



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 305 291**

51 Int. Cl.:  
**G02B 6/293** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **02765107 .4**

86 Fecha de presentación : **08.10.2002**

87 Número de publicación de la solicitud: **1468317**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **20.10.2004**

54 Título: **Multiplexador y desmultiplexador óptico.**

30 Prioridad: **20.10.2001 GB 0125260**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.11.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.11.2008**

73 Titular/es: **QinetiQ Limited**  
**Registered Office, 85 Buckingham Gate**  
**London, SW1E 6PD, GB**

72 Inventor/es: **Jenkins, Richard, M.**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 305 291 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

Multiplexador y demultiplexador óptico.

5 El presente invento se refiere a multiplexadores y demultiplexadores (mux-demux) ópticos.

10 El multiplexado y demultiplexado ópticos, es decir, la combinación y la separación de canales ópticos individuales de varias longitudes de onda en y a partir de una única señal (multiplexada) que comprende esos canales, es una importante función en los sistemas ópticos de comunicaciones. El multiplexado y el demultiplexado se realizan, típicamente, en los sistemas ópticos de comunicaciones mediante redes guíaondas (AWG). Una AWG es un dispositivo que comprende una serie de guíaondas de diferente longitud, cada uno de los cuales se comunica por un extremo con un guíaondas de entrada. Para una componente espectral dada de la entrada de radiación a la AWG, se produce una variación de fase a través de los extremos de los guíaondas alejados del guíaondas de entrada, siendo la variación específica de esa componente espectral. Esto permite que diferentes componentes espectrales de la radiación de entrada sean hechas pasar a diferentes guíaondas de salida de la AWG, consiguiéndose así la función de demultiplexado.

15 Las AWG se describen, por ejemplo, en el libro "Redes ópticas - Una perspectiva práctica", de R. Ramaswami y K.N. Sivarajan (Morgan Kaufmann Publishers, 1998, ISBN1-55860-445-6). Son dispositivos complicados que exigen un esfuerzo de tratamiento sustancial en su fabricación y que, por tanto, son caros y lentos de producir. Además, su complejidad hace que sean difíciles de integrar con otros dispositivos (por ejemplo, láseres, moduladores, etc.) dentro de sistemas ópticos integrados.

20 Los multiplexadores y demultiplexadores basados en el principio de la generación automática de imágenes por dispersión modal e interferencia intermodal dentro de un guíaondas multimodo son de construcción más sencilla que las AWG y, por ello, permiten una fabricación y una integración más simples. Dos de tales dispositivos se describen en la Patente de EE.UU. núm. 5.862.288. Una desventaja de tales dispositivos es que los guíaondas en los que funcionan son limitados. Por ejemplo, el documento US 5.862.288 describe dos multiplexadores y demultiplexadores cada uno de los cuales funciona para resolver (o combinar) dos canales ópticos con longitudes de onda  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ . Un dispositivo requiere que  $\lambda_2 = 2 \lambda_1$  con el fin funcionar y el otro requiere que  $\lambda_2 = 2M\lambda_1$ , donde M es un entero. Tales restricciones sobre las longitudes de onda de trabajo significan que los multiplexadores y demultiplexadores de este tipo no son adecuados para uso en sistemas de comunicaciones WDM prácticos, en los que los canales ópticos tienen una separación entre longitudes de onda del orden de 1 nm, aún cuando son deseables desde el punto de vista de una fabricación y una integración sencillas. Además, la construcción de tales dispositivos se complica cuando se les diseña para funcionar con muchos canales ópticos.

25 Un objeto del presente invento es proporcionar un multiplexador y demultiplexador basado en el principio de la generación automática de imágenes por dispersión modal e interferencia intermodal dentro de un guíaondas multimodo y que sea capaz de resolver canales ópticos con una separación de longitud de onda de una dimensión que se encuentra, típicamente, en la práctica los sistemas ópticos de comunicaciones.

30 De acuerdo con un primer aspecto del presente invento, este objeto se consigue mediante un multiplexador y demultiplexador óptico que comprende:

- 35 (i) un guíaondas multimodo;
- 40 (ii) un primer guíaondas de acoplamiento que comunica con el guíaondas multimodo en una primera posición longitudinal a lo largo de él; e
- 45 (iii) dos segundos guíaondas de acoplamiento que comunican con el guíaondas multimodo en segundas posiciones longitudinales respectivas a lo largo de él;

50 en donde las segundas posiciones longitudinales y las orientaciones relativas de los ejes geométricos centrales longitudinales de los guíaondas son tales que una distribución de campo óptico de entrada, que es un modo transversal de orden inferior de los guíaondas de acoplamiento y que comprende radiación de longitudes de onda primera y segunda, cuando se introduce en el guíaondas multimodo a través del primer guíaondas de acoplamiento, es reproducida sustancialmente en las segundas posiciones longitudinales como una primera y una segunda distribuciones de campo óptico de salida de las longitudes de onda primera y segunda, respectivamente, cuyas distribuciones de salida son acopladas en respectivos segundos guíaondas de acoplamiento, en virtud de la dispersión modal y la interferencia intermodal dentro del guíaondas multimodo, caracterizado porque cada uno de los guíaondas de acoplamiento comunica con un lateral del guíaondas multimodo.

55 Las segundas posiciones longitudinales pueden estar situadas en un lateral del guíaondas multimodo, opuesto a aquel en que está situada la primera posición longitudinal, en cuyo caso cada segunda posición longitudinal puede estar separada de la primera posición longitudinal por una distancia de  $4mw^2/\lambda$ , donde m es un entero positivo, w es la anchura de los guíaondas de acoplamiento y  $\lambda$  es una longitud de onda que ha de ser multiplexada o demultiplexada.

60 Alternativamente, la primera y las segundas posiciones longitudinales pueden estar situadas en un lateral común del guíaondas multimodo, en cuyo caso cada segunda posición longitudinal puede estar separada de la primera posición

## ES 2 305 291 T3

longitudinal por una distancia de  $8mw^2/\lambda$ , donde  $m$  es un entero positivo,  $w$  es la anchura de los guíasondas de acoplamiento y  $\lambda$  es una longitud de onda que ha de ser multiplexada o desmultiplexada.

5 Alternativamente, las segundas posiciones longitudinales pueden estar situadas en ambos laterales del guíasondas multimodo.

De acuerdo con un segundo aspecto del presente invento, se proporciona un oscilador láser caracterizado porque comprende un multiplexador y desmultiplexador de acuerdo con el primer aspecto del invento.

10 En lo que sigue se describen realizaciones del invento, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la Figura 1 muestra una vista en planta de un multiplexador y desmultiplexador óptico del invento;

15 las Figuras 2 y 3 ilustran la distribución espacial de un campo óptico en función de la distancia dentro de partes del multiplexador y desmultiplexador de la Figura 1;

la Figura 4 es una vista en planta de otro multiplexador y desmultiplexador óptico del invento;

20 las Figuras 5 a 6 ilustran la distribución espacial de un campo óptico en función de la distancia dentro de partes del multiplexador y desmultiplexador de la Figura 4; y

la Figura 7 muestra una vista en planta de otro multiplexador y desmultiplexador óptico del invento.

25 Haciendo referencia ahora a la Figura 1, en ella se muestra una vista en planta de un multiplexador y desmultiplexador (en lo que sigue "mux-demux") semiconductor del invento, indicado generalmente con 100, que tiene un eje geométrico longitudinal central 101 y referido a un sistema de coordenadas 111, que funciona para desmultiplexar radiación de entrada que comprende tres componentes espectrales con longitudes de onda dentro del mux-demux 100 de  $\lambda_1=1003$  nm,  $\lambda_2=1000$  nm y  $\lambda_3=997$  nm. El mux-demux 100 tiene un guíasondas de entrada 122 y guíasondas de salida 124A, 124B, 124C que comunican con un guíasondas multimodo 126 del mux-demux 100, que encuentran al guíasondas multimodo 126 en laterales opuestos 127A, 127B del mismo. Los guíasondas de entrada y de salida 122, 124, tiene ejes geométricos centrales inclinados hacia el eje 101 en un ángulo  $\alpha = 42,9^\circ$ . El guíasondas de entrada 122 comunica con el guíasondas multimodo 126 en el punto 123 y los guíasondas de salida 124A, 124B, 124C comunican con el guíasondas multimodo 126 en puntos 125A, 125B, 125C. El guíasondas multimodo 126 tiene un eje geométrico longitudinal central 101.

30 El guíasondas de entrada 122 y los guíasondas de salida 124A, 124B, 124C tienen, cada uno, una anchura  $w_1 = 2 \mu\text{m}$ . El guíasondas multimodo 126 tiene una anchura  $w_2 = 20 \mu\text{m}$ . Los guíasondas de salida 124A, 124B, 124C tienen centros respectivos 125A, 125B, 125C en el guíasondas multimodo 126 que están separados en la dirección  $z$  del centro 123 del guíasondas de entrada 122 en el guíasondas multimodo 126 por distancias  $L_1 = 4w_2^2/\lambda_1 = 1595,2 \mu\text{m}$ ,  $L_2 = 4w_2^2/\lambda_2 = 1600,0 \mu\text{m}$  y  $L_3 = 4w_2^2/\lambda_3 = 1604,8 \mu\text{m}$ , respectivamente, es decir, los centros de guíasondas de salida adyacentes están separados en la dirección  $z$  en una distancia de  $4,8 \mu\text{m}$ .

45 Haciendo referencia a la Figura 2, en ella se muestra una sección vertical dada a través del mux-demux 100 por un plano  $xy$  I-I indicado en la Figura 1. En la dirección  $x$ , el mux-demux 100 es un único guíasondas de placa monomodo que tiene una capa de núcleo de GaAs 108 de  $1 \mu\text{m}$  de grueso y capas 109, 106 de chapado de  $\text{Al}_{0,1}\text{Ga}_{0,9}\text{As}$ , con grosores de  $2 \mu\text{m}$  y  $4 \mu\text{m}$ , respectivamente. Los guíasondas 122, 124, 126 se forman mediante ataque químico a través de la capa de núcleo 108 y en la capa de chapado 106 hasta una profundidad de  $2 \mu\text{m}$  para producir estructuras de cresta tales como 112.

50 El mux-demux 100 funciona como sigue. La radiación de entrada multiplexada que comprende canales ópticos con longitudes de onda de  $\lambda_1 = 1003$  nm,  $\lambda_2 = 1000$  nm y  $\lambda_3 = 997$  nm, dentro del mux-demux 100 se introduce en el guíasondas de entrada 122 del mux-demux 300 y es guiada en él como un campo óptico monomodo. La radiación de entrada entra en el guíasondas multimodo 126 en un plano  $xy$  133. La componente espectral de la radiación de entrada con una longitud de onda  $\lambda_2 = 1000$  nm excita los modos transversales de la forma  $\text{EH}_{1,j}$  a esa longitud de onda dentro del guíasondas multimodo 126, donde  $j$  es un entero que puede ser par o impar, es decir, se excitan ambos modos transversales, simétrico y antisimétrico del guíasondas multimodo 126. Como resultado de la dispersión modal y la interferencia intermodal dentro del guíasondas multimodo 126, la distribución óptica de entrada en la dirección  $y$  de la componente espectral  $\lambda_2 = 1000$  nm evoluciona en la dirección  $z$  como se muestra en las Figuras 2 y 3.

60 Haciendo referencia a la Figura 2, la distribución de intensidad en la dirección  $y$  y de la componente espectral  $\lambda_2 = 1000$  nm dentro del guíasondas multimodo 126 se muestra a intervalos de  $5 \mu\text{m}$  en la dirección  $z$ , desde  $z = 0$  a  $z = 40 \mu\text{m}$ , medidos desde el plano  $xy$  133. La distribución de intensidad en la dirección  $y$  en el plano  $xy$  133 ( $z = 0$ ), se indica en la Figura 2 por 140. El vector de onda de la luz dentro del guíasondas multimodo se indica en la Figura 2 con  $\mathbf{k}$ , dirigido según el eje geométrico 122A del guíasondas de entrada e inclinado a  $41,9^\circ$  con respecto al eje geométrico 101.

## ES 2 305 291 T3

Haciendo referencia a la Figura 3, la distribución de intensidad en la dirección y de la componente espectral  $\lambda_2 = 1000$  nm se muestra a intervalos de  $5 \mu\text{m}$  en la dirección z, desde  $z = 1580 \mu\text{m}$  a  $z = 1600 \mu\text{m}$ . A una distancia  $z = 1600 \mu\text{m}$  se produce una imagen especular 141 de la distribución 140 respecto al eje geométrico central 101 del guíaondas multimodo 326, como resultado de la dispersión modal y la interferencia intermodal dentro del guíaondas 326. La luz en el plano xy 135B tienen un vector de onda k dirigido a lo largo del guíaondas 324B y, por ello, una componente espectral  $\lambda_2 = 1000$  nm se acopla eficazmente al guíaondas de salida 324B.

Similarmente, la componente espectral  $\lambda_1 = 1003$  nm se acopla eficazmente al guíaondas de salida 324A porque se genera una imagen especular de la distribución del campo de entrada, para esa componente espectral, respecto al eje geométrico 101 a una distancia  $L_1$  del plano xy 133. La componente espectral  $\lambda_3 = 997$  nm es acoplada eficazmente al guíaondas de salida 324C porque se genera una imagen especular de la distribución del campo de entrada, para esa componente espectral, con respecto al eje geométrico 101 a una distancia  $L_3$  del plano xy 133. El mux-demux 100 desmultiplexa así eficazmente las componentes espectrales  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  combinadas en la radiación de entrada que se introduce en el guíaondas de entrada 122.

El ángulo  $\alpha$  puede adoptar valores distintos de  $42,9^\circ$ ; sin embargo, debe ser lo bastante pequeño para permitir la total reflexión interna de la luz dentro del guíaondas multimodo 126. En el presente caso, el ángulo  $\alpha$  debe ser menor que  $73,3^\circ$ . El ángulo  $\alpha$  también debe ser lo bastante grande para evitar efectos de perturbación de fase de los modos dentro del guíaondas multimodo 126.

Haciendo referencia ahora a la Figura 4, en ella se muestra otro mux-demux del invento, indicado en general por 200 y referido a un sistema de coordenadas 211. El mux-demux 200 también funciona para desmultiplexar radiación de entrada que comprende tres componentes espectrales con longitudes de onda dentro del mux-demux de  $\lambda_1 = 1003$  nm,  $\lambda_2 = 1000$  nm y  $\lambda_3 = 997$  nm. El mux-demux 200 tiene un guíaondas de entrada 222 y guíaondas de salida 224A, 224B, 224C que comunican con un guíaondas multimodo 228 que tiene laterales 227A, 227B, que se encuentran con el guíaondas multimodo 226 en un lateral 227A del mismo en un ángulo  $\alpha = 42,9^\circ$ . La estructura del mux-demux 200 en la dirección x es similar a la del mux-demux 100 de la Figura 1. El guíaondas de entrada 222 y los guíaondas de salida 224A, 224B, 224C tienen, cada uno, una anchura  $w_1 = 2 \mu\text{m}$ . El guíaondas multimodo 226 tiene una anchura  $w_2 = 20 \mu\text{m}$ . Los guíaondas de salida 224A, 224B, 224C tienen centros 225A, 225B, 225C respectivos en el guíaondas multimodo 226 que están separados en la dirección z del centro 223 del guíaondas de entrada 222 en el guíaondas multimodo 226 en distancias  $l_1 = 8 w_2^2/\lambda_1 = 3190,4 \mu\text{m}$ ,  $l_2 = 8 w_2^2/\lambda_2 = 3200,0 \mu\text{m}$  y  $l_3 = 8 w_2^2/\lambda_3 = 3209,6 \mu\text{m}$ , respectivamente, es decir, los centros de guíaondas de salida adyacentes están separados en la dirección z en una distancia de  $9,6 \mu\text{m}$ .

El mux-demux 200 funciona de forma parecida al mux-demux 100. La radiación de entrada multiplexada que comprende canales ópticos con longitudes de onda  $\lambda_1 = 1003$  nm,  $\lambda_2 = 1000$  nm y  $\lambda_3 = 997$  nm dentro del mux-demux 200 es introducida en el guíaondas de entrada 222 del mux-demux 200 y es guiada en él como un campo óptico monomodo. La radiación de entrada entra en el guíaondas multimodo 226 en un plano xy 233. La componente espectral  $\lambda_2 = 1000$  nm de la radiación de entrada excita los modos transversales de la forma  $\text{EH}_{1,j}$  a esa longitud de onda dentro del guíaondas multimodo 226, donde j es un entero que puede ser par o impar, es decir, se excitan ambos modos transversales, simétrico y antisimétrico del guíaondas 226. Como resultado de la dispersión modal y de la interferencia intermodal dentro del guíaondas multimodo 226, la distribución óptica de entrada en la dirección y de la componente espectral  $\lambda_2 = 1000$  nm evoluciona en la dirección z, como se muestra en las Figuras 5 y 6.

Haciendo referencia a la Figura 5, la distribución de la intensidad de la componente espectral  $\lambda_2 = 1000$  nm en la dirección y dentro del guíaondas multimodo 226 se muestra a intervalos de  $5 \mu\text{m}$  en la dirección z, desde  $z = 0$  a  $z = 40 \mu\text{m}$  medidos desde el plano xy. La distribución de la intensidad en la dirección y en el plano xy 233 ( $z = 0$ ) se indica en la Figura 5 mediante 240. Haciendo referencia a la Figura 6, en ella se muestra la distribución de la intensidad en la dirección y de la componente espectral  $\lambda_2 = 1000$  nm a intervalos de  $5 \mu\text{m}$  en la dirección z, desde  $z = 3180 \mu\text{m}$  a  $z = 3200 \mu\text{m}$ . En una posición  $z = 3200 \mu\text{m}$ , se produce una distribución de intensidad 241 como resultado de la dispersión modal y de la interferencia intermodal. La distribución 241 es, sustancialmente, igual que la distribución 240, aunque la luz en el plano xy 235B tiene un vector de onda  $k'$  tal que  $k'_y = -k_y$  y  $|k'| = |k|$ . La componente espectral  $\lambda_2 = 1000$  nm es acoplada, por tanto, eficazmente al guíaondas de salida 224B.

Similarmente, la componente espectral  $\lambda_1 = 1003$  nm es acoplada eficazmente al guíaondas de salida 224A porque la distribución del campo de entrada para esa componente espectral es reproducida a una distancia  $l_1$  del plano xy 233. La componente espectral  $\lambda_3 = 997$  nm es acoplada eficazmente al guíaondas de salida 224C porque la distribución del campo de entrada para esa componente espectral es reproducida a una distancia  $l_3$  del plano xy 233.

El mux-demux 200 desmultiplexa así eficazmente las componentes espectrales  $\lambda_1 = 1003$  nm,  $\lambda_2 = 1000$  nm y  $\lambda_3 = 997$  nm combinadas en la radiación de entrada que se introduce en el guíaondas de entrada 222.

Los guíaondas de entrada 122 y de salida 124 pueden ser guíaondas monomodo en el plano xy. Alternativamente, pueden ser multimodo en el plano yz, en cuyo caso, la luz de la señal multiplexada debe introducirse en el guíaondas 122 de entrada de tal modo que solamente se excite el modo transversal de orden más bajo de ese guíaondas.

Si las componentes espectrales de la radiación de entrada para los mux-demux 100, 200 están menos separadas, en longitud de onda, que 3 nm, los centros de los guíaondas de salida 124, 224 deben estar menos separados en la

## ES 2 305 291 T3

dirección z. Sin embargo, para una anchura  $w_1$  de guíaondas de salida, los centros 125, 225 de los guíaondas de salida tienen una separación mínima en la dirección z de  $w_1/\text{sen } \alpha = 2,94 \mu\text{m}$  como resultado de la anchura finita de los guíaondas de salida: esto impone un límite más bajo sobre la separación entre longitudes de onda de los canales ópticos que pueden ser desmultiplexados por los mux-demux 100, 200.

5

El mux-demux 100 utiliza el fenómeno de generación de una imagen especular respecto a un eje geométrico longitudinal central de una distribución 140 de campo de entrada de una componente espectral  $\lambda$  a una distancia  $L = 4 w_2^2/\lambda$  dentro del guíaondas multimodo 126, mientras que el mux-demux 200 utiliza la replicación de una distribución 240 de campo de entrada de una componente espectral  $\lambda$  a una distancia  $L = 8 w_2^2/\lambda$  dentro del guíaondas multimodo 226. Por tanto, un cambio  $d\lambda$  en la longitud de onda de una componente espectral  $\lambda$  particular corresponde a un cambio en la posición z de un guíaondas de salida correspondiente de  $(-4 w_2^2/\lambda^2)d\lambda$  en el caso del mux-demux 100 y  $(-8 w_2^2/\lambda^2)d\lambda$  en el caso del mux-demux 200, es decir, la tasa de cambio de la posición z con la longitud de onda del centro de un guíaondas de salida para el mux-demux 200 es el doble que para el mux-demux 100. Por ello, un mux-demux tal como el 200 es capaz de una resolución de longitud de onda mayor que un mux-demux tal como el 100. Por ejemplo, si los guíaondas 124A, 124B, 124C de salida del mux-demux 100 están dispuestos contiguamente (es decir, sin espacios intermedios) y  $L_2 = 4 w_2^2/\lambda_2 = 1600 \mu\text{m}$  ( $\lambda_2 = 1000 \text{ nm}$ ) entonces el mux-demux 100 funcionaría para desmultiplexar canales con una separación de longitud de onda

20

$$\Delta\lambda = \frac{w_1 \lambda_2^2}{4w_2^2 \text{sen } \alpha} = 1,84 \text{ nm}$$

es decir, para desmultiplexar canales con longitudes de onda  $\lambda_1 = 1001,84 \text{ nm}$ ,  $\lambda_2 = 1000 \text{ nm}$ ,  $\lambda_3 = 998,16 \text{ nm}$ .

25

Si los guíaondas de salida 224A, 224B, 224C del mux-demux 200 tuviesen que estar dispuestos contiguamente, con  $L_2 = 8 w_2^2/\lambda_2 = 3200 \mu\text{m}$  ( $\lambda_2 = 1000 \text{ nm}$ ), el mux-demux 200 funcionaría para desmultiplexar canales con una separación de longitud de onda

30

$$\Delta\lambda = \frac{w_1 \lambda_2^2}{8w_2^2 \text{sen } \alpha} = 0,92 \text{ nm},$$

35

es decir, desmultiplexar canales con longitudes de onda  $\lambda_1 = 1000,92 \text{ nm}$ ,  $\lambda_2 = 1000 \text{ nm}$ ,  $\lambda_3 = 999,08 \text{ nm}$ .

40

Los mux-demux alternativos del invento pueden basarse en la generación de una imagen especular respecto a un eje geométrico longitudinal central de un guíaondas multimodo de una distribución de campo de entrada de una componente espectral  $\lambda$  en una distancia z de  $4 N w_2^2/\lambda$  (donde N es un entero positivo, impar) dentro del guíaondas multimodo; los guíaondas de entrada y de salida de un dispositivo de esta clase están dispuestos en lados opuestos de un guíaondas multimodo, como en la Figura 1. Otros mux-demux alternativos del invento pueden basarse en la réplica de una distribución de campo de entrada de una componente espectral  $\lambda$  en una distancia z de  $4 N w_2^2/\lambda$  (donde N es un entero par) dentro de un guíaondas multimodo; los guíaondas de entrada y de salida de un dispositivo de esta clase están dispuestos en lado común de un guíaondas multimodo, como en la Figura 2.

45

Haciendo referencia ahora a la Figura 7, en ella se muestra otro mux-demux del invento, indicado en general con 300. Las partes del mux-demux 300 equivalentes a las del desmultiplexador 200 tienen números de referencia similares que se distinguen de los de la Figura 4 en un valor de 100. El mux-demux 300 está referido a un sistema de coordenadas 311 y tiene una construcción similar a la del mux-demux 200, excepto porque un guíaondas de salida, 324B, está dispuesto en un lado de un guíaondas multimodo 326 opuesto al lado que comunica con el guíaondas de entrada 322 y los otros guíaondas de salida 324A, 324C. El mux-demux 300 está dispuesto para desmultiplexar canales con longitudes de onda  $\lambda_1 = 1003 \text{ nm}$ ,  $\lambda_2 = 1000 \text{ nm}$ ,  $\lambda_3 = 997 \text{ nm}$  que se introducen en el guíaondas 322 en forma de señal óptica multiplexada. Los centros 325A, 325B, 325C de los guíaondas de salida 324A, 324B, 324C en el guíaondas multimodo 326, están desplazados en la dirección z del centro 323 del guíaondas de entrada 322 en el guíaondas multimodo 326 en distancias  $l_1 = 8 w_2^2/\lambda_1 = 3190,4 \mu\text{m}$ ,  $L_2 = 4 w_2^2/\lambda_2 = 1600 \mu\text{m}$  y  $l_3 = 8 w_2^2/\lambda_3 = 3209,6 \mu\text{m}$ , respectivamente. Los canales ópticos desmultiplexados individuales  $\lambda_1 = 1003 \text{ nm}$ ,  $\lambda_2 = 1000 \text{ nm}$ ,  $\lambda_3 = 997 \text{ nm}$  salen del mux-demux por los guíaondas de salida 324A, 324B y 324C, respectivamente.

55

Un mux-demux tal como el 300 proporciona una alternativa a un dispositivo tal como el 200 en circunstancias en que los canales ópticos individuales dentro de la radiación de entrada tienen una separación tan estrecha de longitud de onda que los guíaondas de salida de un mux-demux tal como el 200 son difíciles o imposibles de fabricar debido a su estrecha separación. Un mux-demux tal como el 300 proporciona otro aumento de la resolución de longitud de onda con respecto a un dispositivo tal como el 200. Por ejemplo, una variante del dispositivo 300 en el que  $L_2 = 4 w_2^2/\lambda_2 = 1600 \mu\text{m}$  ( $\lambda_2 = 1000 \text{ nm}$ ),  $l_1 = 3198,5319 \mu\text{m}$  y  $l_3 = 3201,4695 \mu\text{m}$  (es decir, los centros 325A, 325C de los guíaondas de salida 324A, 324C están separados en una distancia z de  $w_2/\text{sen } \alpha = 2,94 \mu\text{m}$  de modo que esos guíaondas de salida son contiguos en la dirección z) sirve para desmultiplexar canales con una separación de longitud de onda de  $0,4590 \text{ nm}$ , es decir, desmultiplexar canales con longitudes de onda  $\lambda_1 = 1000,4590 \text{ nm}$ ,  $\lambda_2 = 1000,0000 \text{ nm}$ ,  $\lambda_3 = 999,5410 \text{ nm}$ .

65

## ES 2 305 291 T3

Si bien los mux-demux descritos en lo que antecede tienen, cada uno, tres guíaondas de salida, los dispositivos del invento tienen dos o más guíaondas y funcionan para desmultiplexar una señal óptica que comprende dos o más canales de longitud de onda individual.

5 Los dispositivos 100, 200, 300 descritos en lo que antecede pueden utilizarse a la inversa para multiplexar canales ópticos, es decir, para combinar señales ópticas de distinta longitud de onda con el fin obtener una sola señal óptica. Pueden introducirse señales con una sola longitud de onda adecuadas en los guíaondas 124, 224, 324 y, entonces, de los dispositivos salen señales multiplexadas a través de los guíaondas 122, 222, 322.

10 Un mux-demux del invento puede modificarse para producir un dispositivo activo (oscilador láser) que genere radiación de salida que comprenda canales de longitud de onda multiplexados. Por ejemplo, el mux-demux 200 de la Figura 4 puede modificarse proporcionando espejos en los extremos de los guíaondas 22, 224 y proporcionando una ganancia óptica a longitudes de onda apropiadas dentro de los guíaondas 224A, 224B, 224C. La salida óptica se obtiene, entonces, desde el guíaondas 222 en forma de radiación láser multiplexada consistente en longitudes de onda  
15 de  $\lambda_1 = 1003$  nm,  $\lambda_2 = 1000$  nm,  $\lambda_3 = 997$  nm. Si la ganancia óptica del oscilador láser es proporcionada haciendo pasar corriente a través de cada uno de los guíaondas 224, un dispositivo de esta clase también puede utilizarse para modular los canales de salida individuales como tendría que hacerse en un sistema óptico de comunicaciones. Por ejemplo, la corriente aplicada a un guíaondas 224 particular puede conmutarse entre dos valores de tal modo que la ganancia en el desplazamiento completo dentro del dispositivo 200 para el canal de longitud de onda correspondiente  
20 a ese guíaondas es conmutada por encima y por debajo del umbral de generación de radiación láser.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

# ES 2 305 291 T3

## REIVINDICACIONES

1. Un multiplexador y desmultiplexador óptico (100; 200; 300) que comprende:

(i) un guíaondas multimodo (126; 226; 326);

(ii) un primer guíaondas de acoplamiento (122; 222; 322) que comunica con el guíaondas multimodo en una primera posición longitudinal (123; 223; 323) a lo largo de él; e

(iii) dos segundos guíaondas de acoplamiento (124; 224; 324) que comunican con el guíaondas multimodo en segundas posiciones longitudinales respectivas (125; 225; 325) a lo largo de él;

en donde las segundas posiciones longitudinales y las orientaciones relativas de los ejes geométricos longitudinales centrales de los guíaondas son tales que una distribución de campo óptico de entrada (140; 240) en el modo transversal de orden más bajo de los guíaondas de acoplamiento y que comprende radiación con longitudes de onda primera y segunda, cuando es introducida en el guíaondas multimodo a través del primer guíaondas de acoplamiento, es reproducida sustancialmente en las segundas posiciones longitudinales como distribuciones de campo óptico de salida primera y segunda, con longitudes de onda primera y segunda, respectivamente, cuyas distribuciones de salida son acopladas en segundos guíaondas de acoplamiento respectivos en virtud de la dispersión modal y de la interferencia intermodal dentro del guíaondas multimodo, **caracterizado** porque los guíaondas de acoplamiento comunica, cada uno, con un lateral del guíaondas multimodo.

2. Un multiplexador y desmultiplexador (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las segundas posiciones longitudinales (125) están situadas en un lateral del guíaondas multimodo opuesto a aquel (127A) en que está situada la primera posición longitudinal (123).

3. Un multiplexador y desmultiplexador (100) de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado** porque cada segunda posición longitudinal está separada de la primera posición longitudinal en una distancia igual a  $4mw^2/\lambda$ , donde m es un entero positivo, w es la anchura de los guíaondas de acoplamiento y  $\lambda$  es la longitud de onda que ha de ser multiplexada o desmultiplexada.

4. Un multiplexador y desmultiplexador (200) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las segundas posiciones longitudinales (225) y la primera posición longitudinal (223) están situadas en un lateral (226) común del guíaondas multimodo.

5. Un multiplexador y desmultiplexador de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado** porque cada segunda posición longitudinal está separada de la primera posición longitudinal en una distancia igual a  $8mw^2/\lambda$ , donde m es un entero positivo, w es la anchura de los guíaondas de acoplamiento y  $\lambda$  es la longitud de onda que ha de ser multiplexada o desmultiplexada.

6. Un multiplexador y desmultiplexador (300) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las segundas posiciones longitudinales (325) están situadas en ambos laterales (327A, 327B) del guíaondas multimodo (326).

7. Un oscilador láser que comprende un multiplexador y desmultiplexador de acuerdo con cualquier reivindicación precedente.

Fig.1.

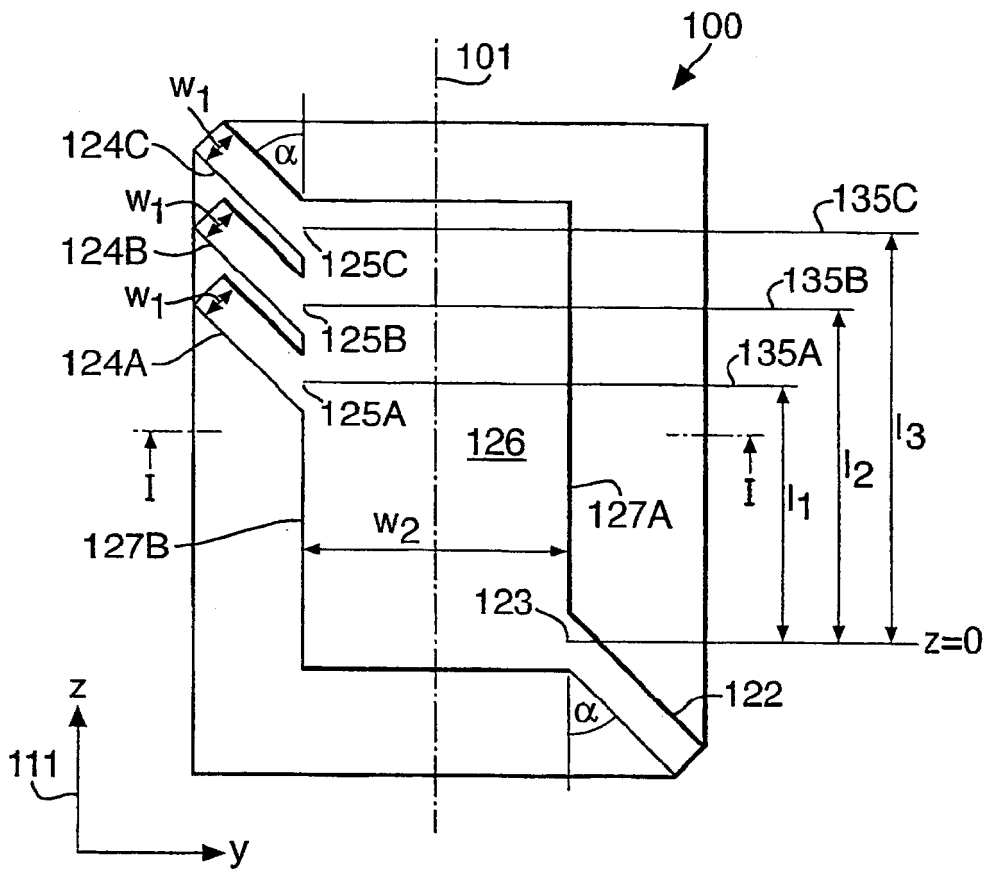


Fig.1A.

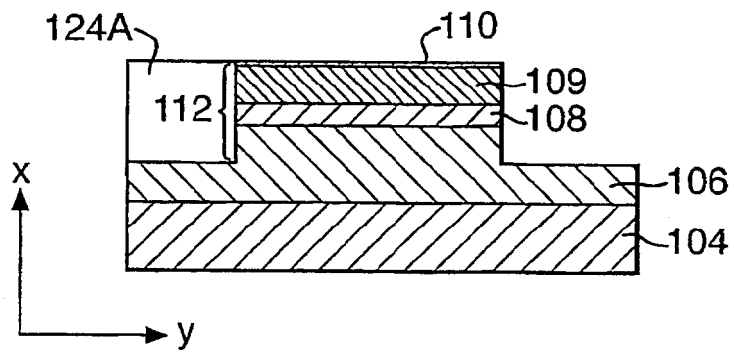


Fig.2.

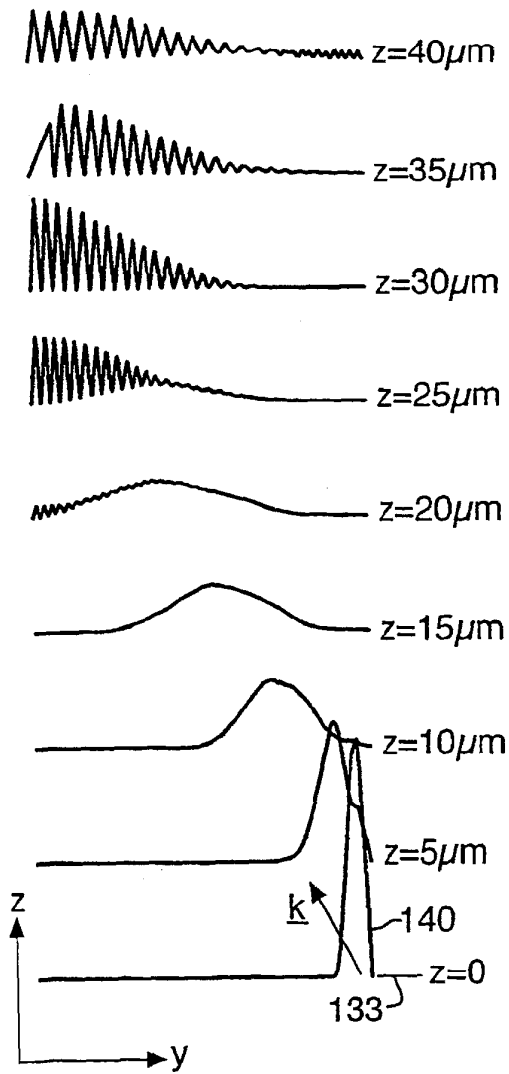


Fig.3.

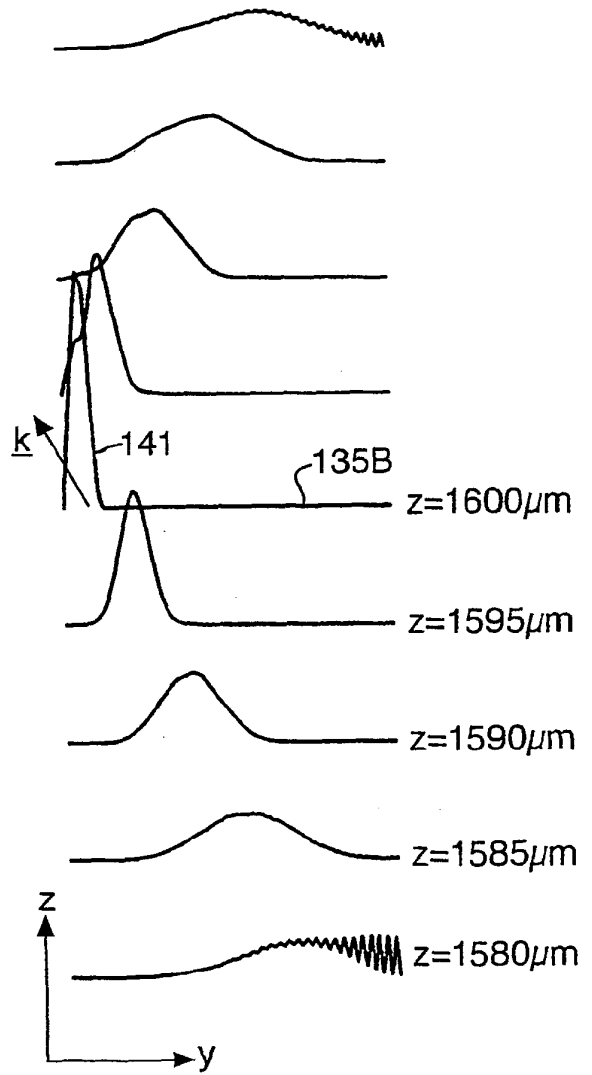


Fig.4.

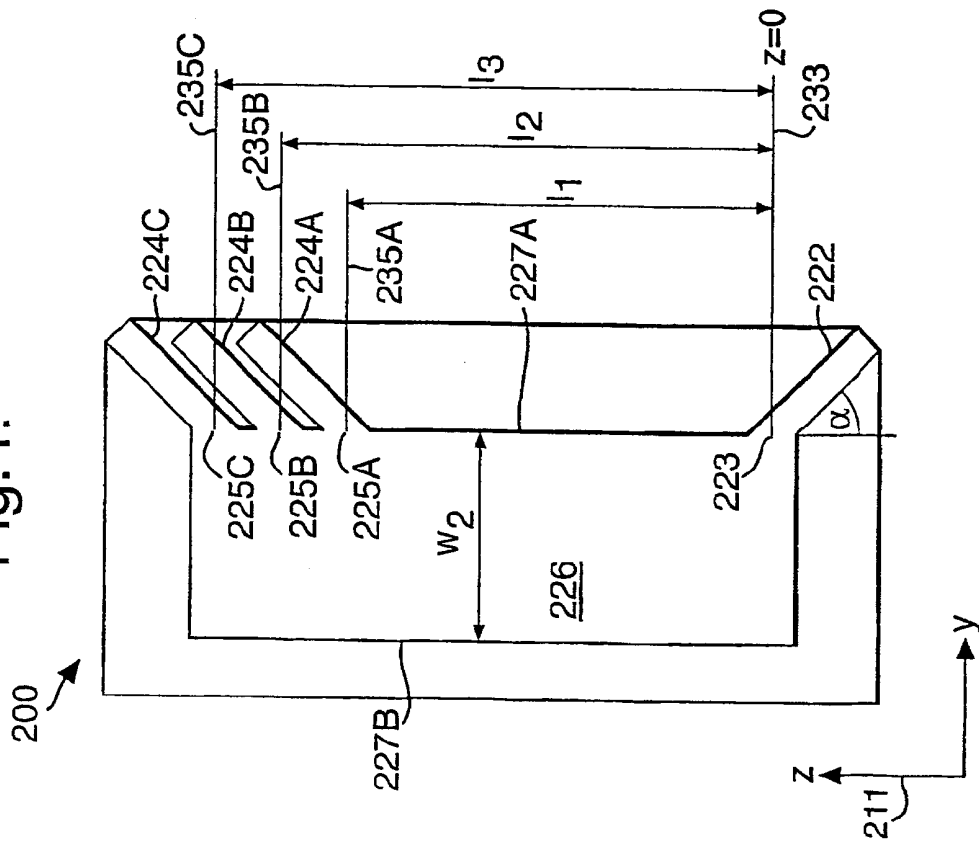


Fig.7.

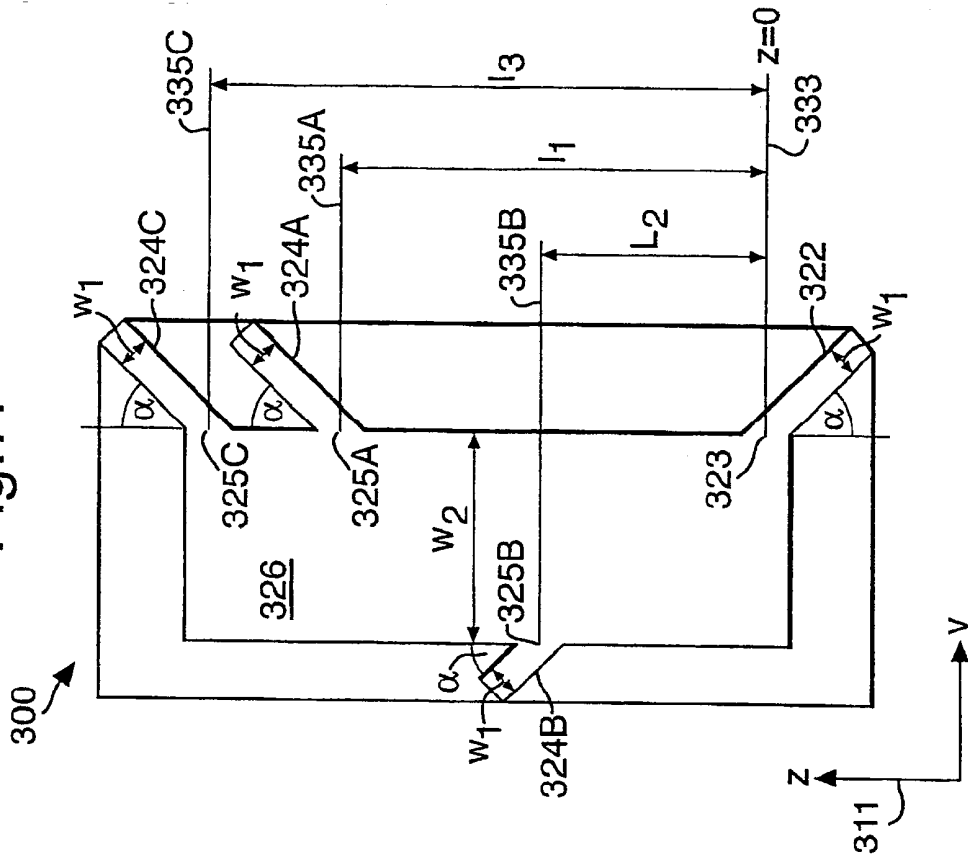


Fig.5.

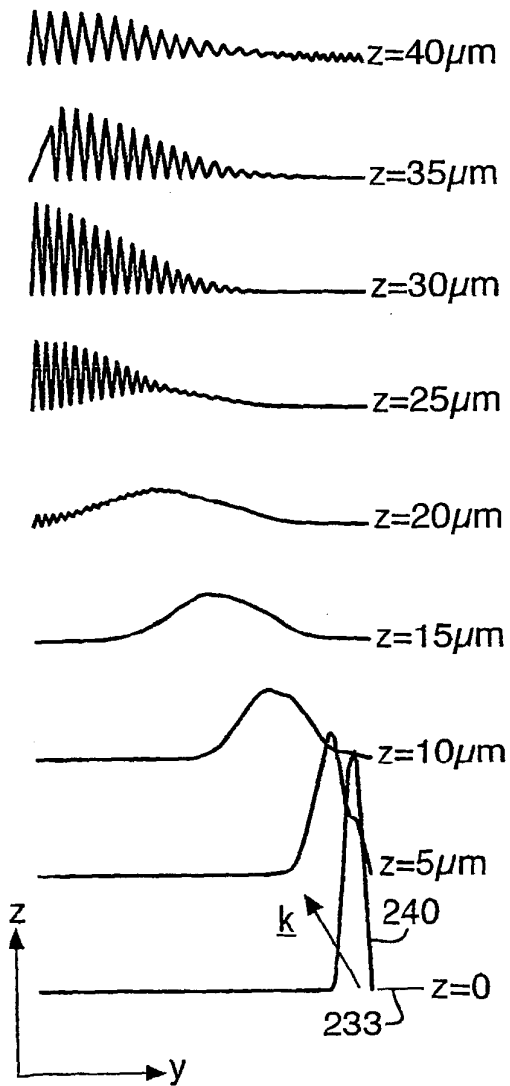


Fig.6.

