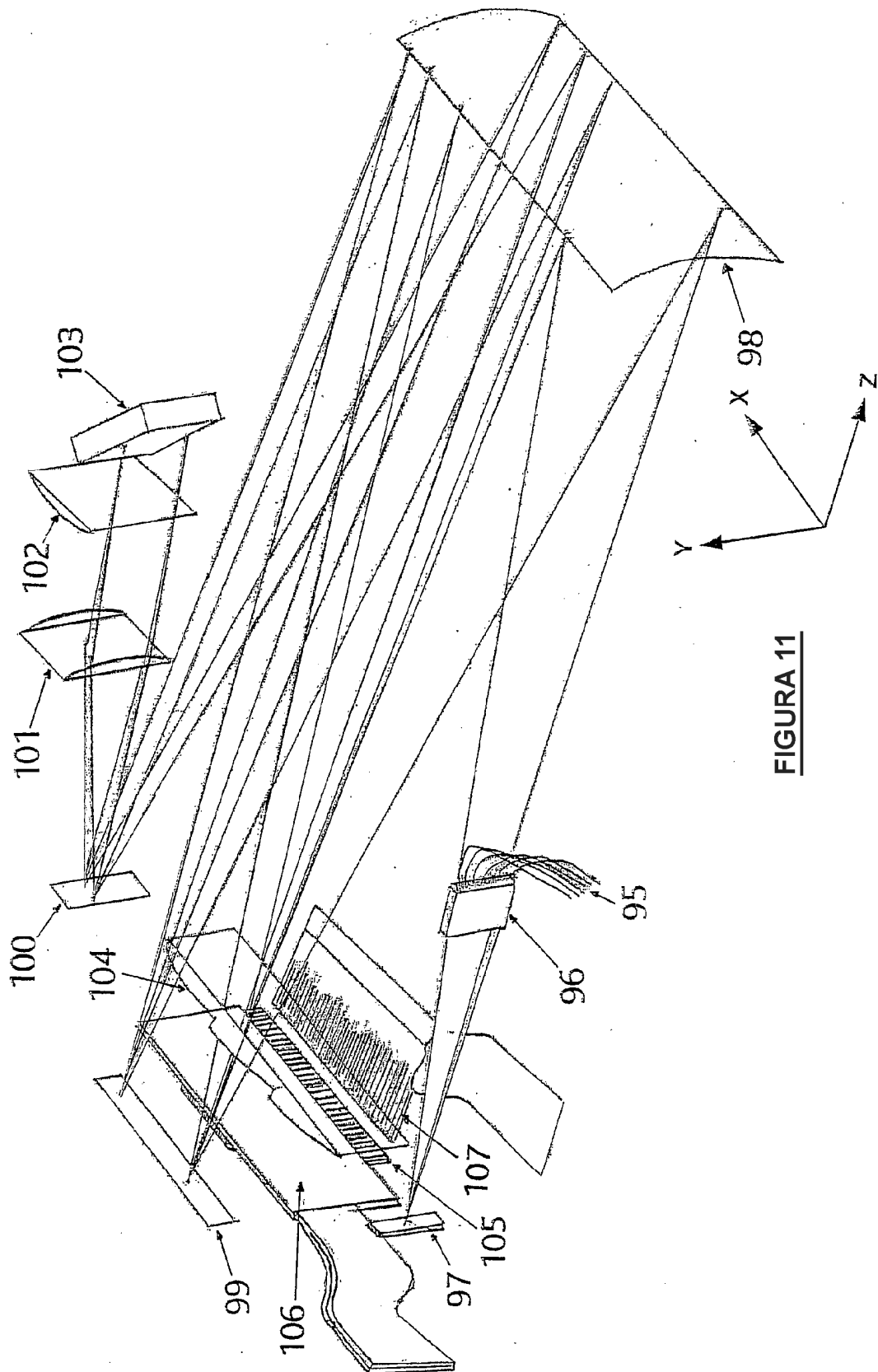


FIGURA 11

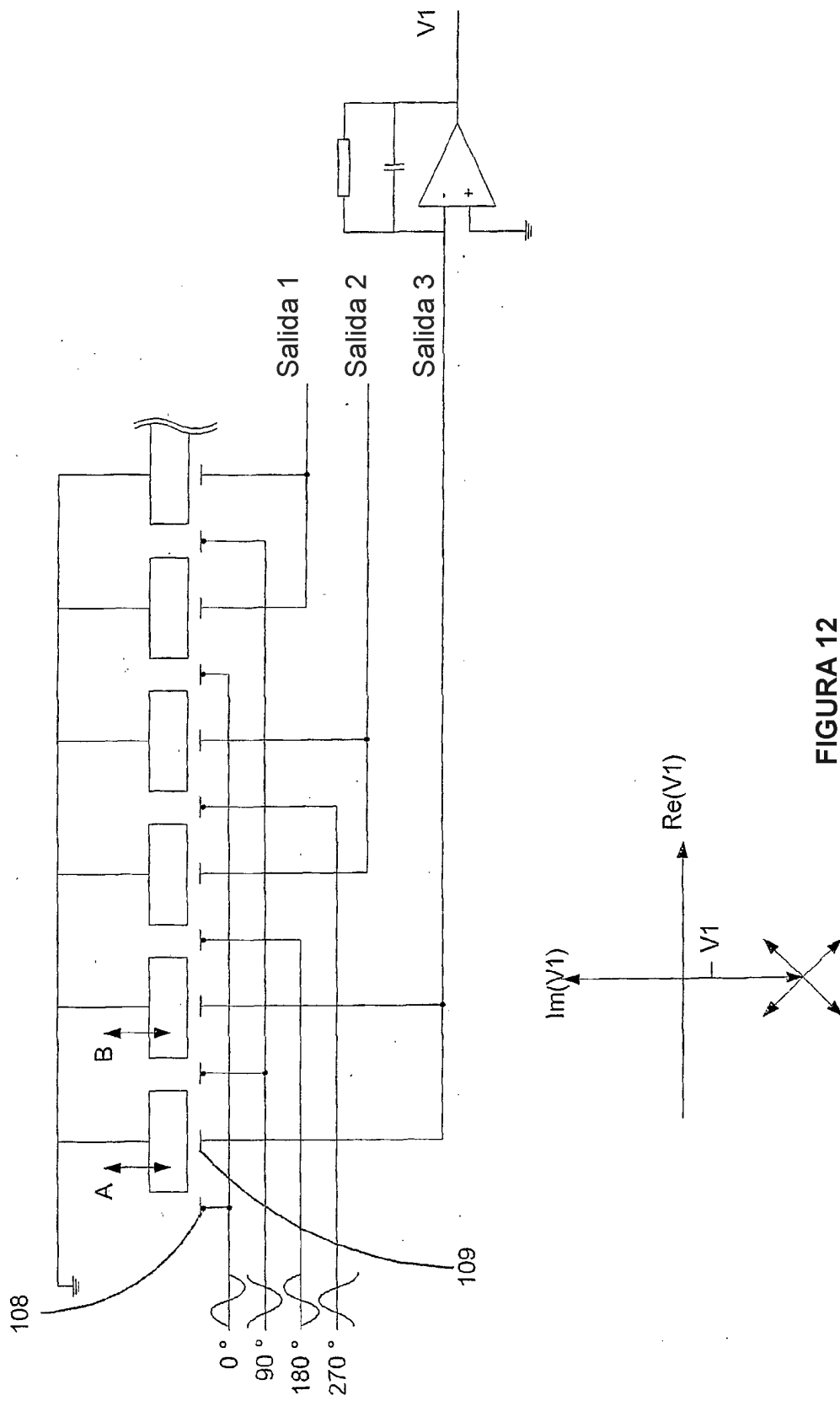


FIGURA 12

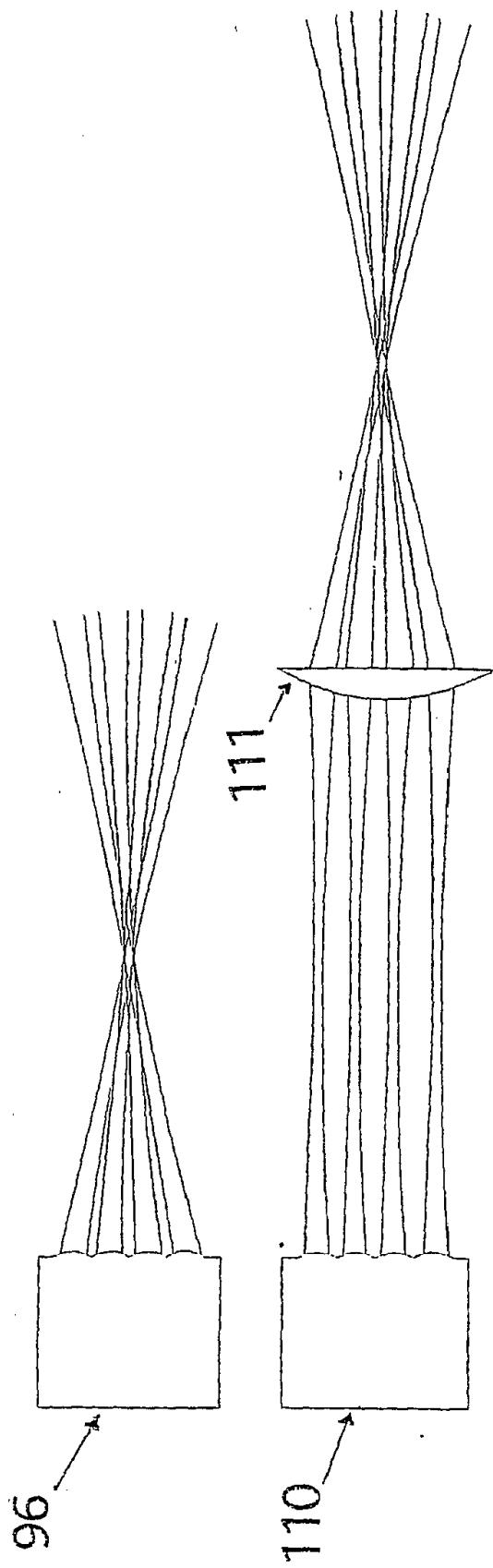
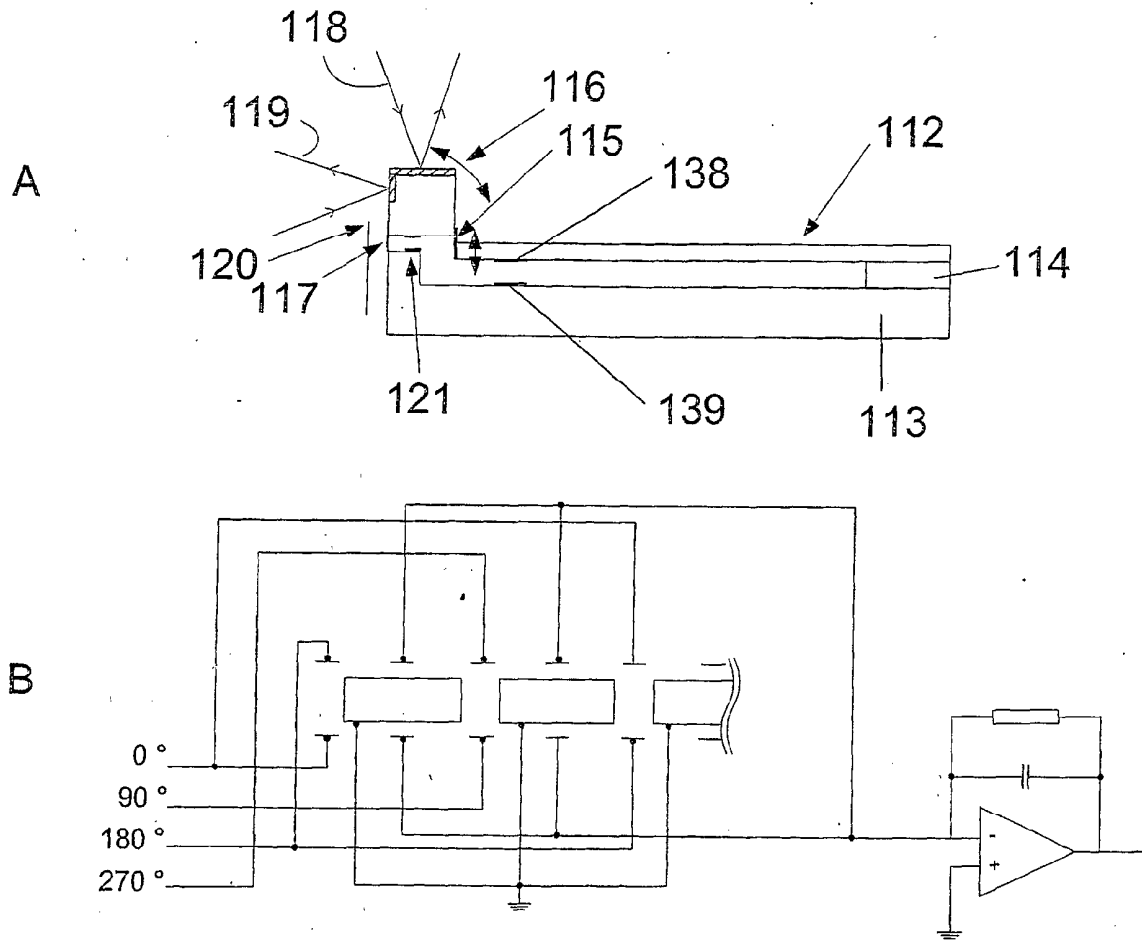
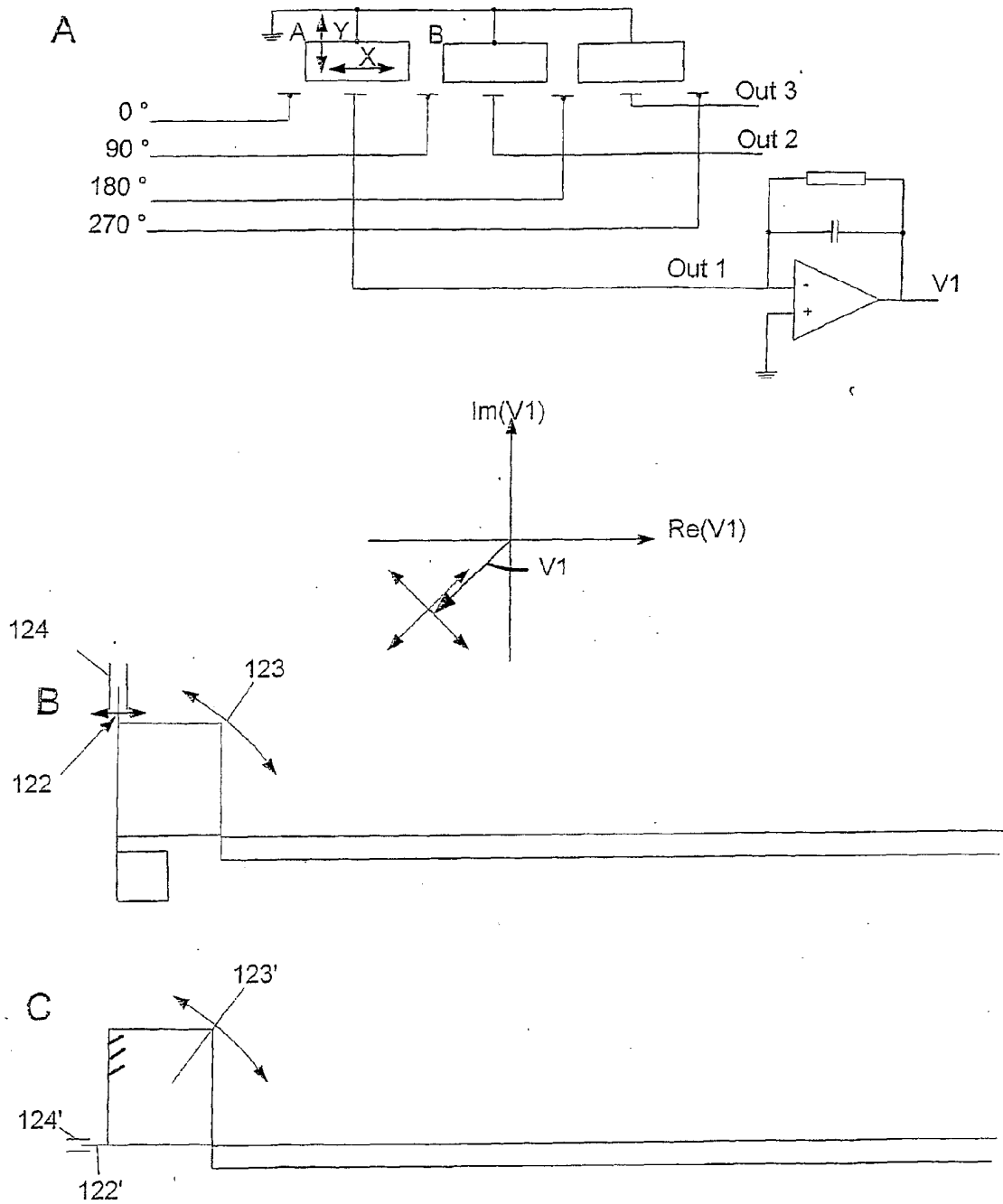


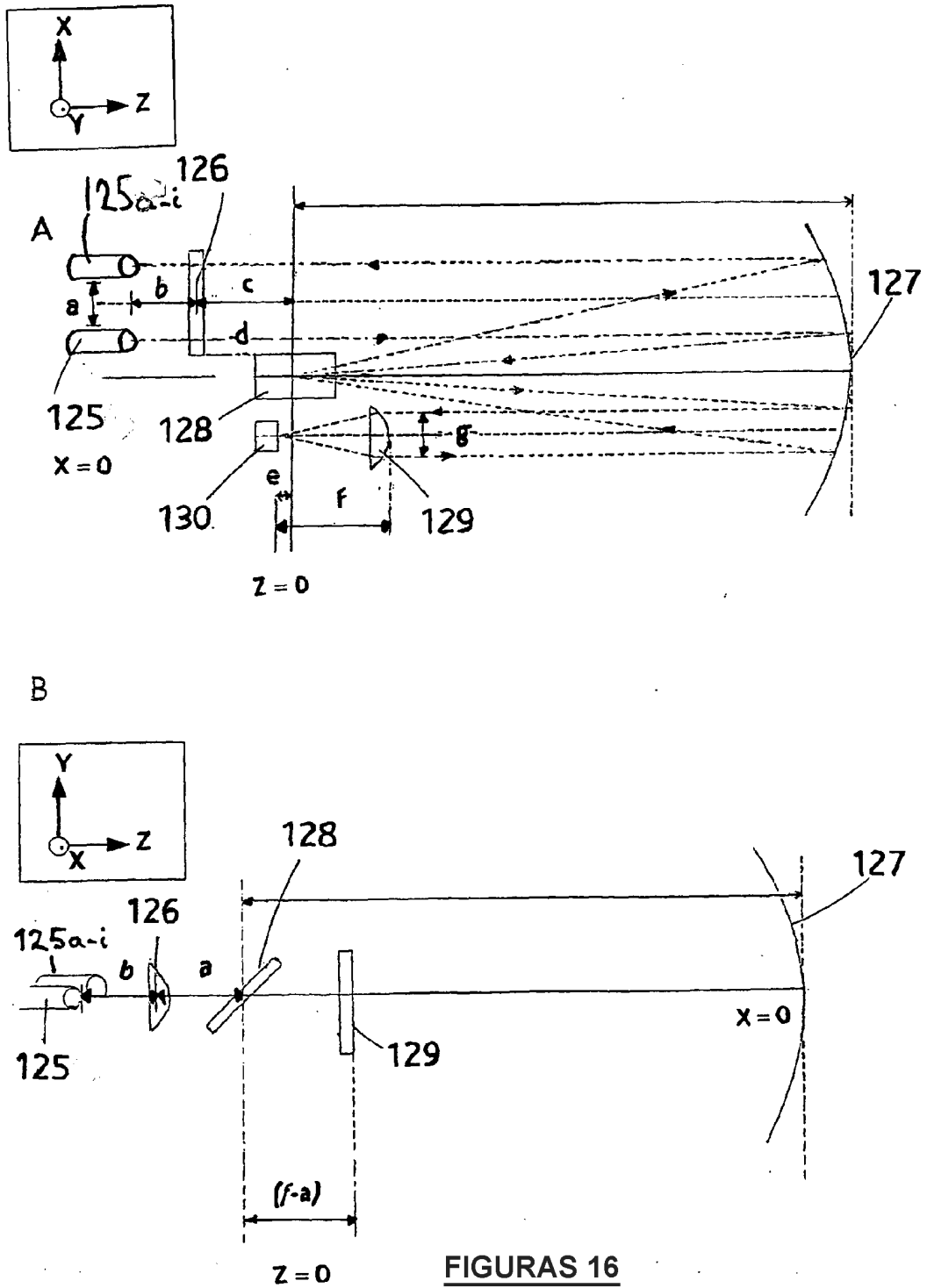
FIGURA 13

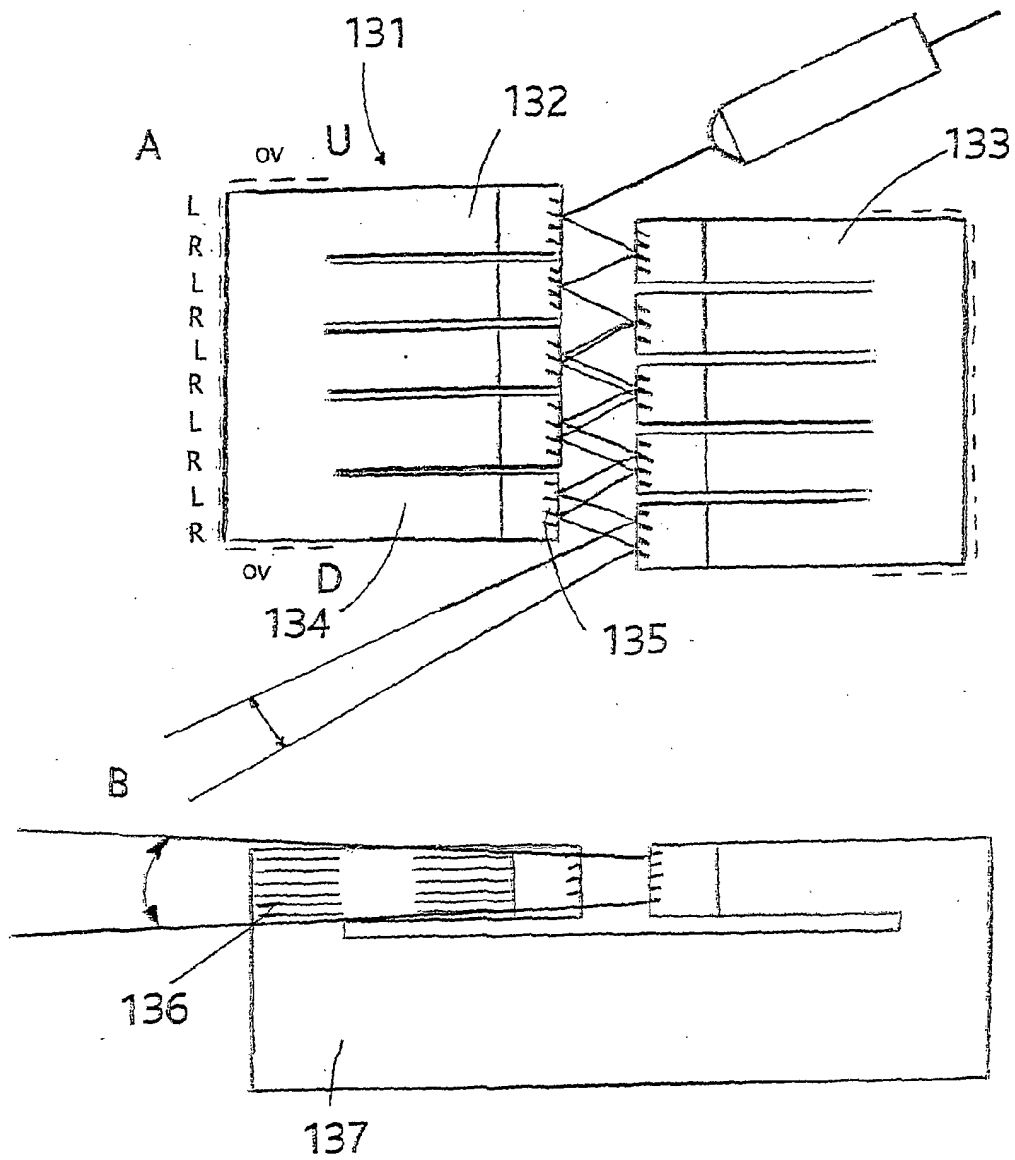


FIGURAS 14

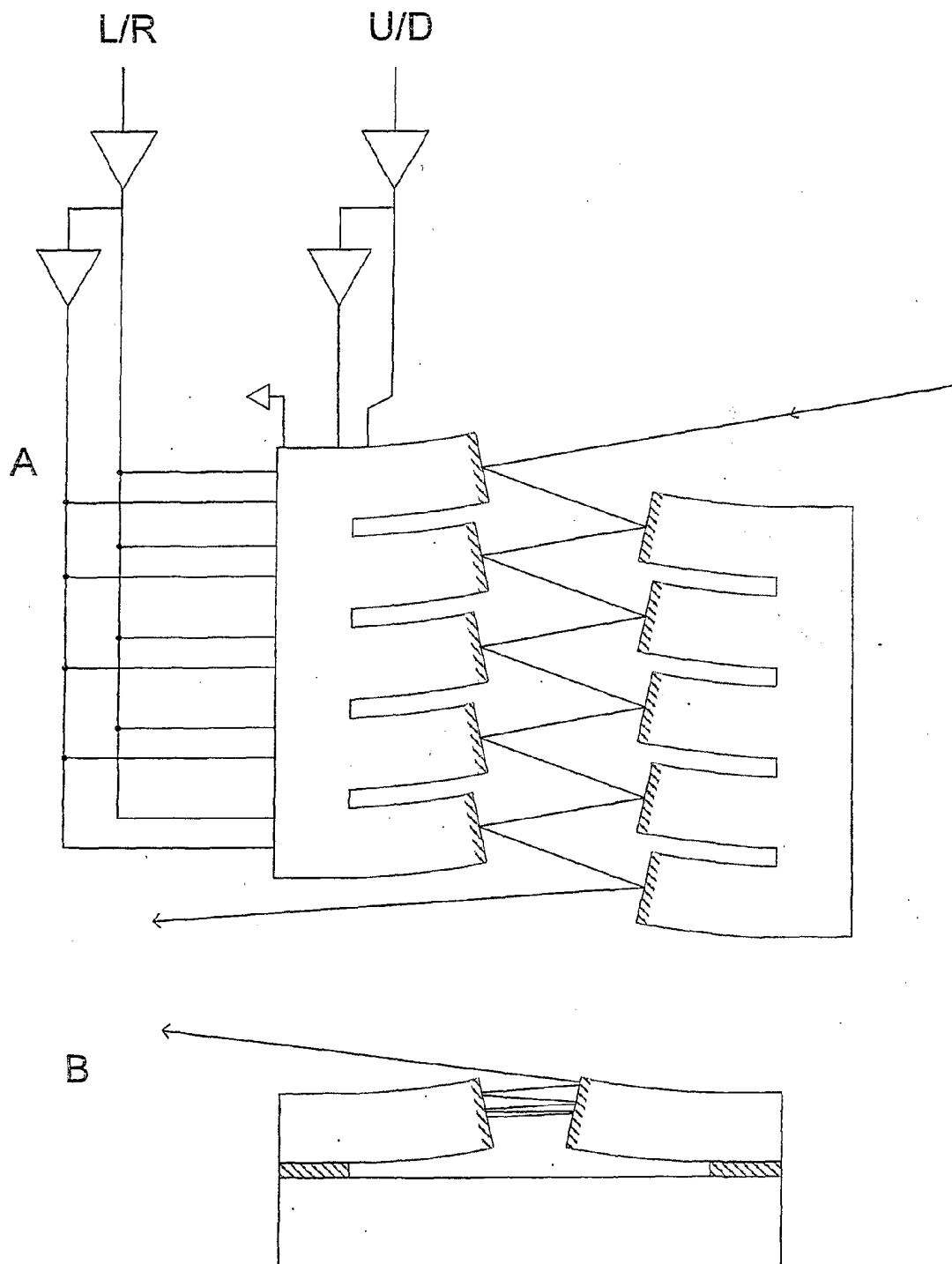


FIGURAS 15





FIGURAS 17



FIGURAS 18

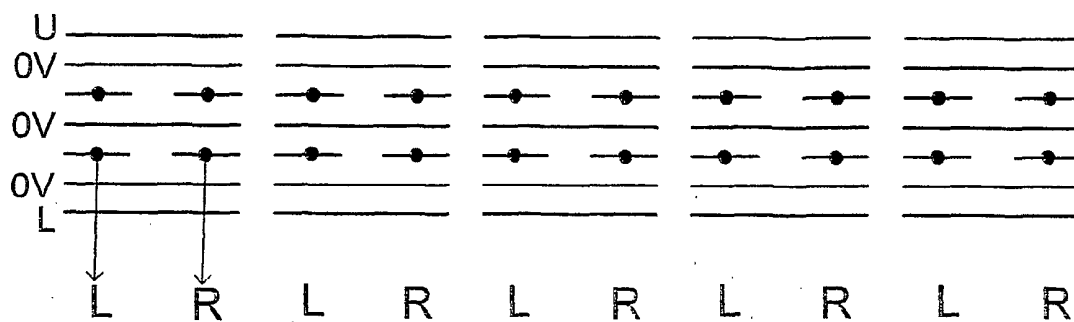
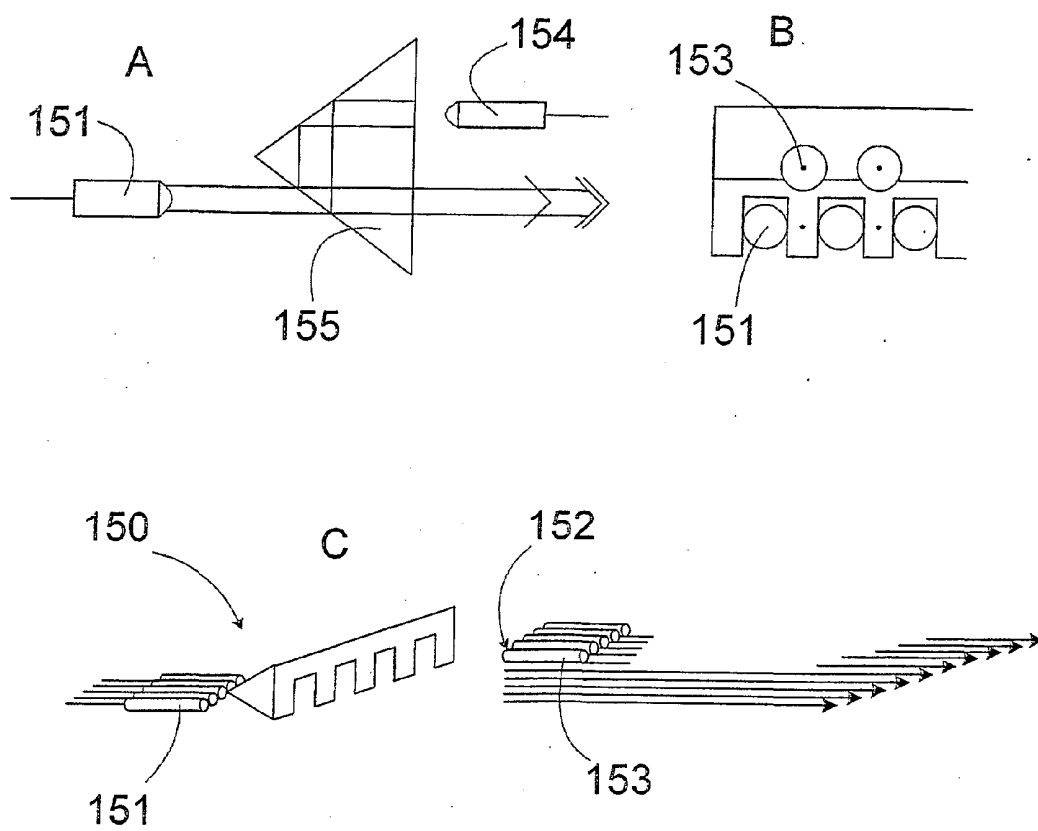
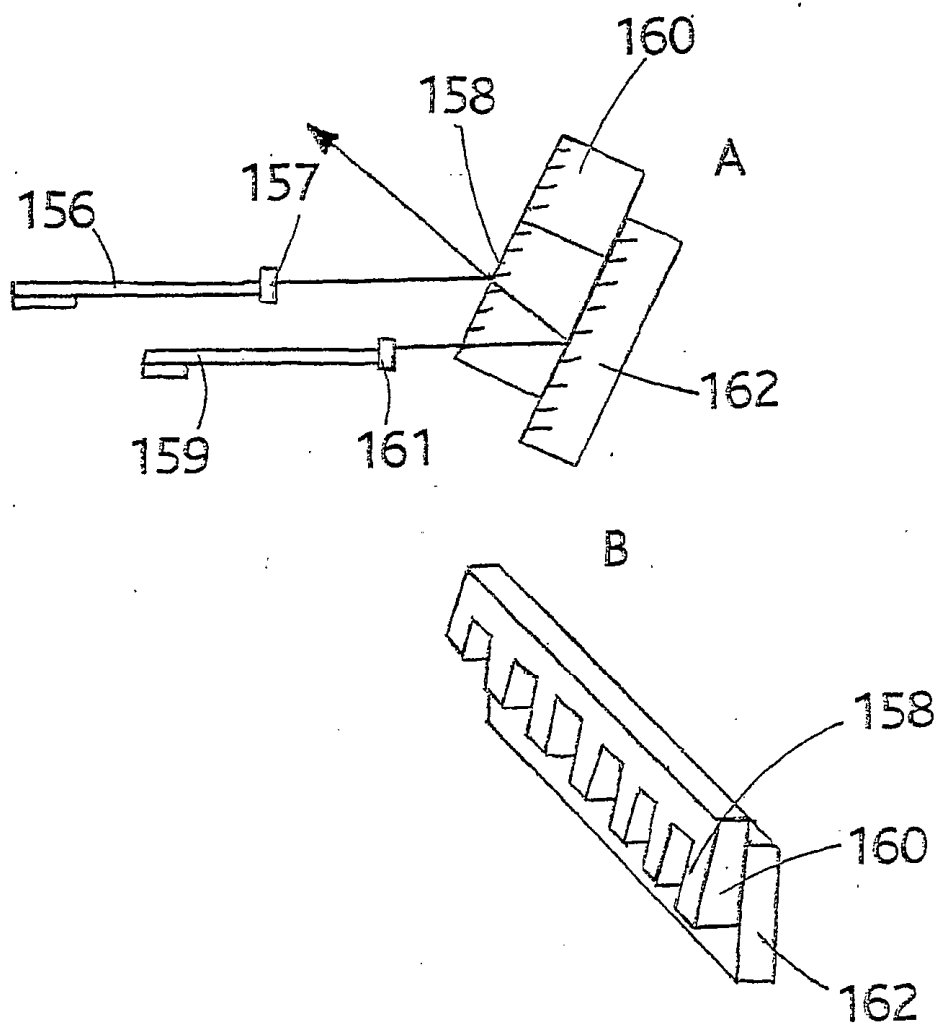


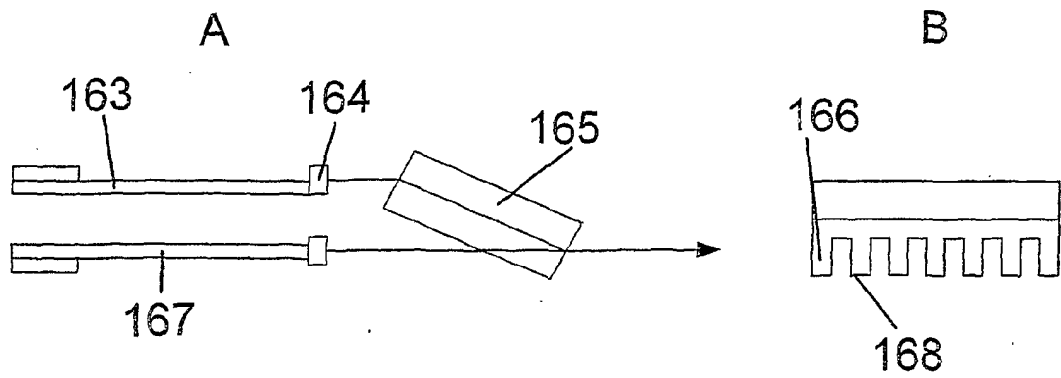
FIGURA 19



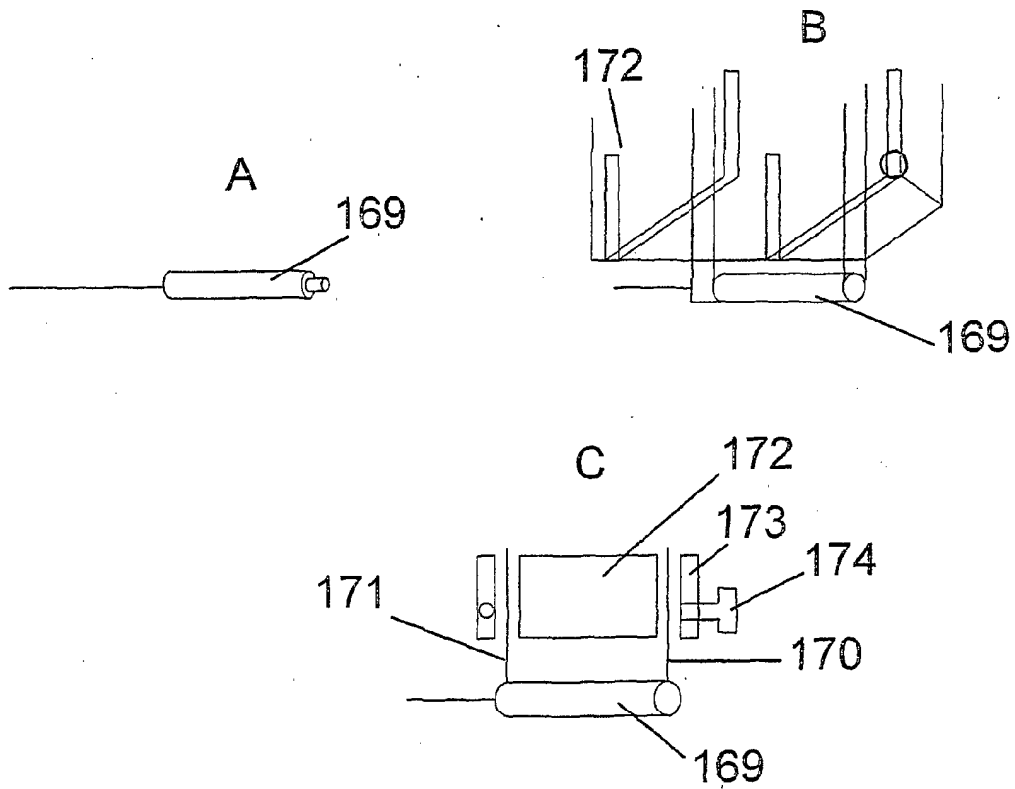
FIGURAS 20



FIGURAS 21



FIGURAS 22



FIGURAS 23