(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
Oficina internacional

(43) Fecha de publicación internacional
28 de octubre de 2010 (28.10.2010)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2010/122192 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes:
*G02B 6/293* (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2010/000175

(22) Fecha de presentación internacional:
21 de abril de 2010 (21.04.2010)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P200901145 23 de abril de 2009 (23.04.2009) ES

(71) Solicitante *(para todos los Estados designados salvo US)*: **UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA** [ES/ES]; CTT -Edif. 6G, Camino de Vera, 46022 Valencia (ES).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes *(para US solamente)*: **MUÑOZ MUÑOZ, Pascual** [ES/ES]; Universidad Politécnica De Valencia, CTT -Edif. 6G, Camino de Vera, 46022 Valencia (ES). **CAPMANY FRANCOY, José** [ES/ES]; Universidad Politécnica De Valencia, CTT -Edif. 6G, Camino de Vera, 46022 Valencia (ES). **ZHENG LU, Miaomiao** [ES/ES]; Universidad Politécnica De Valencia, CTT -Edif. 6G, Camino de Vera, 46022 Valencia (ES). **DOMÉNECH GÓMEZ, José David** [ES/ES]; Universidad Politécnica De Valencia, CTT -Edif. 6G, Camino de Vera, 46022 Valencia (ES).

(81) Estados designados *(a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados *(a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,

*[Continúa en la página siguiente]*

(54) **Title**: METHOD FOR ADJUSTING THE COUPLING CONSTANT OF AN OPTICAL WAVEGUIDE COUPLER AND RESULTING COUPLER

(54) **Título** : PROCEDIMIENTO DE AJUSTE DE LA CONSTANTE DE ACOPLO DE UN ACOPLADOR ÓPTICO EN GUIA DE ONDA Y ACOPLADOR ASÍ OBTENIDO

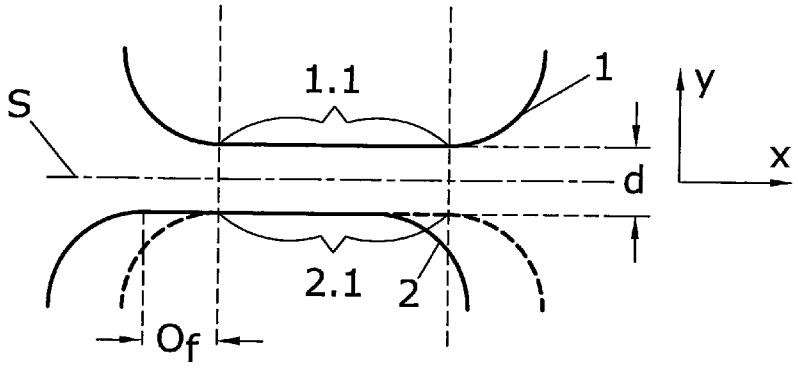



FIG.3

(57) **Abstract**: The invention relates to a method for adjusting the coupling constant of an optical waveguide coupler such that it is possible to establish this coupling constant (referred to as K) with a pre-determined value. Said method can be used for the apodization or windowing of waveguides, based on coupled ring resonators. The invention also relates to the coupler produced by adjusting coupling constant K using the aforementioned method and the devices that make use of resonators containing couplers thus adjusted.

(57) **Resumen**: Es objeto de esta invención establecer un procedimiento de ajuste de la constante de acoplo de un acoplador óptico en guia de onda de tal modo que es posible establecer dicha constante de acoplo (que denotaremos como K) con un valor determinado. Este mismo procedimiento es de aplicación en la apodización o enventanado de guias de onda basadas en resonadores en anillo acoplados. Es igualmente objeto de esta invención el acoplador diseñado con el ajuste de la constante de acoplo K llevado a cabo con el procedimiento anterior, o los dispositivos que hacen uso de resonadores que incorporan tales acopladores así ajustados.

WO 2010/122192 A1

IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publicada**:

— *con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))*

# PROCEDIMIENTO DE AJUSTE DE LA CONSTANTE DE ACOPLO DE UN ACOPLADOR ÓPTICO EN GUÍA DE ONDA Y ACOPLADOR ASÍ OBTENIDO

## DESCRIPCIÓN

### OBJETO DE LA INVENCIÓN

Es objeto de esta invención establecer un procedimiento de ajuste de la constante de acoplo de un acoplador óptico en guía de onda de tal modo que es posible establecer dicha constante de acoplo (que denotaremos como *K)* con un valor determinado. Este mismo procedimiento es de aplicación en la apodización o enventanado de guías de onda basadas en resonadores en anillo acoplados.

Es igualmente objeto de esta invención el acoplador diseñado con el ajuste de la constante de acoplo *K* llevado a cabo con el procedimiento anterior, o los dispositivos que hacen uso de resonadores que incorporan tales acopladores así ajustados.

### ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

En dispositivos destinados a la transmisión de información mediante guías ópticas es habitual el uso de filtros que establecen ventanas en ciertos rangos de frecuencias tales que solo es posible la transmisión efectiva de datos en dichos rangos de frecuencias y no en otros. De este modo, en una misma guía óptica es posible la transmisión de paquetes de información transportados haciendo uso de distintas bandas de frecuencia que no interfieren entre sí.

En la creación de filtros en guías ópticas para este tipo de aplicaciones es importante la buena definición de la ventana de tal modo que se corresponde en el mayor grado posible a una función en onda cuadrada.

El principio básico utilizado para la creación de estos filtros es el uso de resonadores ópticos que a su vez emplean acopladores ópticos principalmente de guías paralelas. A partir de ahora consideraremos que las aplicaciones de mayor interés son las asociadas al uso de óptica integrada.

Los acopladores ópticos de guías paralelas son dispositivos que habitualmente están compuestos por dos guías paralelas separadas una distancia *d*. Ambas guías están acopladas por las colas de los campos electromagnéticos que presentan. Efecto que se conoce como acoplo evanescente.

Mediante acoplo evanescente, cuando se inyecta luz en una de las guías de onda, se transferirá progresivamente a la otra guía de onda. La cantidad de potencia transferida viene dada por la constante de acoplo de potencia *K*. La constante de acoplo se define como la relación entre la potencia cruzada de salida (la potencia que ha sido transferida desde la guía alimentada con luz hasta la otra guía paralela) y la suma de las potencias de salida (que en el caso de no haber pérdidas es igual a la potencia total inyectada).

El valor de *K* depende de la configuración del acoplador: tecnología de fabricación de las guías de onda, sección cruzada, distancia entre guías de onda *d* y longitud a lo largo de la cual las guías están acopladas de forma evanescente, llamada longitud efectiva $l_{eff}$.

Este tipo de acoplador óptico se usa en filtros ópticos basados en resonadores ópticos en anillo acoplados, también conocidos como "coupled resonator optical waveguides" bajo las siglas (CROWs), los cuales son dispositivos compuestos por una o varias celdas resonantes acopladas entre ellas bien directamente o bien mediante guías de onda auxiliares tal y como se describirá más adelante cuando se expongan los ejemplos de realización de la invención.

La respuesta de filtrado de los dispositivos CROW depende mucho del valor de la constante de acoplo *K* de los acopladores involucrados que operan conjuntamente.

Es conocido que si se usa el mismo valor de *K* para todos los acopladores utilizados en una secuencia de acopladores dispuestos en serie las funciones de respuesta de filtrado en el dominio frecuencial muestran lóbulos laterales significativos y bandas de paso/rechazo de transiciones suaves que no son adecuadas.

Es también conocido que los lóbulos laterales pueden reducirse, y que el ancho de las bandas de paso/rechazo puede ajustarse para conseguir que las transiciones sean más abruptas mejorando el comportamiento del filtro. Esta mejora se obtiene ajustando el valor de *K* de forma individual en cada acoplador de un dispositivo CROW, partiendo de un valor nominal de *K* (bien incrementándolo o decrementándolo) considerado como valor de referencia.

Existe una técnica para el ajuste del valor individual de *K* en cada acoplador consistente en variar la

distancia *d* entre las guías de onda del acoplador. Esta técnica es tecnológicamente compleja de realizar y tiene fuertes limitaciones.

La distancia entre guías, o los incrementos de distancia que deben aplicarse para conseguir distintos valores de *K* en cada acoplador requiere un nivel de resolución elevado en la fabricación del integrado en la dirección transversal a la linea que definen las guías paralelas y este nivel de resolución fácilmente está por debajo del paso de resolución de fabricación.

Igualmente, es también tecnológicamente complejo fabricar acopladores de guías de onda paralelas con una distancia *d* pequeña, tal y como se requiere en un acoplo fuerte con una longitud efectiva $l_{eff}$ corta como es el caso de la fabricación de dispositivos pequeños.

La presente invención resuelve el problema de llevar a cabo un ajuste del valor de *K* que carece de los inconvenientes citados.

## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La presente invención consiste en un procedimiento de ajuste de la constante de acoplo de un acoplador dando lugar a un acoplador óptico tal que comprende: una guía primera y una guía segunda de onda, la guía primera de onda tiene un tramo primero y la guía segunda de onda tiene un tramo segundo tales que entre ambos tramos hay acoplo evanescente en una longitud efectiva $l_{eff}$ y dando lugar a una constante de acoplo *K*.

El acoplo evanescente se produce en tramos entre guías que se encuentran suficientemente próximas como

para que los campos evanescentes de cada guía alcancen a la otra guía. El control de la longitud a través de la cual se produce el acoplo entre guías es máximo en tramos paralelos rectos pero en los extremos de estos tramos rectos se suelen configurar tramos curvos ya que los cambios de dirección deben ser realizados con curvas y éstas tienen un límite de curvatura. Siempre existe una región de influencia en estos tramos curvos que pueden variar la longitud efectiva del tramo acoplado evanescentemente.

Aunque el uso de tramos rectos paralelos dan lugar a un comportamiento predecible y de fácil control la invención no necesariamente se limita a este tipo de configuraciones.

El tramo primero y el tramo segundo tienen una configuración simétrica uno respecto del otro verificándose que, entre el tramo primero y el tramo segundo hay una directriz de tal modo que:

- el tramo primero está a un lado de la directriz y,
- el tramo segundo está en el otro lado de la directriz.

Es de destacar que la configuración simétrica hace referencia únicamente a la forma que tiene cada tramo, no a que estén posicionadas simétricamente. La existencia de una directriz es una condición geométrica ya que dicha directriz establece una separación entre ambos tramos así como una dirección. En el estado de la técnica, la variación de la constante de acoplo se lleva a cabo variando la distancia *d* entre tramos; esto es, se modifica la separación en la dirección transversal a la directriz.

Por el contrario, en la presente invención el tramo segundo está desplazado una distancia $O_f$ en la dirección longitudinal según establece la directriz y respecto de la posición definida por la posición de la simetría del tramo primero para el ajuste del valor de la constante de acoplo *K*.

Será con la ayuda de las figuras de la exposición detallada de la invención como se explicará la última condición correspondiente a la reivindicación 1.

Se considera incorporado por referencia cualquier modo de realización de un acoplador según las reivindicaciones dependientes 2 a 5 así como el resonador según las reivindicaciones 6 y 7 haciendo uso de los anteriores acopladores. En particular cualquier chip óptico según las reivindicaciones 8 y 9 se consideran incorporados por referencia a esta descripción.

Se considera igualmente dentro de la invención el procedimiento de ajuste de la relación de acoplo *K* de acuerdo a la reivindicación 10 (que se incorpora por referencia a esta descripción así como las reivindicaciones dependientes 11 a 13), la cual se incorpora por referencia a esta descripción, donde en este caso dos tramos cualesquiera acoplados evanescentemente permiten definir una dirección de máxima variación de acercamiento o alejamiento entre tramos, esto es, la dirección que corresponde a la mayor variación de la separación entre tramos.

A modo de ejemplo, dos tramos rectos paralelos tienen una dirección máxima de variación de acercamiento o alejamiento coincidente con la dirección perpendicular

a ambos. Si un tramo es desplazado en una dirección cualquiera distinta respecto del otro tramo, esta dirección puede ser descompuesta vectorialmente en dos componentes, una que corresponde a la dirección perpendicular y la otra componente paralela a los tramos. La componente del desplazamiento en la dirección perpendicular será la que de lugar al mayor grado de acercamiento o alejamiento y la otra componente del desplazamiento únicamente determinará un desfase posicional que ni acercará ni alejara a un tramo respecto del otro.

El apartado de descripción detallada de la invención explicará este detalle con apoyo de figuras.

Definida esta dirección, el ajuste de la constante de acoplo $K$ se lleva a cabo aplicando desplazamientos perpendiculares a esta dirección de separación tomada como referencia.

El método de ajuste de acuerdo a la reivindicación 7 es independiente de la forma que adoptan los tramos aunque cuando estos adoptan una forma distinta a las rectas paralelas el ajuste es más complicado.

Se consideran incluidos por referencia en esta descripción los modos particulares de ajuste de las reivindicaciones dependientes 8 a 10.

**DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Se complementa la presente memoria descriptiva, con un juego de planos, ilustrativos del ejemplo preferente y nunca limitativos de la invención.

La figura 1 muestra dos tramos de guía paralelos

entre los que existe acoplo evanescente.

La figura 2 es una gráfica en la que se representa el valor del acoplo evanescente en función de la longitud efectiva respecto al valor de la longitud efectiva para el cual el valor de la constante de acoplo *K* es la unidad.

La figura 3 es una representación esquemática de un acoplador óptico ajustado según el procedimiento de la presente invención.

Las figuras 4a, 4b, y 4c muestran diversos ejemplos de resonadores incorporados en guías ópticas para distintas configuraciones tal y como son conocidos en el estado de la técnica y en las figuras 5a, 5b y 5c se muestran los mismos ejemplos tal y como pueden ser configurados mediante el ajuste de la presente invención dando lugar a diferentes valores de la constante de acoplo *K* para el enventanado.

Las figuras 6a y 6b son gráficas que permiten analizar el signo de la derivada que determina la variación de la constante de acoplo *K* para dos valores de la longitud efectiva del acoplador.

**EXPOSICIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN**

La figura 1 muestra dos guías paralelas, una guía primera (1) y una guía segunda (2), que se encuentran separadas una distancia *d* tal que existe acoplo evanescente entre ambas.

Según aparece representada la figura 1, desde el lado izquierdo la guía superior (1) está alimentada por

un haz de luz con una potencia $P_1$. Por acoplo evanescente, parte del haz de luz se transfiere a la guía segunda (2) de tal modo que a la salida, por la guía primera sale una potencia $P_3$ y por la guía segunda una potencia $P_4$. $P_1$ es la potencia de entrada, $P_3$ es la potencia directa de salida y $P_4$ es la potencia cruzada de salida.

La longitud $l_{eff}$ se denomina longitud efectiva y es la longitud a través de la cual se lleva a cabo la transferencia de luz debido a que a lo largo de dicha longitud los campos evanescentes de las guías (1, 2) de onda están acoplados.

A partir de las potencias $P_1$, $P_3$, $P_4$ es posible calcular el valor de la constante o relación de acoplo de potencia $K$. $K=P_4/(P_3+P_4)$.

Tomando como referencia el punto donde se alimenta la guía primera (1) con $P_1$, el incremento de la longitud efectiva $l_{eff}$ da lugar a una mayor cantidad de luz que termina en la guía segunda (2) hasta el punto donde $K=1$.

Para longitudes efectivas $l_{eff}$ mayores, la transferencia vuelve a desplazar la energía hacia la guía primera (1).

El valor de la longitud efectiva para la que la relación de acoplo de potencias es $K=1$ se denota como $l_c$.

Es posible representar el valor de $K$ en función del valor normalizado definido por el cociente $l_{eff}/l_c$. La gráfica de la figura 2 muestra tanto esta representación de la función $K(l_{eff}/l_c)$ como el valor $(1-K)=P_3/(P_3+P_4)$ que no es sino la relación de acoplo toman-

do como referencia la guía segunda. Este segundo valor es el que aparece en línea discontinua.

La figura 3 es una representación esquemática de un acoplador óptico según un ejemplo de realización de la invención. Para su descripción se tomarán igualmente términos que hagan uso de la posición relativa de esta figura 3.

El acoplador óptico está constituido por una guía primera (1) y una guía segunda (2) que disponen de dos tramos, un tramo primero (1.1) en la guía primera (1) y un tramo segundo (2.1) en la guía segunda (2) que en este ejemplo de realización discurren rectos y paralelos. Uno y otro tramo están separados por una directriz (S) representada en trazo discontinuo y que es paralela a ambos tramos.

El tramo primero (1.1) representado en la parte superior sirve de referencia de tal modo que el tramo segundo (2.1) tiene una configuración simétrica. En este caso es sencillo considerar una recta como la configuración simétrica de otra recta.

Bajo la directriz (S) se ha representado el resultado de aplicar simetría a la guía primera (1) y en particular al tramo primero (1.1). Esta representación se muestra en trazo grueso (con el grosor de la guía discontinuo).

La simetría sirve de referencia para medir el desplazamiento ($O_f$) aplicado a la guía segunda (2) y en particular al tramo segundo (2.1) que se encuentra acoplado evanescentemente con el tramo primero (1.1).

Se distingue por un lado:

- la configuración del tramo segundo (2.1) que es simétrica respecto a la configuración del tramo primero (1.1); y,
- la posición del tramo segundo (2.1), que es desplazada ($O_f$) longitudinalmente según la dirección de la directriz (S); eso sí, desplazada respecto de la posición que ocuparía si verificase una condición de simetría respecto de la directriz (S).

La variación del desplazamiento ($O_f$) longitudinal permite ajustar el valor de la relación de acoplo *K*. Al contrario a como sucede en el estado de la técnica donde el ajuste se lleva a cabo variando la distancia *d*.

En la figura 3 se han representado dos ejes, el eje *x* paralelo a los tramos rectos considerados en este ejemplo de realización, y el eje *y* perpendicular al anterior. Desplazamientos en la dirección *y* corresponden a desplazamientos según la dirección definida como dirección de máxima variación de acercamiento o alejamiento. La distancia *d* valora el grado de cercanía. Esta dirección *y* es la dirección de ajuste de la constante de acoplo *K* considerada en el estado de la técnica. La dirección *x* perpendicular a la dirección *y* es la dirección utilizada en esta invención para llevar a cabo el ajuste de *K*.

Las variaciones del desplazamiento ($O_f$) no están limitadas dimensionalmente porque no existe interferencia (salvo que el acoplador esté integrado con otros componentes) y no se ve afectado por la resolución en la dirección transversal tal y como se ha indicado en el apartado dedicado al estado de la técnica.

La técnica de ajuste de acuerdo a la presente invención permite evitar el efecto pernicioso conocido como CIFS (del inglés "Coupling-induced frequency shifts"). Este efecto se produce cuando los acopladores de un dispositivo CROW son diferentes en cuanto a la velocidad de propagación (constante de propagación) de la luz en los mismos. Esto se produce porque la distancia transversal entre las guías acopladas cambia entre acopladores, que es la técnica de desplazamiento transversal (modificando la distancia *d*) empleada para apodización en el estado de la técnica. Sin embargo, la técnica de desplazamiento longitudinal propuesta en la presente invención (siempre y cuando se mantenga la distancia *d)* no implica disimilitud en las constantes de propagación de los acopladores, y por lo tanto se evita el efecto CIFS por principio.

En las gráficas 6a y 6b se muestran funciones con el valor de la relación de acoplo *K* como el de la gráfica de la figura 2 considerando dos casos particulares.

Dependiendo de la longitud efectiva $l_{eff}$ y en particular de la relación $l_{eff}/l_c$, si dicha relación se encuentra en los intervalos del dominio [2*i-1,2*i] con *i* entero, entonces la aplicación de un desplazamiento ($O_f$) longitudinal produce una reducción de la longitud efectiva (de $l^0_{eff}$ se pasa a $l^{0f}_{eff}$ según figura 6a) y por tanto da lugar a un incremento en *K*.

Por el contrario, si la relación $l_{eff}/l_c$ se encuentra en los intervalos del dominio [2*$i$,2*$i$+1] con *i* entero, entonces la aplicación de un desplazamiento ($O_f$) longitudinal produce un incremento de la longitud efectiva (de $l^0_{eff}$ se pasa a $l^{0f}_{eff}$ según figura 6b) y por tanto

da lugar a un decremento en $K$.

Bastará con establecer el valor adecuado de la longitud de los tramos (1.1, 2.1) con acoplamiento evanescente para que el valor del desplazamiento ($O_f$) longitudinal de lugar al crecimiento del valor de $K$ o su decrecimiento. Este crecimiento o decrecimiento depende de la derivada del valor de $K$ respecto del cociente $l_{eff}/l_c$ para los valores locales del dominio de variación de la longitud efectiva $l_{eff}$.

La figura 4a muestra diversos ejemplos de resonadores incorporados en guías ópticas para distintas configuraciones tal y como son conocidos en el estado de la técnica y en la figura 5 se muestran los mismos ejemplos tal y como pueden ser configurados mediante el ajuste de la presente invención. En este segundo caso, los desplazamientos ($O_f$) longitudinales son mayores que los aplicados en la práctica solo con el propósito de hacer más evidente en estos esquemas ilustrativos las diferencias de configuración que dan lugar al compararlos con el estado de la técnica.

La técnica descrita también puede aplicarse a acopladores ópticos por campo evanescente en los que las guías no sean rectas, es decir con guías curvas, si bien el proceso de diseño es más complejo y está basado en la aplicación del procedimiento de acuerdo a la reivindicación 7.

Se puede evidenciar que se emplea la técnica de desplazamiento longitudinal según la presente invención mediante inspección con microscopio óptico o de haz de electrones por ejemplo si tal técnica ha sido aplicada a un chip óptico.

Igualmente, la técnica de desplazamiento longitudinal según la invención también puede ser combinada con la de variación de la separación transversal entre tramos acoplados evanescentemente.

Entre las aplicaciones de este tipo de técnicas se encuentra el filtrado avanzado en chips opto-electrónicos; líneas de retardo de micro-ondas; desfasadores de micro-ondas; procesado óptico de señales en placas base electrónicas compatibles con CMOS: filtrado, retardo de la luz, "buffer" o por ejemplo alineamiento de tramas digitales.

**REIVINDICACIONES**

1.- Acoplador óptico que comprende una guía primera (1) y una guía segunda (2) de onda, la guía primera (1) de onda tiene un tramo primero (1.1) y la guía segunda (2) de onda tiene un tramo segundo (2.1) tales que entre ambos tramos (1.1, 2.1) hay acoplo evanescente en una longitud efectiva $l_{eff}$ y dando lugar a una constante de acoplo $K$, donde el tramo primero (1.1) y el tramo segundo (2.1) tienen una configuración simétrica uno respecto del otro verificándose que, entre el tramo primero (1.1) y el tramo segundo (2.1) hay una directriz (S) de tal modo que:

- el tramo primero (1.1) está a un lado de la directriz (S) y,
- el tramo segundo (2.1) está en el otro lado de la directriz (S),

**caracterizado porque** el tramo segundo (2.1) está desplazado una distancia ($O_f$) en la dirección longitudinal según establece la directriz (S) y respecto de la posición definida por la posición de la simetría del tramo primero (1.1) para el ajuste del valor de la constante de acoplo $K$.

2.- Acoplador según la reivindicación 1 caracterizado porque el tramo primero (1.1) y el tramo segundo (2.1) son rectos.

3.- Acoplador según la reivindicación 2 caracterizado porque el tramo primero (1.1) y el tramo segundo (2.1) rectos son paralelos.

4.- Acoplador según la reivindicación 3 caracterizado porque tiene una longitud efectiva $l_{eff}$ para el valor de acoplo $K$ tal que la derivada de la longitud

efectiva $l_{eff}$ respecto a la distancia $O_f$ es positiva.

5.- Acoplador según la reivindicación 3 caracterizado porque tiene una longitud efectiva $l_{eff}$ para el valor de acoplo $K$ tal que la derivada de la longitud efectiva $l_{eff}$ respecto a la distancia $O_f$ es negativa.

6.- Resonador óptico de guía de onda que comprende un acoplador óptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.

7.- Resonador óptico de guía de onda compuesto por dos o más acopladores según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 caracterizado porque el valor de la constante de acoplo $K$ de cada uno de los acopladores es distinto.

8.- Chip óptico que comprende al menos un acoplador de acuerdo a las reivindicaciones 1 a 5.

9.- Chip óptico que comprende al menos un resonador óptico de acuerdo a las reivindicaciones 6 o 7.

10.- Procedimiento de ajuste del valor de la constante de acoplo $K$ en un acoplador óptico que comprende una guía primera (1) y una guía segunda (2) de onda, la guía primera (1) de onda tiene un tramo primero (1.1) y la guía segunda (2) de onda tiene un tramo segundo (2.1) tales que entre ambos tramos hay acoplo evanescente en una longitud efectiva $l_{eff}$ y dando lugar a una constante de acoplo $K$, **caracterizado porque** el ajuste del valor de la constante de acoplo $K$ se lleva a cabo determinando un desplazamiento relativo de un tramo (1.1, 2.1) respecto del otro (1.1, 2.1) en la dirección perpendicular a la dirección que corresponde a la

mayor variación de la separación entre tramos (1.1, 2.1).

11.- Procedimiento según la reivindicación 10 caracterizado porque además de llevar a cabo un ajuste según la dirección perpendicular a la dirección que corresponde a la mayor variación de la separación entre tramos (1.1, 2.1), se lleva también a cabo un ajuste adicional variando el grado de separación entre tramos acoplados.

12.- Procedimiento según la reivindicación 10 caracterizado porque los tramos (1.1, 2.1) acoplados evanescentemente tienen una longitud efectiva $l_{eff}$ tal que la variación de la constante de acoplamiento respecto de la longitud efectiva es positiva.

13.- Procedimiento según la reivindicación 10 caracterizado porque los tramos acoplados evanescentemente tienen una longitud efectiva $l_{eff}$ tal que la variación de la constante de acoplamiento respecto de la longitud efectiva es negativa.

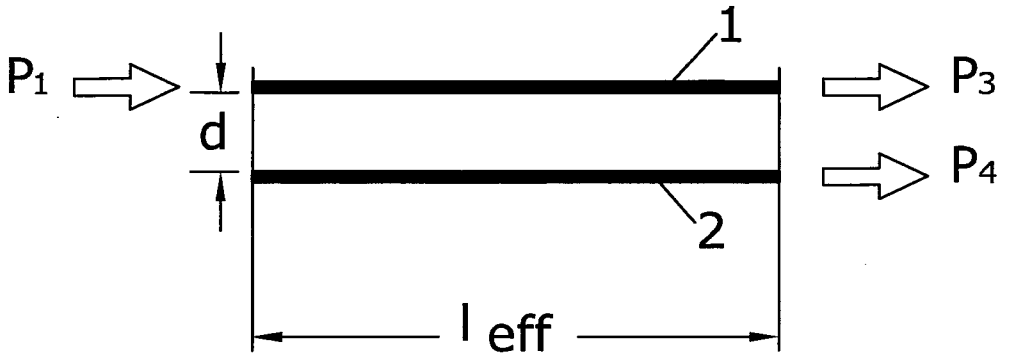



FIG.1

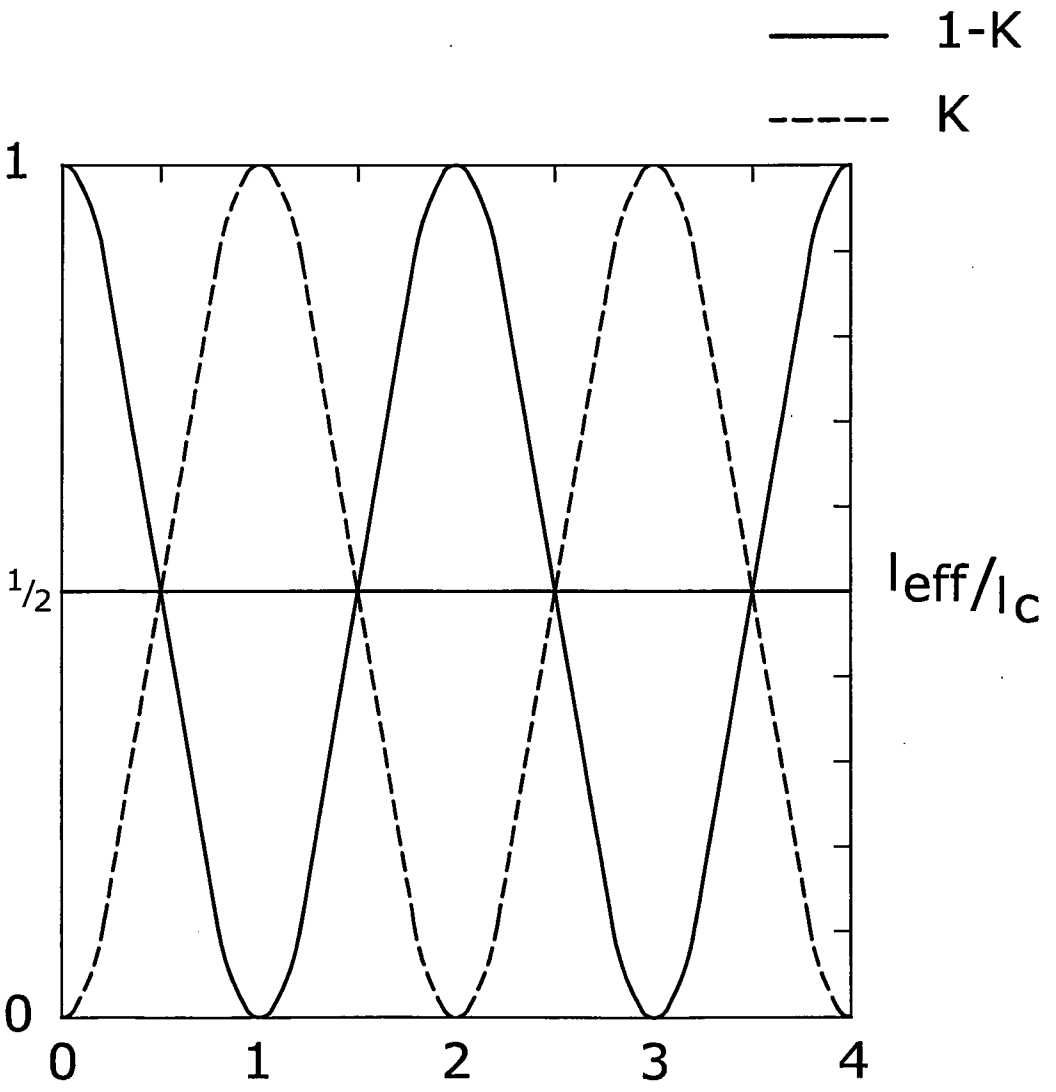
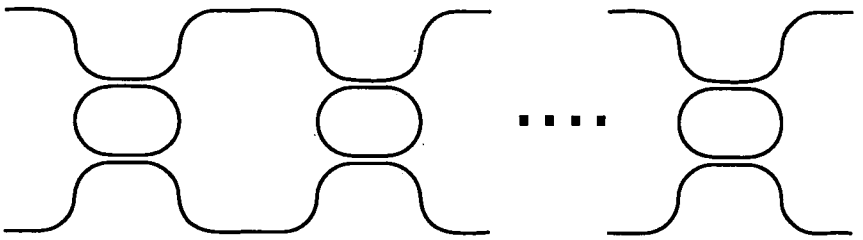



FIG.2

FIG.4a 

ESTADO DE LA TECNICA

FIG.4b 

ESTADO DE LA TECNICA

FIG.4c 

ESTADO DE LA TECNICA

FIG.5a

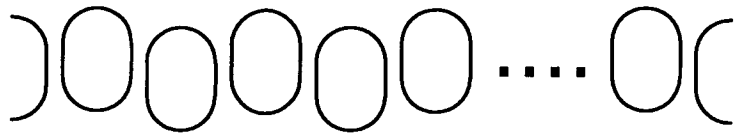


FIG.5b

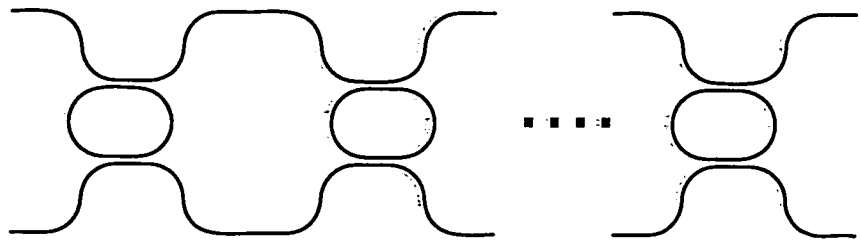
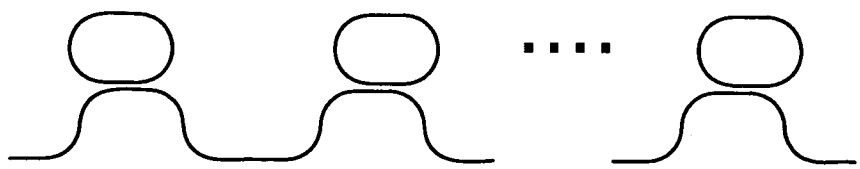


FIG.5c



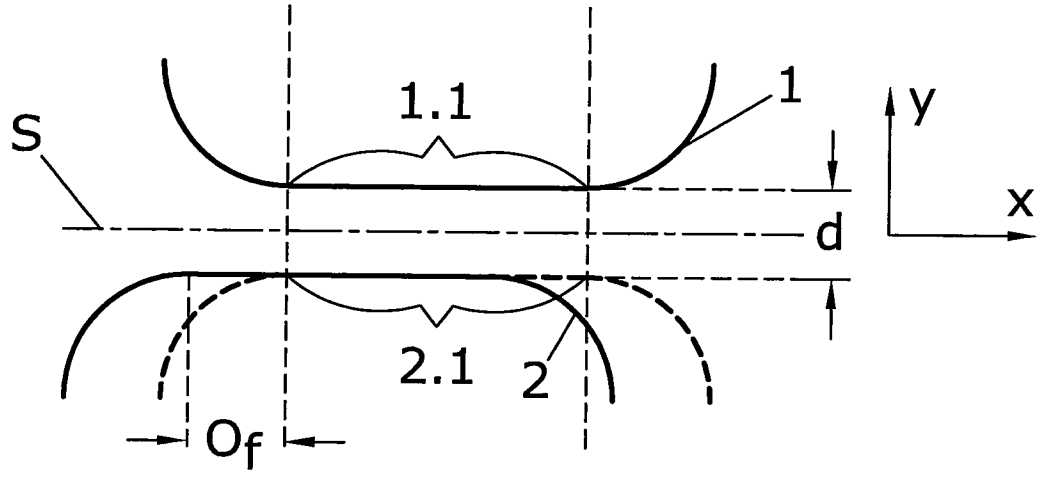



FIG.3

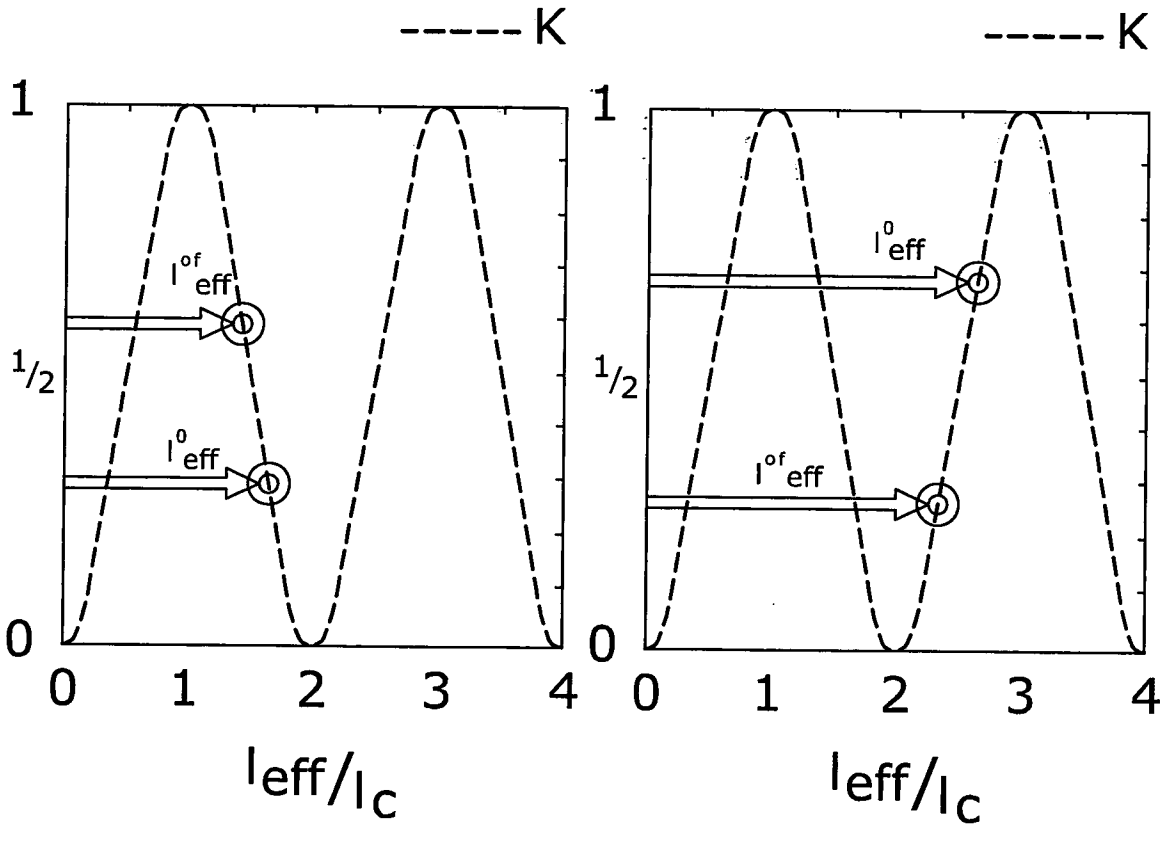



FIG.6a




FIG.6b

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ ES 2010/000175

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

***G02B 6/293*** (2006.01)
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G02B, H01P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

INVENES, EPODOC, WPI, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| A | ILCHENKO, V.; GORODETSKY, M. & VYATCHANIN, S.: "Coupling and tunability of optical whispering-gallery modes: a basis for coordinate meter". Optics Communications, 01.04.1994, Vol. 107, Nos. 1-2, pages 41-48, ISSN 0030-4018. | 1-3, 6-11 |
| A | WO 2005/024481 A1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 17.03.2005, abstract; page 1, line 23 - page 2, line 5; page 2, line 25 - page 3, line 22; page 5, lines 4-32; page 7, lines 5-17; page 7, line 31 - page 8, line 31; figures. | 1-3, 6-11 |
| A | LITTLE, B. et al.: "Microring Resonator Channthe Dropping Filters". JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, 01.06.1997, Vol. 15, Nº 6, pages 998 - 1005, ISSN 0733-8724. | - |
| A | JP 05323390 A (NIPPON TELEGRAFH & TELEPHONE) 07.12.1993. | - |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents , such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 28.July.2010 (28.07.2010) | **(28/07/2010)** |
| Name and mailing address of the ISA/ O.E.P.M.<br>Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España.<br>Facsimile No. 34 91 3495304 | Authorized officer<br>O. González Peñalba<br>Telephone No. +34 91 349 54 75 |

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/ ES 2010/000175

| Patent document cited in the search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---|---|---|
| WO 2005024481 A | 17.03.2005 | EP 1678536 A | 12.07.2006 |
| | | EP 20040783188 | 07.09.2004 |
| | | US 2006197959 A | 07.09.2006 |
| | | US 7343067 B | 11.03.2008 |
| | | US 2006245693 A | 02.11.2006 |
| | | US 7450800 B | 11.11.2008 |
| JP 5323390 A | 07.12.1993 | NONE | ---------- |

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional Nº

PCT/ ES 2010/000175

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

***G02B 6/293*** (2006.01)

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

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

G02B, H01P

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

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

INVENES, EPODOC, WPI, INSPEC

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

| Categoría* | Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes | Relevante para las reivindicaciones Nº |
|---|---|---|
| A | ILCHENKO, V.; GORODETSKY, M. & VYATCHANIN, S.: "Coupling and tunability of optical whispering-gallery modes: a basis for coordinate meter". Optics Communications, 01.04.1994, Vol. 107, Nos. 1-2, páginas 41-48, ISSN 0030-4018. | 1-3, 6-11 |
| A | WO 2005/024481 A1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 17.03.2005, resumen; página 1, línea 23 - página 2, línea 5; página 2, línea 25 - página 3, línea 22; página 5, líneas 4-32; página 7, líneas 5-17; página 7, línea 31 - página 8, línea 31; figuras. | 1-3, 6-11 |
| A | LITTLE, B. et al.: "Microring Resonator Channel Dropping Filters". JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, 01.06.1997, Vol. 15, Nº 6, páginas 998 - 1005, ISSN 0733-8724. | - |
| A | JP 05323390 A (NIPPON TELEGRAFH & TELEPHONE) 07.12.1993. | - |

☐ En la continuación del Recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el Anexo

* Categorías especiales de documentos citados:

"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.

"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.

"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).

"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.

"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.

"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.

"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.

"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.

"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

| Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional. | Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional |
|---|---|
| 28.Julio.2010 (28.07.2010) | **28-JULIO-2010 (28/07/2010)** |
| Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional O.E.P.M.<br>Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España.<br>Nº de fax 34 91 3495304 | Funcionario autorizado<br>O. González Peñalba<br>Nº de teléfono +34 91 349 54 75 |

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional Nº

PCT/ES 2010/000175

| Documento de patente citado en el informe de búsqueda | Fecha de Publicación | Miembro(s) de la familia de patentes | Fecha de Publicación |
|---|---|---|---|
| WO 2005024481 A | 17.03.2005 | EP 1678536 A | 12.07.2006 |
| | | EP 20040783188 | 07.09.2004 |
| | | US 2006197959 A | 07.09.2006 |
| | | US 7343067 B | 11.03.2008 |
| | | US 2006245693 A | 02.11.2006 |
| | | US 7450800 B | 11.11.2008 |
| JP 5323390 A | 07.12.1993 | NINGUNO | ---------- |