

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 177**

21 Número de solicitud: 201730463

51 Int. Cl.:

**G02B 6/293** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**29.03.2017**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**01.10.2018**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID (100.0%)  
Av. Gregorio Peces Barba, 1  
28919 Leganés (Madrid) ES**

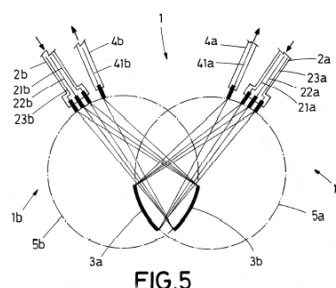
72 Inventor/es:

**CARPINTERO DEL BARRIO, Guillermo y  
ORBE NAVA, Luis Jorge**

54 Título: **Multiplexor y demultiplexor óptico compacto de elevado número de canales**

57 Resumen:

Multiplexor (1) óptico compacto que comprende: unas primeras guías (21a, 22a, 23a) de entrada orientadas hacia un primer espejo (3a) de red de difracción, y una primera guía (41a) de salida que recibe una señal luminosa reflejada por dicho primer espejo (3a) de red de difracción, donde las primeras guías (21a, 22a, 23a) y la primera guía (41a) están dispuestas sobre un primer círculo (5a) de Rowland; unas segundas guías (21b, 22b, 23b) de entrada orientadas hacia un segundo espejo (3b) de red de difracción y una segunda guía (41b) de salida que recibe una señal luminosa reflejada por dicho segundo espejo (3b) de red de difracción, donde las segundas guías (21b, 22b, 23b) y la segunda guía (41b) están dispuestas sobre un segundo círculo (5b) de Rowland; donde el primer círculo (5a) y segundo círculos (5b) de Rowland se superponen al menos parcialmente. Se define también un demultiplexor (1') similar.



**DESCRIPCIÓN**

Multiplexor y demultiplexor óptico compacto de elevado número de canales

**5 OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención pertenece en general al campo de los dispositivos utilizados en las comunicaciones ópticas y sensores de espectroscopia.

10 El objeto de la presente invención es un novedoso dispositivo de multiplexación y demultiplexación óptico cuya principal ventaja es un tamaño enormemente reducido con relación a los dispositivos equivalentes actuales.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

15

Las comunicaciones ópticas por fibra consisten en la transmisión de información mediante señales luminosas enviadas a través de fibra óptica. Cada longitud de onda que se inyecta en la fibra constituye un canal de comunicación, cuya velocidad de transmisión se encuentra limitada por el ancho de banda de los dispositivos. Con el fin de aumentar la velocidad de  
20 transmisión, es usual inyectar en la fibra múltiples longitudes de onda. Por otra parte, las técnicas de espectroscopía se basan en el análisis espectral, detectando las diferencias en la absorción de la radiación electromagnética a diferentes longitudes de onda.

25

En este campo se requieren dispositivos que permitan el manejo de longitudes de onda, entre los que se encuentran los multiplexores y demultiplexores ópticos. Las Figs. 1a y 1b muestran sendos esquemas genéricos de un multiplexor y un demultiplexor. En un multiplexor (Fig. 1a), un número de guías (o canales) de entrada se combinan en una única guía de salida, mientras que en un de-multiplexor (Fig. 1b) se realiza la operación inversa, separando señales que coexisten en una única guía de entrada en diferentes guías de  
30 salida.

35

Actualmente existen diversos tipos de multiplexores/demultiplexores ópticos, como por ejemplo los dispositivos de tipo Array Waveguide Grating (AWG), dispositivos basados en redes de difracción ("diffraction grating"), dispositivos de unión en Y ("*Y-junction*") en cascada, multiplexadores en Y-múltiple ("*forks*"), o dispositivos de tipo Mach-Zender. Sin embargo, todos ellos presentan el importante inconveniente de que incrementan excesivamente el tamaño del dispositivo a medida que aumenta el número de canales, de

forma que se vuelve impracticablemente grande para su integración en un Circuito Integrado Fotónico (PIC, Photonic Integrated Circuit).

La Fig. 2a muestra un multiplexor (100) basado en redes de difracción que está formado por varias guías de entrada (114) y una guía de salida (112). La señal luminosa de cada una de las guías de entrada (114) tiene una longitud de onda diferente ( $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ ). Como es conocido en este campo, las guías de entrada (114) y salida (112) están dispuestas a lo largo de una circunferencia conocida como círculo de Rowland. En una posición tangente al círculo de Rowland se dispone un espejo basado en una red de difracción, que posee la cualidad de reflejar las longitudes de onda en diferentes direcciones espaciales. Con un diseño apropiado, las señales luminosas con diferente longitud de onda introducidas por diferentes guías de entrada (114) pueden ser reflejadas hacia una única guía de salida (112). Puesto que todas las señales introducidas por las guías de entrada (114) son reflejadas en la misma dirección hacia la guía de salida (112), en ésta se forma una señal luminosa donde se superponen cada una de las señales introducidas por las guías de entrada (114), funcionando como multiplexor.

La Fig. 2b muestra un demultiplexor basado en una red de difracción con una configuración equivalente a la del multiplexor anterior. Este demultiplexor está formado por una guía de entrada (112) y varias guías de salida (114). Todas las guías (112, 114) están situadas a lo largo de la circunferencia de Rowland. La señal luminosa introducida a través de la guía de entrada (112) presenta una pluralidad de longitudes de onda superpuestas ( $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ ). Al reflejarse esta señal luminosa de entrada en el espejo con red de difracción, se descompone en una pluralidad de señales luminosas de longitudes de onda diferentes emitidas en direcciones diferentes y correspondientes a las posiciones de las guías de salida (114). Por tanto, este dispositivo permite descomponer una señal de entrada en varias señales de salida de longitudes de onda diferentes.

El artículo "*Mid-infrared wavelength multiplexer in InGaAs/InP waveguides using a Rowland circle grating*", de Gilles et al, Optics Express, Vol 23, Issue 16, pp 20288-20296, 2015 describe un demultiplexor de este tipo. Los documentos de patente US 8462338, US 2016018595, y US 9369201 también describen ejemplos de multiplexores y demultiplexores basados en espejos una red de difracción.

Como se ha comentado anteriormente, un importante inconveniente de este tipo de dispositivos es su gran tamaño. Por motivos de espacio, existe un número máximo de canales que puede soportar un único multiplexor/demultiplexor. Por tanto, para aumentar el

número de canales de un multiplexor/demultiplexor es necesario aumentar también el diámetro del círculo de Rowland sobre el que están implementados. Alternativamente, para aumentar el número de canales de un multiplexor/demultiplexor es posible disponer dos o más de estos dispositivos en paralelo. Es decir, se pueden disponer dos o más sub-

5

A modo de ejemplo, la Fig. 3 muestra una imagen ampliada de un multiplexor de este tipo integrado en un Circuito Fotónico Integrado (PIC). Este multiplexor presenta 15 canales de entrada y 5 canales de salida. Se puede apreciar cómo la superficie ocupada por el círculo de Rowland queda vacía de cualquier elemento adicional, constituyendo una zona de libre propagación para la radiación electromagnética. Esta área consume una gran cantidad de

15

Además, este tipo de multiplexores/demultiplexores presentan otro inconveniente relacionado con el crosstalk entre canales. En efecto, las señales ópticas transmitidas a través de la pluralidad de guías (114) de entrada en un multiplexor y la pluralidad de guías (114) de salida en un demultiplexor corresponden en realidad a diferentes bandas de longitud de onda. Por ejemplo, como se ha representado en la Fig. 4, las bandas de longitud de onda pueden ser ( $\Delta\lambda_1, \Delta\lambda_2, \Delta\lambda_3, \Delta\lambda_4, \Delta\lambda_5$ ). En los multiplexores/demultiplexores actuales formados por un único espejo de red de difracción, al estar estas guías (114) de entrada o salida dispuestas unas al lado de otras, puede producirse un crosstalk indeseado entre

20

25

30

## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

35

La presente invención resuelve los problemas anteriores gracias a un novedoso multiplexor/demultiplexor formado por la superposición varios sub-

multiplexores/demultiplexores del tipo descrito. Es decir, cada sub-multiplexor/demultiplexor tendrá sus respectivas guías de entrada, guías de salida, y correspondiente espejo de red de difracción, pero los respectivos círculos de Rowland de ambos se superpondrán al menos parcialmente. Así, para obtener un multiplexor/demultiplexor con un número total

5 determinado de canales de entrada/salida, se utilizan varios sub-multiplexores que comparten al menos parcialmente el área de libre propagación (es decir, los círculos de Rowland se superponen al menos parcialmente) y cada uno de los cuales tiene un menor número de guías de entrada/salida que, sumadas, resultan en el número total del multiplexor/demultiplexor.

10

Una importante ventaja de esta configuración es que se reduce enormemente el espacio que ocupa el nuevo multiplexor/demultiplexor. En un caso extremo, los círculos de Rowland de los sub-multiplexores/demultiplexores se superponen completamente, esto es, comparten círculo de Rowland, obteniéndose así el máximo ahorro de espacio: el espacio ocupado por

15 el multiplexor/demultiplexor al completo es igual al espacio ocupado por cada uno de los sub-multiplexores/demultiplexores que lo conforman. Otra ventaja de esta configuración es que canales de entrada/salida de longitudes de onda cercanas pueden disponerse en guías de entrada/salida del multiplexor/demultiplexor físicamente separadas. Esto permite aumentar la selectividad del multiplexor/demultiplexor y disminuir el crosstalk.

20

Un primer aspecto de la presente invención está dirigido a un nuevo multiplexor que comprende fundamentalmente al menos los siguientes elementos:

a) Primer sub-multiplexor

25

Este primer sub-multiplexor comprende una primera guía de onda de entrada que comprende una pluralidad de primeras guías de entrada adyacentes cuyos extremos están orientados hacia un primer espejo de red de difracción, y una primera guía de onda de salida que comprende al menos una primera guía de salida cuyo extremo

30 está dispuesto para recibir una señal luminosa reflejada por dicho primer espejo de red de difracción a partir de una pluralidad de señales luminosas emitidas por dicha pluralidad de primeras guías de entrada. Además, como es habitual en este tipo de dispositivos, los extremos de la pluralidad de primeras guías de entrada y el extremo de la primera guía de salida están dispuestos sobre un primer círculo de Rowland.

35

b) Segundo sub-multiplexor

Este segundo sub-multiplexor comprende una segunda guía de onda de entrada que comprende una pluralidad de segundas guías de entrada adyacentes cuyos extremos están orientados hacia un segundo espejo de red de difracción y una segunda guía de onda de salida que comprende al menos una segunda guía de salida cuyo extremo está dispuesto para recibir una señal luminosa reflejada por dicho segundo espejo de red de difracción a partir de una pluralidad de señales luminosas emitidas por dicha pluralidad de segundas guías de entrada. Además, como es habitual en este tipo de dispositivos, los extremos de la pluralidad de segundas guías de entrada y el extremo de la segunda guía de salida están dispuestos sobre un segundo círculo de Rowland.

Este novedoso multiplexor presenta la particularidad de que el primer círculo de Rowland del primer sub-multiplexor y el segundo círculo de Rowland del segundo sub-multiplexor se superponen al menos parcialmente. Esta nueva configuración descubierta por los inventores de la presente solicitud permite conseguir un importante ahorro de espacio en multiplexores formados por al menos dos sub-multiplexores, permitiendo así multiplexar un mayor número de guías de entrada en el mismo espacio. Nótese que, aunque se describe aquí la configuración más simple de un multiplexor formado por dos sub-multiplexores, sería posible superponer un número mayor de sub-multiplexores según cada aplicación particular. Ello permitiría al diseñador escoger el tamaño de cada uno de los dispositivos multiplexor en función del número de canales de entrada o salida y el número de dispositivos necesario.

En efecto, como se ha comentado anteriormente, hasta ahora cuando era necesario implementar un multiplexor a partir de varios sub-multiplexores, éstos se disponían en paralelo unos al lado de otros. Es decir, cada sub-multiplexor individual estaba físicamente separado y era completamente independiente del resto de sub-multiplexores, por lo que el espacio ocupado por un multiplexor formado por  $n$  sub-multiplexores era al menos  $n$  veces mayor que el volumen de un sub-multiplexor individual. En la presente invención, al estar los sub-multiplexores de la presente invención al menos parcialmente superpuestos, se consigue un ahorro de espacio mayor cuanto mayor es la superficie común a los círculos de Rowland de los sub-multiplexores.

De acuerdo con una realización especialmente preferida de la invención, el primer círculo de Rowland y el segundo círculo de Rowland se superponen completamente. Se consigue así el mayor ahorro de espacio posible al compartir los al menos dos sub-multiplexores el mismo círculo de Rowland.

Por otra parte, un multiplexor de acuerdo con la presente invención puede estar configurado de diferentes modos en función de la posición relativa que ocupan las guías de entrada y salida de los respectivos sub-multiplexores. Esta configuración puede seleccionarse en función de cada aplicación particular siempre que las posiciones que deben ocupar en cada caso los correspondientes espejos de red de difracción de cada sub-multiplexor no interfieran entre sí.

Por ejemplo, de acuerdo con una realización preferida de la invención, los extremos de la pluralidad de primeras guías de entrada y el extremo de la primera guía de salida del primer sub-multiplexor están situados en posiciones contiguas a los extremos de la pluralidad de segundas guías de entrada y el extremo de la segunda guía de salida del segundo sub-multiplexor. Con esta configuración, las guías de entrada y salida del primer y segundo sub-multiplexores están ubicadas cerca una de otra, por lo que es sencillo conectarlas para implementar a todos los efectos un único multiplexor.

En otro ejemplo, los extremos de la pluralidad de primeras guías de entrada y el extremo de la primera guía de salida del primer sub-multiplexor están situados en posiciones opuestas a los extremos de la pluralidad de segundas guías de entrada y el extremo de la segunda guía de salida del segundo sub-multiplexor. Con esta configuración, las guías de entrada y salida del primer y segundo sub-multiplexores están alejadas una de otra, pudiendo así utilizarse el multiplexor como dos sub-multiplexores independientes con entradas y salidas ubicadas en diferentes posiciones.

Una ventaja adicional de la presente invención es la mayor selectividad de un multiplexor formado por varios sub-multiplexores que comparten al menos una parte de la superficie de los respectivos círculos de Rowland. En efecto, al introducirse las señales luminosas de entrada en el multiplexor a través de al menos dos guías de onda de entrada que pueden estar físicamente alejadas una de otra, es posible repartir las señales luminosas de longitudes de onda cercanas en guías de entrada que estén lo más separadas que sea posible. Por ejemplo, en una realización preferida de la invención, señales luminosas de longitudes de onda adyacentes se disponen en guías de entrada no contiguas. Más preferentemente, señales luminosas de longitudes de onda adyacentes se disponen de manera alternativa en guías de entrada pertenecientes a guías de onda diferentes. Esto permite incrementar sensiblemente la selectividad del multiplexor.

Un segundo aspecto de la presente invención está dirigido a un nuevo demultiplexor configurado de acuerdo con los mismos principios que el multiplexor anterior, y por lo tanto

está dotado de las mismas ventajas. Todas las explicaciones y descripciones realizadas con referencia al multiplexor anterior son igualmente válidas para este demultiplexor excepto cuando el contexto indique claramente lo contrario.

5 El demultiplexor de la invención comprende fundamentalmente al menos los siguientes elementos:

a) Primer sub-demultiplexor

10 El primer demultiplexor comprende una primera guía de onda de entrada que comprende al menos una primera guía de entrada cuyo extremo está orientado hacia un primer espejo de red de difracción, y una primera guía de onda de salida que comprende una primera pluralidad de guías de salida adyacentes cuyos extremos están dispuestos para recibir unas señales luminosas reflejadas por dicho primer  
15 espejo de red de difracción a partir de una señal luminosa emitida por dicha primera guía de entrada. Además, como es habitual en este tipo de dispositivos, el extremo de la primera guía de entrada y los extremos de la pluralidad de primeras guías de salida están dispuestos sobre un primer círculo de Rowland.

20 b) Segundo demultiplexor

El segundo sub-demultiplexor comprende segunda guía de onda de entrada que comprende al menos una segunda guía de entrada cuyo extremo está orientado hacia un segundo espejo de red de difracción, y una segunda guía onda de salida que comprende una segunda pluralidad de guías de salida adyacentes cuyos extremos están dispuestos para recibir unas señales luminosas reflejadas por dicho  
25 segundo espejo de red de difracción a partir de una señal luminosa emitida por dicha segunda guía de entrada. Además, como es habitual en este tipo de dispositivos, el extremo de la guía de entrada y los extremos de la pluralidad de segundas guías de salida están dispuestos sobre un segundo círculo de Rowland.  
30

Al igual que el multiplexor anterior, este novedoso demultiplexor presenta la particularidad de que el primer círculo de Rowland del primer sub-demultiplexor y el segundo círculo de Rowland del segundo sub-demultiplexor se superponen al menos parcialmente. Más  
35 preferentemente, el primer círculo de Rowland y el segundo círculo de Rowland se superponen completamente. Se consigue así un importante ahorro de espacio con relación a la disposición habitual de dos o más sub-demultiplexores en paralelo.



El demultiplexor de la invención puede estar configurado de diferentes modos en función de la posición relativa que ocupan las guías de entrada y salida de los respectivos sub-demultiplexores. Por ejemplo, en una realización preferida de la invención el extremo de la  
 5 guía de entrada y los extremos de la pluralidad de primeras guías de salida del primer sub-demultiplexor están situados en posiciones contiguas al extremo de la segunda guía de entrada y a los extremos de la pluralidad de segundas guías de salida del segundo demultiplexor. En otra realización preferida de la invención, el extremo de la guía de entrada y los extremos de la pluralidad de primeras guías de salida del primer sub-demultiplexor están  
 10 situados en posiciones opuestas al extremo de la segunda guía de entrada y a los extremos de la pluralidad de segundas guías de salida del segundo sub-demultiplexor.

Una ventaja adicional de la presente invención es la mayor selectividad de un demultiplexor formado por varios sub-demultiplexores que comparten al menos una parte de la superficie  
 15 de los respectivos círculos de Rowland. En efecto, al extraerse las señales luminosas de salida del demultiplexor a través de al menos dos guías de onda de salida que pueden estar físicamente alejadas una de otra, es posible repartir las señales luminosas de longitudes de onda cercanas en guías de salida que estén lo más separadas que sea posible. En una realización preferida, señales luminosas de longitudes de onda adyacentes se disponen en  
 20 guías de salida no contiguas. En una realización aún más preferida, señales luminosas de longitudes de onda adyacentes se disponen de manera alternativa en guías de salida ubicadas en guías de onda diferentes. Esto permite incrementar sensiblemente la selectividad del demultiplexor.

## 25 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

Las Figs. 1a y 1b muestran respectivamente un esquema genérico de un multiplexor y un demultiplexor.

30 Las Figs. 2a y 2b muestran respectivamente un multiplexor y un demultiplexor de tipo diffraction grating.

La Fig. 3 muestra una imagen de microscopio de un multiplexor con 15 canales de entrada y 5 canales de salida.

35 La Fig. 4 muestra una imagen esquemática de la disposición de las longitudes de onda de las señales luminosas introducidas a través de varias guías de entrada adyacentes en un

multiplexor de acuerdo con la técnica anterior.

La Fig. 5 muestra un ejemplo de multiplexor según la presente invención formado por dos sub-multiplexores cuyos círculos de Rowland están parcialmente superpuestos.

5

La Fig. 6 muestra otro ejemplo de multiplexor según la presente invención formado por dos sub-multiplexores que comparten círculo de Rowland.

La Fig. 7 muestra un ejemplo de demultiplexor según la presente invención formado por dos sub-demultiplexores cuyos círculos de Rowland están parcialmente superpuestos.

10

La Fig. 8 muestra otro ejemplo de demultiplexor según la presente invención formado por dos sub-demultiplexores que comparten círculo de Rowland.

Las Figs. 9a-9d muestran diversos ejemplos de multiplexores/demultiplexores según la invención.

15

La Fig. 10 muestra un ejemplo de la disposición de las señales luminosas en las guías de entrada de un multiplexor según la invención de manera que señales de longitudes de onda contiguas se disponen separadas en diferentes guías de onda.

20

## **REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION**

Se describe a continuación un ejemplo particular de acuerdo con la presente invención haciendo referencia a las Figs. 5 en adelante, que muestran diversas realizaciones de multiplexores/demultiplexores (1, 1') según la presente invención.

25

La Fig. 5 muestra un ejemplo de multiplexor (1) formado por dos sub-multiplexores (1a, 1b) implementados en dos respectivos círculos (5a, 5b) de Rowland que se superponen parcialmente. En este ejemplo concreto, los sub-multiplexores (1a, 1b) tienen ambos tres entradas y una salida, aunque debe entenderse que es posible cualquier otra combinación. Además, no es necesario que el primer sub-multiplexor (1a) sea igual que el segundo sub-multiplexor (1b).

30

El primer sub-multiplexor (1a) presenta una guía de onda (2a) de entrada que conduce tres guías de entrada (21a, 22a, 23a) cuyos extremos están situados sobre el círculo de Rowland (5a) correspondiente y orientados hacia un espejo (3a) diffraction grating. Las señales

35

luminosas transmitidas a través de la guía de onda (2a), que tienen las longitudes de onda ( $\Delta\lambda_1, \Delta\lambda_3, \Delta\lambda_5$ ), inciden en el espejo (3a) diffraction grating. De manera conocida, el resultado de la reflexión es una única señal en la que se superponen las tres señales luminosas entrantes y que está dirigida hacia un extremo de una guía de salida (41a) conducida en una guía de onda (4a) de salida.

De manera similar, el segundo sub-multiplexor (1b) presenta una guía de onda (2b) de entrada que conduce tres guías de entrada (21b, 22b, 23b) cuyos extremos están situados sobre el círculo de Rowland (5b) correspondiente y orientados hacia un espejo (3b) diffraction grating. Las señales luminosas transmitidas a través de la guía de onda (2b), que tienen las longitudes de onda ( $\Delta\lambda_2, \Delta\lambda_4, \Delta\lambda_6$ ), inciden en el espejo (3b) diffraction grating. De manera conocida, el resultado de la reflexión es una única señal en la que se superponen las tres señales luminosas entrantes y que está dirigida hacia un extremo de una guía de salida (41b) conducida en una guía de onda (4b) de salida.

Al estar parcialmente superpuestos los dos círculos de Rowland (5a, 5b) de los respectivos sub-multiplexores (1a, 1b), es evidente que se obtiene un ahorro de espacio con relación a la configuración convencional en la que se dispondrían los dos sub-multiplexores (1a, 1b) completamente separados uno de otro. Además, es posible repartir las señales luminosas de entrada en el multiplexor (1) de manera que aquellas que tienen longitudes de onda contiguas estén en guías de onda (2a, 2b) diferentes y físicamente separadas. En este ejemplo, las señales luminosas con bandas de longitud de onda denotadas aquí con números impares se transmiten a través de la guía de onda de entrada (2a) del primer sub-multiplexor (1a) y las señales luminosas con bandas de longitud de onda denotadas aquí con números pares se transmiten a través de la guía de onda de entrada (2b) del segundo sub-multiplexor (1b). Con ello se puede bien reducir el tamaño del dispositivo multiplexor, relajando la selectividad de la red de difracción, o bien disminuir la probabilidad de crosstalk entre canales, con lo que mejora la selectividad del multiplexor (1).

La Fig. 6 también muestra un multiplexor (1) formado por dos sub-multiplexores (1a, 1b) de acuerdo con la presente invención, aunque en este caso los respectivos círculos de Rowland (5a, 5b) se superponen completamente. Esta configuración permite conseguir el máximo ahorro de espacio posible.

La Fig. 7 muestra un ejemplo de demultiplexor (1') formado por dos sub-demultiplexores (1'a, 1'b) implementados en dos respectivos círculos (5'a, 5'b) de Rowland que se superponen parcialmente. En este ejemplo concreto, los sub-demultiplexores (1'a, 1'b)

tienen ambos una entrada y tres salidas, aunque debe entenderse que es posible cualquier otra combinación. Además, no es necesario que el primer sub-demultiplexor (1'a) sea igual que el segundo sub-demultiplexor (1'b).

5 El primer sub-demultiplexor (1'a) presenta una guía de onda (2'a) de entrada que conduce una guía de entrada (21'a) cuyo extremo está situado sobre el círculo de Rowland (5'a) correspondiente y orientado hacia un espejo (3'a) diffraction grating. La señal luminosa transmitida a través de la guía de onda (2'a) incide en el espejo (3a) diffraction grating. De manera conocida, el resultado de la reflexión es la descomposición de la señal luminosa en  
10 tres señales de longitudes de onda ( $\Delta\lambda_1$ ,  $\Delta\lambda_3$ ,  $\Delta\lambda_5$ ) respectivamente dirigidas a los extremos de las guías de salida (41'a, 42'a, 43'a) conducidas en la guía de onda (4'a) de salida.

De manera similar, el segundo sub-demultiplexor (1'b) presenta una guía de onda (2'b) de entrada que conduce una guía de entrada (21'b) cuyo extremo está situado sobre el círculo  
15 de Rowland (5'b) correspondiente y orientado hacia un espejo (3'b) diffraction grating. La señal luminosa transmitida a través de la guía de onda (2'b) incide en el espejo (3b) diffraction grating. De manera conocida, el resultado de la reflexión es la descomposición de la señal luminosa en tres señales de longitudes de onda ( $\Delta\lambda_2$ ,  $\Delta\lambda_4$ ,  $\Delta\lambda_6$ ) respectivamente dirigidas a los extremos de las guías de salida (41'b, 42'b, 43'b) conducidas en la guía de  
20 onda (4'b) de salida.

Por tanto, de un modo equivalente al anteriormente descrito con relación al multiplexor (1), la superposición parcial de los dos círculos de Rowland (5a, 5b) de los respectivos sub-demultiplexores (1a, 1b) permite obtener un ahorro de espacio con relación a la  
25 configuración convencional en la que se dispondrían los dos sub-demultiplexores (1a, 1b) completamente separados uno de otro. Además, también de manera similar a lo descrito con relación al multiplexor (1), posible repartir las señales luminosas de salida del demultiplexor (1) de manera que aquellas que tienen longitudes de onda contiguas estén en guías de onda (2'a, 2'b) diferentes. En este caso, las señales luminosas con bandas de  
30 longitud de onda denotadas aquí con números impares se transmiten a través de la guía de onda de salida (4'a) del primer sub-demultiplexor (1'a) y las señales luminosas con bandas de longitud de onda denotadas aquí con números pares se transmiten a través de la guía de onda de salida (4'b) del segundo sub-demultiplexor (1'b). Por tanto, se consigue disminuir la probabilidad de crosstalk entre canales, con lo que mejora la selectividad del demultiplexor  
35 (1').

Las Figs. 9a-9d muestran diversas configuraciones posibles de un multiplexor

(1)/demultiplexor (1') de acuerdo con la posición relativa de las respectivas guías de entrada y salida.

5 La Fig. 9a muestra un ejemplo donde los círculos de Rowland (5) se superponen completamente y donde las guías de entrada y salida de los sub-multiplexores (1a, 1b)/sub-demultiplexores (1'a, 1'b) están dispuestas en posiciones casi diametralmente opuestas.

10 La Fig. 9b muestra un ejemplo donde los círculos de Rowland (5) se superponen parcialmente y donde las guías de entrada y salida del primer sub-multiplexor (1<sup>a</sup>)/sub-demultiplexor (1b) están dispuestas en posiciones separadas pero orientadas según direcciones similares aunque ligeramente divergente.

15 La Fig. 9c muestra un ejemplo donde los círculos de Rowland (5) se superponen parcialmente y donde las guías de entrada y salida de los sub-multiplexores (1a, 1b)/sub-demultiplexores (1'a, 1'b) están dispuestas en posiciones contiguas y orientadas según direcciones similares aunque ligeramente divergentes.

20 La Fig. 9d muestra un ejemplo donde los círculos de Rowland (5) se superponen parcialmente y donde las guías de entrada y salida de los sub-multiplexores (1a, 1b)/sub-demultiplexores (1'a, 1'b) están dispuestas en posiciones contiguas y orientadas según direcciones similares aunque ligeramente convergentes.

25 La Fig. 10 muestra esquemáticamente la relación entre las bandas de longitud de onda de las señales luminosas transmitidas en un multiplexor (1)/demultiplexor (1) según la presente invención a través las respectivas guías de cada sub-multiplexor (1)/sub-demultiplexor (1') que lo constituyen. Como se ha mencionado anteriormente, señales luminosas adyacentes se disponen en guías de entrada o salida separadas, de manera que se minimiza la probabilidad de que se produzca crosstalk. Esto queda claro al comparar la Fig. 10 con la Fig. 4 que muestra la situación en los multiplexores (1)/demultiplexores (1') de la técnica anterior. Las bandas rayadas indican zonas en las que puede producirse crosstalk entre canales si las guías de entrada o salida en cuestión están situadas demasiado cerca unas de otras.

30

**REIVINDICACIONES**

1. Multiplexor (1) óptico compacto de elevado número de canales que comprende:

5 - una primera guía (2a) de onda de entrada que comprende una pluralidad de primeras guías (21a, 22a, 23a) de entrada adyacentes cuyos extremos están orientados hacia un primer espejo (3a) de red de difracción, y una primera guía (4a) de onda de salida que comprende al menos una primera guía (41a) de salida cuyo extremo está dispuesto para recibir una señal luminosa reflejada por dicho primer espejo de red de difracción (3a) a partir de una pluralidad de señales luminosas emitidas por dicha pluralidad de primeras guías (21a, 22a, 23a) de entrada y, donde los extremos de la pluralidad de primeras guías (21a, 22a, 23a) de entrada y el extremo de la primera guía (41a) de salida están dispuestos sobre un primer círculo (5a) de Rowland;

15 - una segunda guía (2b) de onda de entrada que comprende una pluralidad de segundas guías (21b, 22b, 23b) de entrada adyacentes cuyos extremos están orientados hacia un segundo espejo (3b) de red de difracción y una segunda guía (4b) de onda de salida que comprende al menos una segunda guía (41b) de salida cuyo extremo está dispuesto para recibir una señal luminosa reflejada por dicho segundo espejo de red de difracción (3b) a partir de una pluralidad de señales luminosas emitidas por dicha pluralidad de segundas guías (21b, 22b, 23b) de entrada y, donde los extremos de la pluralidad de segundas guías (21b, 22b, 23b) de entrada y el extremo de la segunda guía (41b) de salida están dispuestos sobre un segundo círculo (5b) de Rowland;

20 caracterizado por que

- el primer círculo (5a) de Rowland y el segundo círculo (5b) de Rowland se superponen al menos parcialmente.

25

2. Multiplexor (1) óptico de acuerdo con la reivindicación 1, donde el primer círculo (5a) de Rowland y el segundo círculo (5b) de Rowland se superponen completamente.

3. Multiplexor (1) óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los extremos de la pluralidad de primeras guías de entrada (21a, 22a, 23a) y el extremo de la primera guía (41a) de salida están situados en posiciones contiguas a los extremos de la pluralidad de segundas guías de entrada (21b, 22b, 23b) y el extremo de la segunda guía (41b) de salida.

35 4. Multiplexor (1) óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-2, donde los extremos de la pluralidad de primeras guías de entrada (21a, 22a, 23a) y el extremo de la primera guía (41a) de salida están situados en posiciones opuestas a los extremos de la

pluralidad de segundas guías de entrada (21b, 22b, 23b) y el extremo de la segunda guía (41b) de salida.

5. Multiplexor (1) óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde  
5 señales luminosas de longitudes de onda adyacentes se disponen en guías (21a, 22a, 23a, 21b, 22b, 23b) de entrada no contiguas.

6. Multiplexor (1) óptico de acuerdo con la reivindicación 5, donde señales luminosas de longitudes de onda adyacentes se disponen de manera alternativa en guías (21a, 22a, 23a,  
10 21b, 22b, 23b) de entrada pertenecientes a guías (2a, 2b) de onda diferentes.

7. Demultiplexor (1') óptico compacto de elevado número de canales que comprende:

- una primera guía (2'a) de onda de entrada que comprende al menos una primera  
guía (21'a) de entrada cuyo extremo está orientado hacia un primer espejo (3'a) diffraction  
15 grating, y una primera guía (4'a) de onda de salida que comprende una primera pluralidad de guías (41'a, 42'a, 43'a) de salida adyacentes cuyos extremos están dispuestos para recibir unas señales luminosas reflejadas por dicho primer espejo (3'a) diffraction grating a partir de una señal luminosa emitida por dicha primera guía (21'a) de entrada, y donde el extremo de la primera guía (21'a) de entrada y los extremos de la pluralidad de primeras guías (41'a, 42'a, 43'a) de salida están dispuestos sobre un primer círculo (5'a) de Rowland;  
20

- una segunda guía (2'b) de onda de entrada que comprende al menos una segunda  
guía (21'b) de entrada cuyo extremo está orientado hacia un segundo espejo (3'b) diffraction  
grating, y una segunda guía (4'b) de onda de salida que comprende una segunda pluralidad  
de guías (41'b, 42'b, 43'b) de salida adyacentes cuyos extremos están dispuestos para  
25 recibir unas señales luminosas reflejadas por dicho segundo espejo (3'b) diffraction grating a partir de una señal luminosa emitida por dicha segunda guía (21'b) de entrada, y donde el extremo de la guía (21'b) de entrada y los extremos de la pluralidad de segundas guías (41'b, 42'b, 43'b) de salida están dispuestos sobre un segundo círculo (5'b) de Rowland;

caracterizado por que

30 - el primer círculo (5'a) de Rowland y el segundo círculo (5'b) de Rowland se superponen al menos parcialmente.

8. Demultiplexor (1') óptico de acuerdo con la reivindicación 7, donde el primer círculo (5a) de Rowland y el segundo círculo (5b) de Rowland se superponen completamente.

35

9. Demultiplexor (1') óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-8, donde el extremo de la guía de entrada (21'a) y los extremos de la pluralidad de primeras guías (41'a,

42'a, 43'a) de salida están situados en posiciones contiguas al extremo de la segunda guía de entrada (21'b) y a los extremos de la pluralidad de segundas guías (41'b, 42'b, 43'b) de salida.

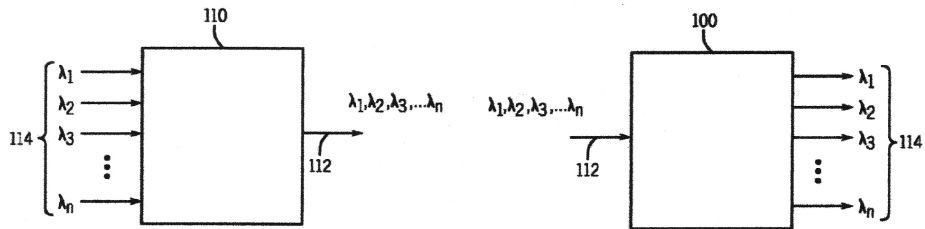
- 5 10. Demultiplexor (1') óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-8, donde el extremo de la guía de entrada (21'a) y los extremos de la pluralidad de primeras guías (41'a, 42'a, 43'a) de salida están situados en posiciones opuestas al extremo de la segunda guía de entrada (21'b) y a los extremos de la pluralidad de segundas guías (41'b, 42'b, 43'b) de salida.

10

11. Demultiplexor (1') óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-10, donde señales luminosas de longitudes de onda adyacentes se disponen en guías (41'a, 42'a, 43'a, 41'b, 42'b, 43'b) de salida no contiguas.

- 15 12. Demultiplexor (1') óptico de acuerdo con la reivindicación 11, donde señales luminosas de longitudes de onda adyacentes se disponen de manera alternativa en guías (41'a, 42'a, 43'a, 41'b, 42'b, 43'b) de salida pertenecientes a guías de onda (4'a, 4'b) diferentes.



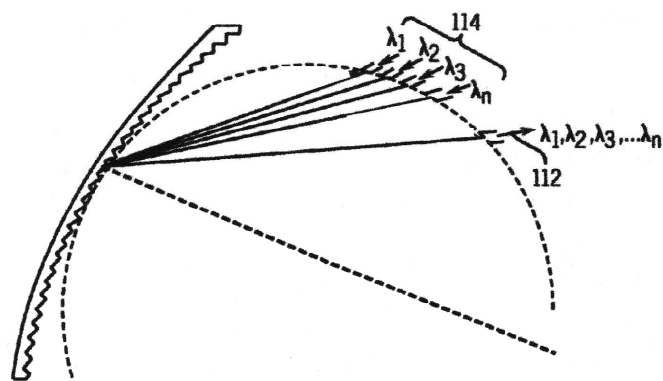


**FIG. 1a**

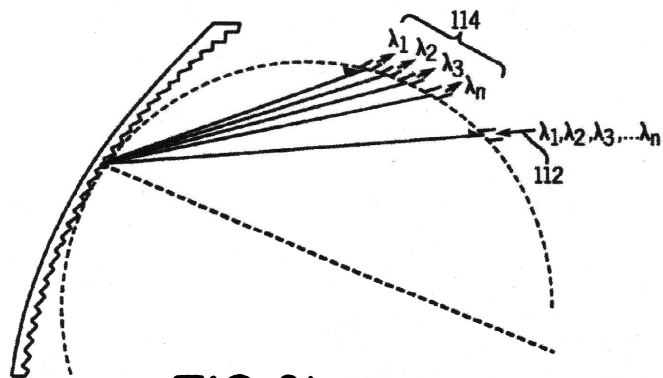
(TÉCNICA ANTERIOR)

**FIG. 1b**

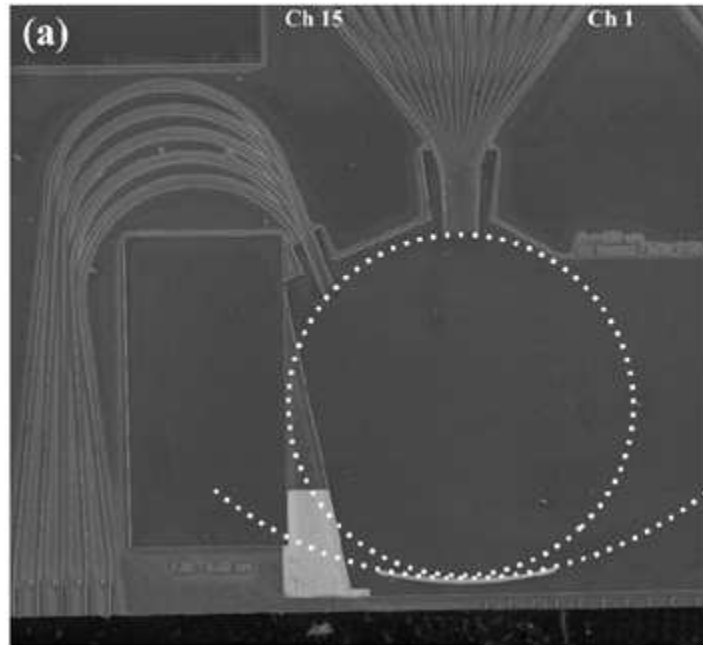
(TÉCNICA ANTERIOR)



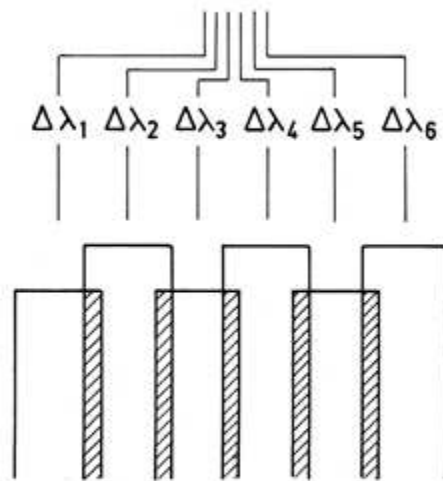
**FIG. 2a** (TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 2b** (TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 3** (TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 4** (TÉCNICA ANTERIOR)

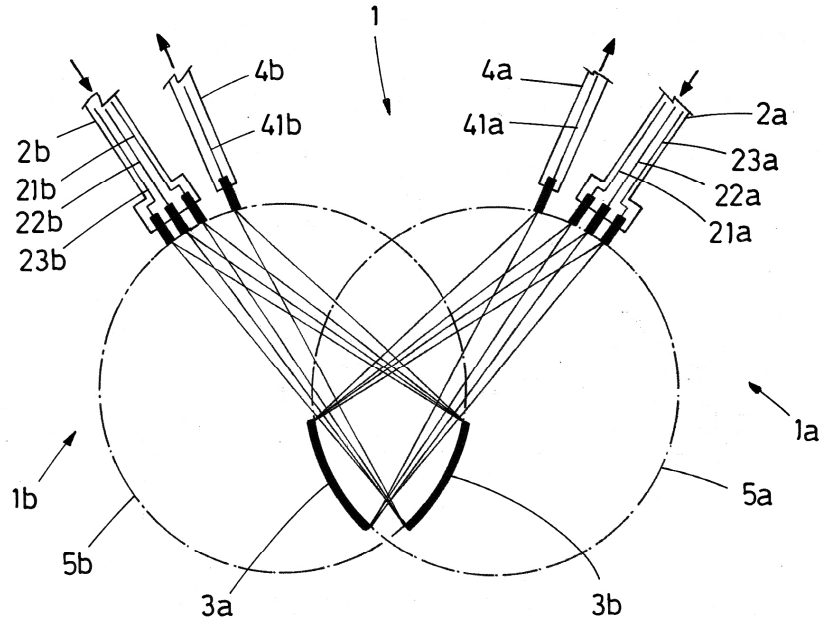


FIG. 5

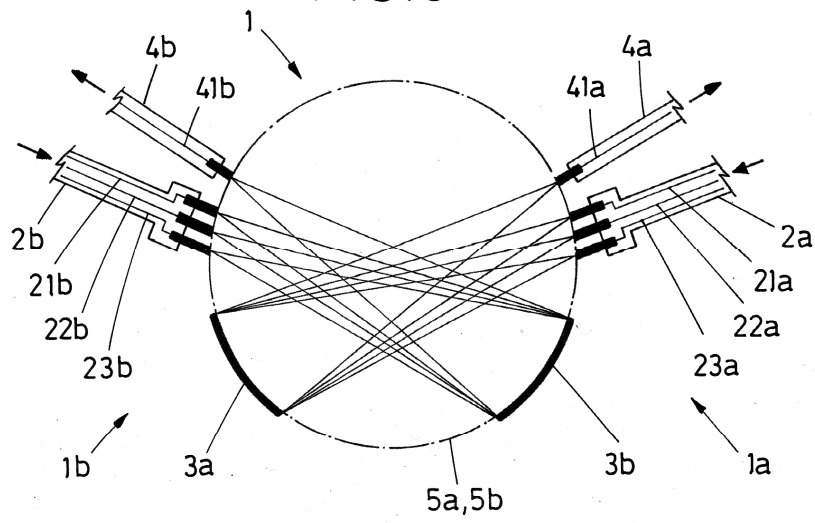


FIG. 6

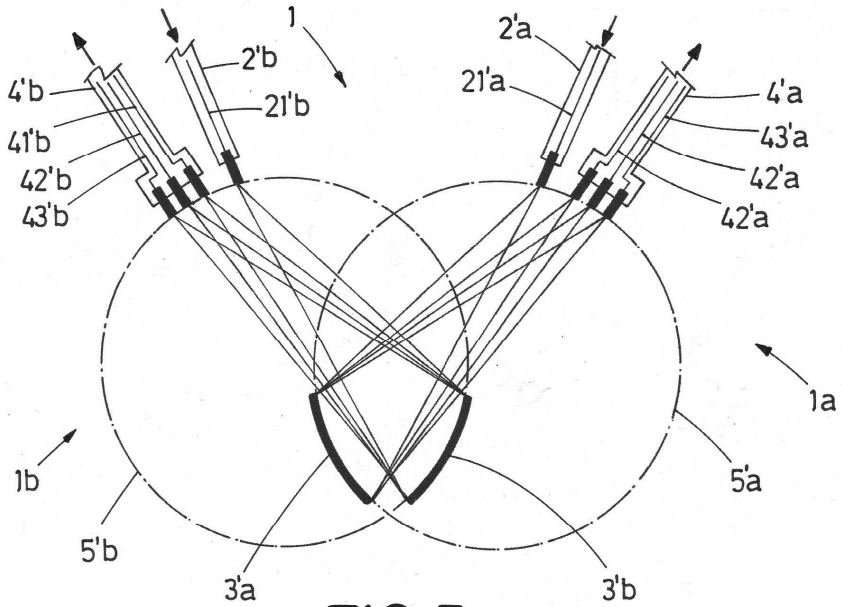


FIG. 7

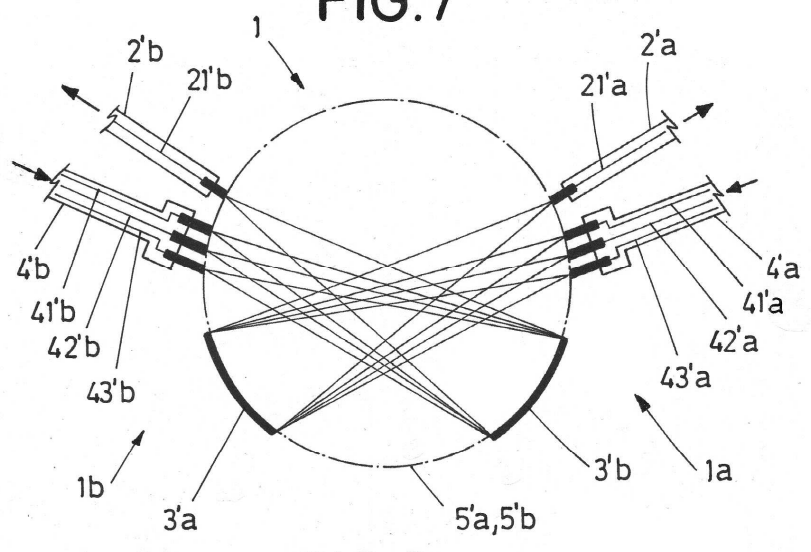


FIG. 8

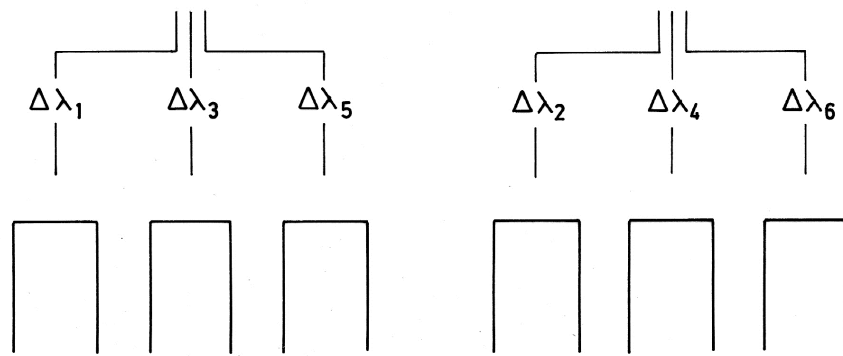
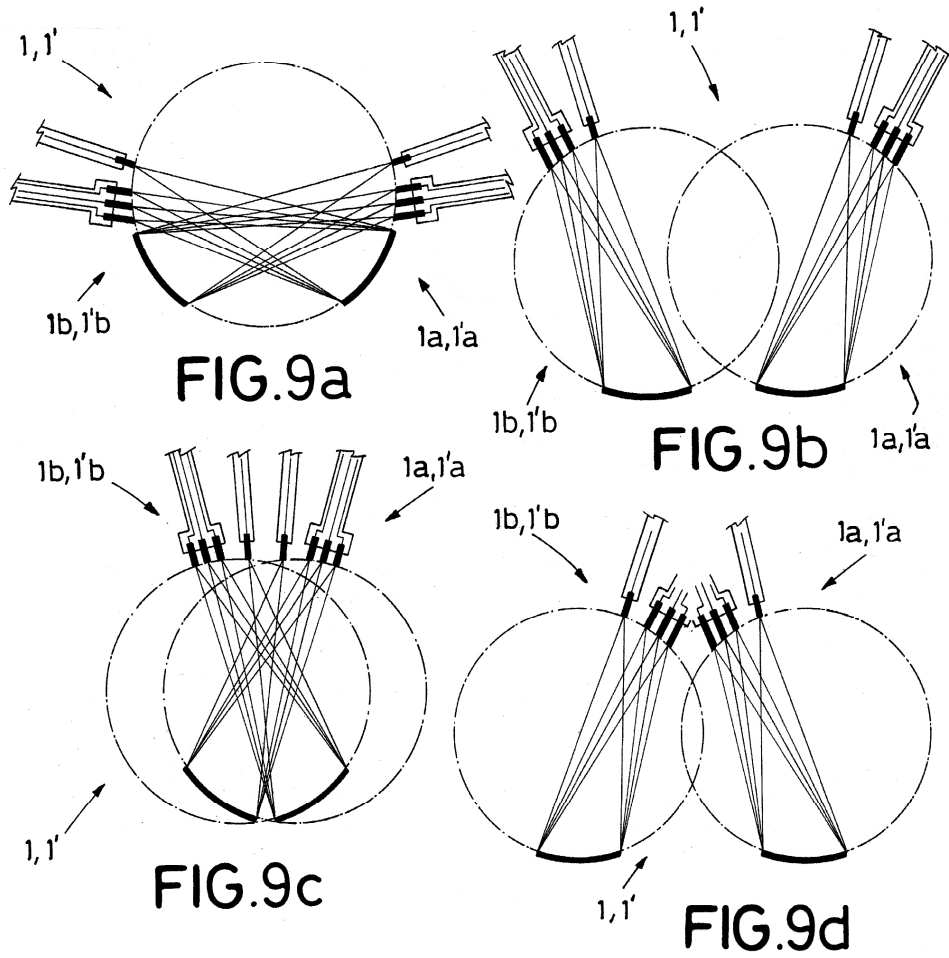


FIG. 10



OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201730463

②② Fecha de presentación de la solicitud: 29.03.2017

③② Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **G02B6/293** (2006.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	CN 104914509 A (UNIV XI AN JIAOTONG) 16/09/2015 Resumen; figuras. Resumen de la base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE.	1-12
A	Ho Y P et al. "FLAT CHANNEL-PASSBAND-WAVELENGTH MULTIPLEXING AND DEMULTIPLEXING DEVICES BY MULTIPLE-ROWLAND-CIRCLE DESIGN". 01/03/1997, Vol. 9, páginas 342 - 344, XP011425269 ISSN 1041-1135, <DOI: doi:10.1109/68.556067>	1-12

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
11.10.2017

Examinador  
J. Botella Maldonado

Página  
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G02B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPESP, XPAIP, XPI3E, INSPEC.

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 11.10.2017

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-12	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-12	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.



**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	CN 104914509 A (UNIV XI AN JIAOTONG)	16.09.2015
D02	Ho Y P et al.. FLAT CHANNEL-PASSBAND-WAVELENGTH MULTIPLEXING AND DEMULTIPLEXING DEVICES BY MULTIPLE-ROWLAND-CIRCLEDESIGN. Vol. 9, Páginas 342 - 344, XP011425269 ISSN 1041-1135, <DOI: doi:10.1109/68.556067>	01.03.1997

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

El documento D01 presenta un multiplexor por división de longitud de onda que incluye una guía onda de entrada, un primer y segundo arrays de guías de onda de salida. Los puertos de salida del primer y segundo array de guías de onda de salida están dispuestos en sendos círculos de Rowland estando el puerto de entrada de la guía onda de entrada situado en la intersección de estos círculos. Las redes de difracción se sitúan tangentes a los círculos de Rowland.

El documento D02 presenta el diseño de un multiplexor/demultiplexor de longitudes de onda que no sitúa todas la PAW en un único círculo difractor tangente al círculo de Rowland. El componente de enfoque del PAWG se configura mediante tres círculos de Rowland idénticos y verticalmente desplazados de manera equidistante, situándose las guías de ondas de salida en el círculo central que es una imagen espejo del círculo de entrada. La mitad de las PAW se dirigen al círculo superior y la otra mitad al círculo inferior.

Consideramos que ninguno de estos documentos anticipa la invención tal como se reivindica en las reivindicaciones de la 1ª a la 12ª ni hay en ellos sugerencias que dirijan al experto en la materia hacia el objeto reivindicado en las citadas reivindicaciones.

Por lo tanto las reivindicaciones de la 1ª a la 12ª poseen novedad y actividad inventiva (Artículos 6 y 8 LP).