

(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
2 de Noviembre de 2006 (02.11.2006)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2006/114471 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes:
G02B 26/08 (2006.01) G02F 1/295 (2006.01)
G02B 6/35 (2006.01)

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente):
LLOBERA ADAM, Andreu [ES/ES]; Centro Nacional de Microelectrónica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Campus Universidad Autónoma de Barcelona, E-08193 Bellaterra (Barcelona) (ES). **PÉREZ CASTILLEJOS, Raquel** [ES/ES]; Centro Nacional de Microelectrónica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Campus Universidad Autónoma de Barcelona, E-08193 Bellaterra (Barcelona) (ES). **CADARSO BUSTO, Victor Javier** [ES/ES]; Centro Nacional de Microelectrónica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Campus Universidad Autónoma De Barcelona, E-08193 Bellaterra (barcelona) (ES). **PLAZA PLAZA, José A.** [ES/ES]; Centro Nacional de Microelectrónica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Campus Universidad Autónoma de Barcelona, E-08193 Bellaterra (Barcelona) (ES). **ESTEVE I TINTÓ, Jaume** [ES/ES];

[Continúa en la página siguiente]

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2006/070051

(22) Fecha de presentación internacional:
26 de Abril de 2006 (26.04.2006)

(25) Idioma de presentación: español

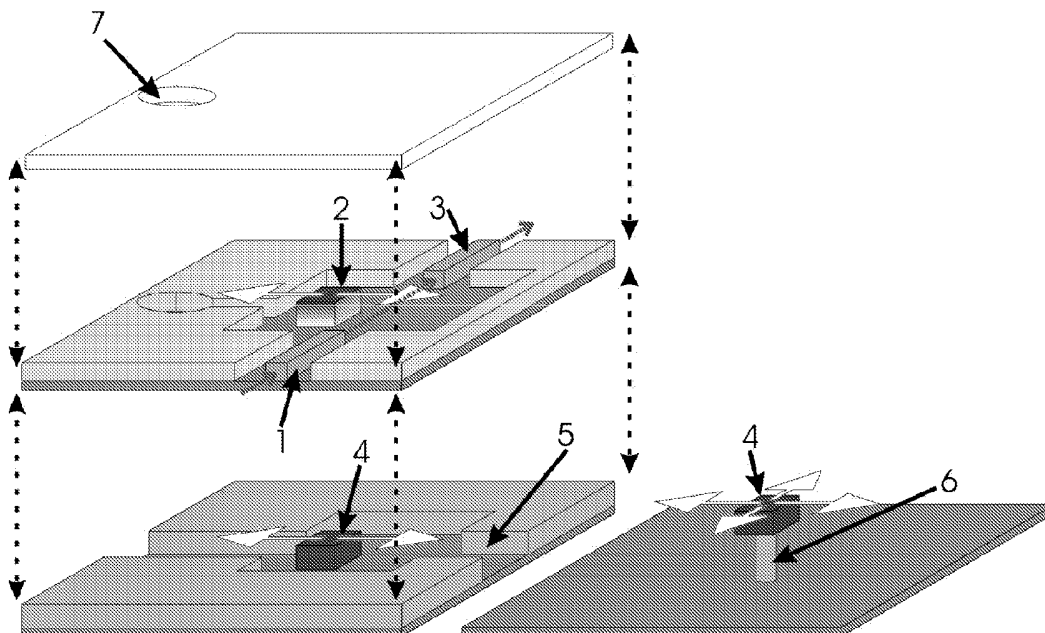
(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P200501009 26 de Abril de 2005 (26.04.2005) ES

(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US):
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS [ES/ES]; C/ Serrano, 117, E-28006 Madrid (ES).

(54) Title: OPTICAL COMPONENTS BASED ON FLUIDS OR OTHER MEDIA THAT CAN BE ACTUATED USING ELECTROMAGNETIC FIELDS

(54) Título: COMPONENTES ÓPTICOS BASADOS EN FLUIDOS U OTROS MEDIOS ACTUABLES MEDIANTE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS



(57) Abstract: The invention is based on the use of fluids and other media that can be actuated using electromagnetic fields and microfabrication techniques in order to produce devices and integrated circuits which can be used in integrated optics, micro-optics, quasi-guided optics and non-guided optics. The inventive novel devices and integrated circuits are identical to existing devices and circuits in terms of functionality, but the use of the fluids and other media that can be actuated using electromagnetic fields provides increased strength and flexibility and facilitates production.

[Continúa en la página siguiente]

WO 2006/114471 A1



Centro Nacional de Microelectrónica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Campus Universidad Autónoma de Barcelona, E-08193 Bellaterra (Barcelona) (ES). **DOMINGUEZ HORNA, Carlos** [ES/ES]; Centro Nacional de Microelectrónica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Campus Universidad Autónoma de Barcelona, E-08193 Bellaterra (Barcelona) (ES).

(81) Estados designados (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU,

SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, 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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— *con informe de búsqueda internacional*

Para códigos de dos letras y otras abreviaturas, véase la sección "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" que aparece al principio de cada número regular de la Gaceta del PCT.

(57) Resumen: La presente invención se basa en la utilización de fluidos u otros medios actuables mediante campos electromagnéticos y de técnicas de microfabricación para obtener dispositivos y circuitos integrados de aplicación en óptica integrada, microóptica, óptica cuasi-guiada y óptica no-guiada. Los nuevos dispositivos y circuitos integrados que se reivindican son equivalentes por su funcionalidad a los ya existentes, pero el uso de los fluidos u otros medios actuables mediante campos electromagnéticos les confiere una mayor robustez, flexibilidad y facilidad en su fabricación.

TÍTULO

COMPONENTES ÓPTICOS BASADOS EN FLUIDOS U OTROS MEDIOS ACTUABLES MEDIANTE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.

SECTOR DE LA TÉCNICA

- 5
- Sensores y dispositivos optoelectrónicos
 - Sistemas para la detección de aceleraciones y vibraciones
 - Sistemas de comunicaciones ópticas

ESTADO DE LA TÉCNICA

10 El desarrollo de aplicaciones de banda ancha ha experimentado un auge espectacular durante los últimos años. Uno de los principales avances dentro del campo de las comunicaciones ópticas ha sido el reemplazo de sistemas híbridos electro-ópticos por sistemas completamente ópticos (AON o *All Optical Network*). Aunque la anchura de banda puede ser aumentada a partir de la densificación de las diferentes longitudes de onda utilizadas (DWDM o *Dense Wavelength Division Multiplexing*), la orientación (routing), así como el intercambio direccional del haz (*switching*) aún constituyen el cuello de botella debido a su extrema complejidad tanto de operación como de diseño.

15 En la actualidad existen diferentes configuraciones que permiten la orientación de un haz óptico, ya sea a través de microespejos de traslación [*W.-H. Juan and S. W. Pang, High-Aspect-Ratio Si Vertical Micromirror Arrays for Optical Switching, J. Microelectromech. Sys. 7, 2, 1998*] o de rotación [*H. Toshiyoshi and H. Fujita, Electrostatic Micro Torsion Mirrors for an Optical Switch Matrix, J. Microelectromech. Sys. 5, 4, 1996*]. En el primer caso, la configuración estándar como interruptor consiste en el posicionamiento de cuatro guías de onda situadas cada una de ellas a 90° con respecto a la siguiente, dejando un espacio vacío en el centro. En dicho centro se sitúa un espejo que permite dirigir el haz de luz procedente de una de las guías hacia las otras. Cuando el espejo se encuentra en el centro del hueco dejado entre las guías y orientado a 45°, el haz de luz, que incide sobre el espejo, cambia su dirección de propagación, dirigiéndose hacia la guía situada a 90° con respecto de la inicial. Si, por el contrario, el espejo se sitúa fuera de la región central, el haz se acopla con la guía de ondas situada a 180°. Esta configuración presenta el problema inherente del movimiento del espejo. Se han realizado estructuras extremadamente complejas que permiten el

20

25

30

movimiento a partir de la creación de campos electrostáticos en una configuración de electrodos interdigitados (*comb drive electrodes*). Dichos electrodos sólo permiten el movimiento en una dimensión, por lo que, en el caso de inyectar un haz de luz por dos guías de onda de manera simultánea, sólo existen dos posiciones de operación, limitando excesivamente las aplicaciones de un dispositivo complejo. El funcionamiento simultáneo de un conjunto de dispositivos de éste tipo (*Array*) tiene como principal inconveniente, a parte de la extrema complejidad, la no-linealidad del movimiento de los espejos en función del voltaje aplicado y de la separación entre los electrodos que permiten su movimiento.

Una posible variación de la configuración anterior consiste en realizar espejos que estén situados en el espacio entre las guías y, a través de una rotación puedan orientar el haz. Esta configuración, si bien permite la conjunción de varios dispositivos, presenta más problemas tecnológicos que la anterior debido a su complejidad de operación. Además, y al igual que la configuración anterior, éstos dos tipos de dispositivos requieren el micromecanizado del material utilizado, por ello, el dispositivo es estructuralmente frágil.

Con respecto a todos los dispositivos citados anteriormente, los reivindicados en la presente invención tienen la ventaja de que son mucho más robustos y flexibles. La actuación exterior sobre ellos hace que no dispongan de partes sólidas ni mecánicas móviles, ni conexiones eléctricas. Además, un cambio en el campo aplicado, como por ejemplo un cambio en la geometría de la fuente, proporciona una modificación en el principio de operación del dispositivo. A modo de ejemplo, si la fuente se sitúa en una plataforma sensible a los cambios de aceleración o presión, una misma estructura puede trabajar como un acelerómetro biaxial o como sensor de presión.

Finalmente, la patente US4,384,761, del 24 de mayo de 1983, con título "Ferrofluid Optical Switches" (Michael J. Brady y otros) reivindica interruptores ópticos que utilizan ferrofluidos y campos electromagnéticos para obturar el paso de la luz. Con respecto a esta patente, la presente invención presenta una serie de diferencias sustanciales, provenientes del hecho de que para la fabricación de los dispositivos que se reivindican aquí se utiliza tecnología de microfabricación, lo que hace posible la obtención de microcanales. Sólo de esta manera, teniendo el fluido confinado en un microcanal, de forma que la tensión superficial y la fuerza electromagnética sean del

mismo orden, es posible obtener una superficie plana (en el sentido de que la rugosidad de la superficie es muy inferior a la longitud de onda de trabajo) en el fluido controlado electromagnéticamente. Esto permite reivindicar una amplia familia de dispositivos optoelectrónicos basados no solamente en la atenuación de la señal, como es el caso de la patente US4,384,761, sino también en su reflexión. Además, los interruptores ópticos de la presente invención, como consecuencia de que las superficies de los fluidos actuables magnéticamente son planas, presentan mucha menor luz retrodispersada (backscattering) que en el caso de los reivindicados en la patente US4,384,761, con las ventajas que ello reporta en sus características técnicas. La tecnología empleada en la presente invención hace que los dispositivos reivindicados sean compatibles con el uso de cualquier sistema de guiado de la luz, no sólo de fibras ópticas como es el caso de la patente anteriormente citada, lo que permite entre otras cosas su integración en circuitos optoelectrónicos de los utilizados hoy en día en las industrias de las comunicaciones ópticas y de los sensores. Por último, en la presente invención se muestran resultados experimentales, tanto de la fabricación como del comportamiento de los dispositivos, y se extiende a todo tipo de fluidos actuables electromagnéticamente, no sólo a ferrofluidos.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

20 Breve descripción de la invención

La presente invención se basa en la utilización de fluidos u otros medios actuables mediante campos electromagnéticos y de técnicas de microfabricación para obtener dispositivos y circuitos integrados de aplicación en óptica integrada, microóptica, óptica cuasi-guiada y óptica no-guiada. Los nuevos dispositivos y circuitos integrados que se reivindican son equivalentes por su funcionalidad a los ya existentes, pero el uso de los fluidos u otros medios actuables mediante campos electromagnéticos les confiere una mayor robustez, flexibilidad y facilidad en su fabricación.

La principal novedad de los dispositivos objeto de la presente invención es la ausencia de estructuras complejas que actúen como espejos, siendo reemplazados éstos por uno o varios fluidos (como podrían ser ferrofluidos) u otros medios actuados electromagnéticamente, evitando de esta manera las partes mecánicas móviles dentro de los dispositivos. Bajo la aplicación de un campo electromagnético suficientemente

intenso, dicho líquido reacciona desplazándose y/o cambiando su forma en función del gradiente del campo al que está sometido, con una rugosidad de la superficie muy inferior a la longitud de onda de trabajo. Es posible optimizar el diseño de la fuente del campo electromagnético para conseguir una superficie del líquido sobre la que incide el haz, máximamente plana, y minimizar así la dispersión de este último.

La actuación exterior sobre los dispositivos hace que éstos sean muy robustos y flexibles, ya que no disponen de partes sólidas ni mecánicas móviles, ni conexiones eléctricas, y un cambio en el campo aplicado, como por ejemplo un cambio en la geometría de la fuente, proporciona una modificación en el principio de operación del dispositivo. A modo de ejemplo, si la fuente se sitúa en una plataforma sensible a los cambios de aceleración o presión, una misma estructura puede trabajar como un acelerómetro biaxial o como sensor de presión.

El principio de operación de dichos dispositivos puede basarse en dos fenómenos que pueden actuar conjunta o separadamente: la absorción del haz de luz por parte del fluido u otro medio actuable mediante campos electromagnéticos y la reflexión del haz por el fluido debido a las propiedades especulares del mismo. En el primer caso, el haz de luz incide ortogonalmente al fluido y sufre un proceso de absorción, así como una retrodispersión de la luz, como resultado de dicha interacción, por lo que el haz de luz incidente no se propaga a través del fluido. Si dicha incidencia sólo es parcial, únicamente la parte del haz que haya interactuado con el fluido sufrirá los procesos previamente mencionados, mientras que el resto del haz se propagará sin ser perturbado. En el segundo caso, la interacción fluido-haz se puede producir con un cierto ángulo, lo que provoca una reflexión en la superficie del fluido, permitiendo un cambio de dirección del haz.

La fabricación del dispositivo se puede realizar utilizando silicio como material y con procesos propios de la tecnología microelectrónica, si bien también puede realizarse por procedimientos no ligados al silicio y a su tecnología.

Como ejemplo, se presenta un Interruptor/Orientador (*Switcher/Router*) fabricado utilizando la tecnología del Silicio y un ferrofluido basado en hidrocarburo (WHJS1, Liquid Research), un imán de neodimio (ND-35, Ingeniería Magnética Aplicada S.L.) y guías de onda huecas (*Hollow waveguides*)

Descripción detallada de la invención

La presente invención se basa en la utilización conjunta de fluidos u otros medios actuables mediante campos electromagnéticos y de técnicas de microfabricación para obtener dispositivos y circuitos de aplicación en óptica integrada, microóptica, 5 óptica cuasi-guiada (*quasi-guided optics*) y óptica no-guiada (*non-guided optics*).

Así, un objeto de la presente invención es un dispositivo genérico de óptica integrada, micro-óptica, óptica casi-guiada y óptica no-guiada que se caracteriza porque incorpora fluidos actuables mediante campos electromagnéticos. El principio de operación de dicho dispositivo puede basarse tanto en la absorción como en reflexión 10 total o parcial de uno o varios haces de luz incidentes en dichos fluidos u otros medios actuables mediante campos electromagnéticos, o en ambos fenómenos a la vez.

Otro objeto de la presente invención, que constituye la configuración básica de los dispositivos que se reivindican más adelante, puede observarse en la Figura 1. En ella, una serie de guías de onda de entrada (1) se sitúan próximas a las guías de onda de salida (3), dejando un espacio entre ellas. A través de la micromecanización de la cubierta superior del dispositivo (7), se inyecta el fluido actuable mediante campos electromagnéticos (2), de manera que pueda situarse total o parcialmente en el espacio entre guías conforme al desplazamiento del generador de campo (4) a través de uno o 15 más canales micromecanizados (5). El generador de campo puede situarse sobre una base fija en la que se han microestructurado una serie de microcanales, de forma que se puede controlar el movimiento y la posición del fluido con relación a las guías de onda, conforme con la aplicación específica del dispositivo. De igual manera, lo que constituye otro objeto de la presente invención, el generador de campos electromagnéticos puede situarse encima de una base móvil en un plano (6), con el fin 20 de poder actuar en varias direcciones de manera simultánea sobre el fluido.

En particular, los dispositivos y estructuras que se reivindican, tanto las mencionadas hasta aquí como las que se mencionarán más adelante, se realizan preferentemente sobre silicio dadas sus excelentes propiedades mecánicas, aunque no existe impedimento para trabajar con otros materiales. De igual forma, como fluido 30 actuable mediante campos electromagnéticos, se pueden usar ferrofluidos, pero también cualquier otro fluido reológico actuable o con respuesta a campos aplicados. En el ejemplo de realización que se menciona más adelante, la cubierta superior del

dispositivo empleada ha sido vidrio, pero en principio puede utilizarse cualquier otro material microestructurable.

A continuación se enumera una serie de dispositivos, objetos todos ellos de la presente invención, clasificándolos de acuerdo a si su principio de operación está
5 basado en absorción o en reflexión del haz o de los haces de luz incidente sobre el fluido actuable sobre campos electromagnéticos. Todos ellos parten de las configuraciones básicas descritas anteriormente en este apartado.

Dispositivos basados en Atenuación

10 El dispositivo más sencillo objeto de la presente invención puede observarse en la figura 2, la cual es una representación bidimensional de la figura 1. Consta de una guía de onda de entrada (1) enfrentada a una guía de onda de salida (3), con un espacio entre ellas que permite el movimiento de un fluido actuable mediante campos electromagnéticos (2), cuyo movimiento permite la obturación nula (figura 2a), parcial
15 (figura 2b) o total (figura 2c) de la guía de salida (3). En ella, se puede comprobar como la progresiva ocupación por parte del fluido (2) del espacio entre las guía de entrada (1) y salida (3) provoca una disminución progresiva de la potencia óptica en la última (figuras 2a a 2c). La geometría de las guías puede ser modificada con el fin de recoger el máximo de luz, teniendo en cuenta la divergencia del haz.

20 En su configuración más básica, éste dispositivo puede actuar como un potenciómetro óptico (atenuador regulable). Además, si la base sobre la cual se sustenta el generador de campo es móvil y sensible a los cambios de aceleración, puede actuar como un acelerómetro óptico uniaxial, también objeto de la presente invención, ya que el movimiento de la base con el generador de campos comportaría un movimiento del
25 fluido y, consecuentemente, su posicionamiento en el espaciado entre guías sería proporcional a la aceleración sufrida.

Otros objetos de la presente invención se obtienen situando dos estructuras como la presentada en la figura 2, ortogonales entre sí. De este modo es posible obtener un doble potenciómetro óptico (o Potenciómetro óptico simultáneo de dos haces de luz) o,
30 al igual que el caso anterior, un acelerómetro biaxial. Estos dispositivos constan (ver Figura 3) de cuatro guías de onda encaradas dos a dos, actuando dos de ellas como guías de onda de entrada (1) y las otras dos como guías de onda de salida (3), dejando

un espacio entre ellas que puede ser ocupado por un fluido actuable mediante campos electromagnéticos. El fluido puede situarse de forma que ocupe completamente el espacio entre las cuatro guías de onda (Figura 3a), dando como resultado una salida nula de potencia por las guías de salida (3), o de forma que sólo intersecte totalmente la señal entre un par de guías de entrada y salida enfrentadas, permitiendo su paso entre el otro par de guías de entrada y salida, y por tanto dando como resultado una potencia de salida no nula en esta última guía de salida (Figura 3b), o de forma que intersecte sólo parcialmente la señal entre los dos pares de guías de entrada y salida (figura 3c), dando como resultado una salida parcial de potencia en ambas guías de salida, o finalmente, de forma que no intersecte ninguna de las señales entre los dos pares de guías de entrada y salida (Figura 3d), dando como resultado una salida total de potencia en ambas guías de salida.

En la Figura 4 se muestra el esquema de otro dispositivo objeto de la presente invención. Consiste en un acoplador con N guías de entrada y M guías de salida, de interferencia multimodo (MMI, o *MultiMode Interference coupler, en Inglés*). Dicha estructura consiste en una o varias guías de onda de entrada (1), las cuales inyectan luz en una región con una anchura mayor que las guías de onda que soporta un gran número de modos (8). En esta región, se producen interferencias entre todos los modos excitados por los haces inyectados a través de las diferentes guías, de manera que es posible obtener diferentes patrones interferenciales dependiendo del tamaño de la región más ancha (8), del número de guías que inyectan luz en esta región, de la potencia transmitida por cada una de ellas, así como de la longitud de onda de trabajo. Bajo éste principio de operación, resulta evidente que el posicionamiento del fluido actuado electromagnéticamente (2) en una de las ramas de entrada (1) puede hacer variar drásticamente el comportamiento del dispositivo, obteniéndose un patrón de interferencia completamente diferente dependiendo de la posición relativa del fluido, no sólo en una misma guía de entrada, sino también entre diferentes guías. El posicionamiento de otro fluido actuable en las guías de recogida (3) puede ser utilizado como atenuador de ciertas longitudes de onda que no sean interesantes para la aplicación concreta. A modo de ejemplo se presenta una geometría en la cual todas o algunas de las N guías de entrada (1) y de las M guías de salida (3) estén a su vez compuestas de dos guías situadas próximas entre sí, pero dejando un espacio entre ellas, en el que se define una región en la que se coloca un fluido actuable mediante campos

electromagnéticos (2). La actuación sobre los fluidos actuables mediante campos electromagnéticos (2) situados en la región definida en cada una de las guías de entrada, pueden obturar total o parcialmente el paso de la señal por cada una de esas guías, afectando al patrón de salida resultante. Además bajo el mismo principio de operación
5 estos dispositivos pueden actuar como atenuadores de aquellas longitudes de onda que no sean de interés par la aplicación concreta.

Dispositivos basados en Reflexión

Todos los dispositivos anteriores basan su principio de operación en la absorción
10 total o parcial del haz de luz por parte del fluido actuable mediante campos electromagnéticos. Sin embargo, si se tiene en cuenta que dicho fluido adapta su morfología al gradiente del campo electromagnético aplicado, la elección adecuada de éste permite que las características especulares del volumen de fluido sean lo suficientemente buenas como para poder reflejar parte de la luz incidente. Con este
15 principio de operación, se han diseñadoreivindican los siguientes dispositivos, que son objeto de la presente invención.

El dispositivo más sencillo se observa en la Figura 5a. Se trata de un Modificador de la trayectoria del haz de luz y consiste en dos o más guías de onda formando un ángulo entre sí (1, 3). Si el espacio entre ellas se ocupa parcialmente con un fluido
20 actuable mediante campos electromagnéticos (2), es posible aplicar una rotación sobre dicho fluido, de manera que el haz reflejado se encare con la guía de salida (Figura 5b) y se produzca la transmisión de la luz.

Basado en el dispositivo anterior, es posible fabricar orientadores direccionales tipo *OXC* (*Optical Cross-connectors*, en inglés) tal y como se muestra en la Figura 6.
25 Básicamente dichos dispositivos consisten en N guías de entrada (1) rotadas 90° respecto a las M guías de onda de salida (3). Habitualmente, se posicionan espejos en ciertas regiones concretas de la zona próxima a las guías de onda, de manera que, a través de la orientación de dichos espejos, sea posible encarar el haz reflejado hacia una de las guías de salida. En la presente invención, los espejos se remplazan por fluidos
30 actuables mediante campos electromagnéticos (2), de manera que, a través de la aplicación de un campo determinado, sea posible dirigir el haz hacia una determinada guía de salida.

Una versión simplificada del dispositivo anterior se obtiene posicionando de forma radial las guías de entrada (1) con respecto de las guías de salida (3), tal y como se muestra en la figura 7a, con lo que se consigue un Orientador Radial. De esta manera, un único movimiento de rotación del fluido (2) permite encaminar el haz hacia diferentes guías de onda. También es posible agrupar dos o más dispositivos de éste o cualquier otro tipo (Figura 7b) con el fin de obtener un mayor número de guías de onda de salida.

El último dispositivo objeto de la presente invención, presentado en la figura 8, es la configuración más estándar de interruptor óptico. Se basa en dos pares de guías enfrentados entre sí y con una rotación de 90° de un par respecto del otro, dejando un espacio en el centro. En condiciones normales, es decir, cuando no hay espejo, la luz no varía su dirección entre las guías de entrada (1) y salida (3). Sin embargo, al situar un espejo en dicho espacio, se produce una reflexión en el mismo, haciendo que la guía de salida sea la situada a 90° de la de entrada. Si el espejo es suficientemente delgado, este cambio en la guía de salida puede realizarse de manera simultánea para dos haces de luz. En el caso de la presente invención, el espejo se reemplaza por un fluido actuable mediante campos electromagnéticos (2), el cual puede ocupar o desocupar el espacio entre las cuatro guías dependiendo del generador de campo.

Finalmente, también es objeto de la presente invención la combinación de uno o varios dispositivos ópticos de los descritos anteriormente entre sí, o con cualquier otro dispositivo con el que se integre. De igual manera, son objeto de la presente invención aquellos dispositivos o combinación de ellos en los que los fluidos actuables electromagnéticamente son reemplazados por medios sensibles a campos electromagnéticos aplicados, con el fin de obtener dispositivos ópticos basados en los principios de operación expuestos anteriormente.

Son igualmente objeto de la presente invención todos los dispositivos descritos anteriormente, tanto los básicos como los basados en atenuación y en reflexión, en los cuales la fuente de campo electromagnético se reemplaza por un conjunto de fuentes distribuidas convenientemente para optimizar el movimiento y la geometría del fluido actuable electromagnéticamente.

De igual modo, son objeto de la presente invención todos los dispositivos descritos anteriormente, tanto los básicos como los basados en atenuación y en

reflexión, en o cerca del cual se han definido diversos actuadores, tales como electrodos, electroimanes o bobinas, tanto integrados mediante tecnología microelectrónica u otras tecnologías alternativas, como discretos o no integrados, con el fin de actuar sobre los fluidos electromagnéticos.

5 EXPLICACIÓN DETALLADA DE LOS DIBUJOS

Figura 1 Esquema de la configuración básica de la aplicación de fluidos modulables mediante campos electromagnéticos en dispositivos ópticos. La estructura básica consta de una o varias guías de onda de entrada (1) y una o varias guías de onda de salida (3). El movimiento de un generador de campo (4) a través de un sistema de posicionamiento (5), permite la localización del fluido en un lugar concreto del dispositivo (2). El movimiento bidimensional del generador puede hacerse bien ensanchando el canal (4), bien posicionando el generador en una base móvil (6)

Figura 2 Simplificación de la figura 1, donde se omite el sistema de inyección del fluido y el generador. En este caso, se dispone de una guía de entrada (1) encarada a una guía de salida (3). El movimiento del fluido (2) permite la obturación nula (figura 2a), parcial (figura 2b) o total (figura 2c) de la guía de salida (3).

Figura 3 Configuración en cruz de 2 guías de entrada (1) y 2 guías de salida (3) dejando un espacio en el centro para poder ser ocupado por el fluido actuable (2). La figura 3a corresponde al caso en el que ambas guías de salida tienen potencia nula. El caso 3b correspondería a un movimiento del fluido en dirección y , por lo que habría lectura no-nula en la guía de salida horizontal, manteniéndose nula la potencia en el eje vertical. El caso 3c corresponde a un movimiento con componentes x e y , por lo que habría potencia no-nula en ambas guías. Finalmente, el caso 3d corresponde al desplazamiento fuera del espacio entre guías del fluido.

Figura 4 Esquema de un interferómetro multimodo *MMI* en su configuración más general, es decir, con N guías de entrada (1) y M guías de salida (3). Tanto N como M están fijados según el límite tecnológico y el patrón interferencial que se desea obtener a la salida del dispositivo. Las guías de entrada inyectan luz a la zona interferencial (8). La obturación total o parcial por parte del fluido (2) de una o varias guías de entrada provoca un patrón completamente diferente a la salida del dispositivo. El posicionamiento de fluidos en las guías de salida pueden atenuar o absorber componentes del campo electromagnético no deseadas.

Figura 5 Principio de operación de los dispositivos basados en reflexión. La guía de salida (3) se sitúa a una cierta distancia de la guía de entrada (1) y con una cierta rotación respecto de su eje. La reflexión producida en la superficie del fluido modulado mediante campos electromagnéticos permite que, para una cierta orientación de éste, el haz reflejado se inyecte en la guía de salida, tal y como se muestra en la figura 5b.

Figura 6 Configuración de N guías de entrada (1) y M guías de salida (3) formando un conector óptico cruzado (*Optical cross-connector, OXC*) dónde se han reemplazado los NxM espejos por NxM volúmenes de fluido (2).

Figura 7 Esquema radial de un *OXC* con 1 guía de entrada (1) y diversas guías de salida (3) distribuidas de forma radial (figura 7a). La rotación del fluido actuable (2) permite que el haz reflejado en él sea inyectado a diferentes guías de salida. Este dispositivo, al igual que todos los anteriores, puede ser acoplado a una cadena de dispositivos, tal y como se muestra en la figura 7b.

Figura 8 Configuración en cruz de dos guías de onda de entrada (1) y dos guías de onda de salida (3). Si el fluido (2) se encuentra fuera del espacio entre guías, los haces de luz se acoplan a las guías de salida directamente encaradas a las guías de entrada (figura 8a). Si embargo, al introducir el fluido, se produce una reflexión en una o varias caras del mismo, acoplando las guías de onda situadas a 90 grados (figura 8b).

Figura 9: Medidas de atenuación en un Interruptor/Orientador (*Switcher/Router*) óptico funcionando como potenciómetro óptico. En la figura 9a se presentan las pérdidas totales (dB) de la señal en función del desplazamiento del generador del campo que actúa sobre el ferrofluido (micras), en un dispositivo fabricado con la configuración de la Figura 7a. Se puede comprobar como, en cuanto se procede al desplazamiento del ferrofluido, se produce un aumento muy importante de las pérdidas, hasta llegar a su completa obturación, tal y como se muestra en la figura 9b, confirmando el principio de actuación. Se comprueba además como el proceso es completamente reversible, es decir, si se mueve el ferrofluido en sentido opuesto, se recuperan los valores iniciales de las pérdidas del dispositivo, tal y como muestra la figura 9c.

Figura 10: Medidas de atenuación en un Interruptor/Orientador (*Switcher/Router*) óptico funcionando como orientador. En la figura 10a se muestran las pérdidas totales (dB) de la señal en función del ángulo relativo del generador del campo que actúa sobre el ferrofluido (micras), en un dispositivo fabricado con la configuración de la Figura 7a. La señal se recoge en la guía de salida que forma 90° con la de entrada. Se

puede comprobar cómo el mínimo de pérdidas se sitúa cercano a los 90°, confirmando el principio de actuación, aumentando su valor rápidamente para pequeñas desviaciones. En la figura 10b se muestra la situación en el momento en que la señal se propaga a través de la guía de salida, en configuración a 90°.

5

EJEMPLO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

Ejemplo 1.-

Siguiendo las especificaciones expuestas para los dispositivos anteriores, se ha fabricado un **Interruptor/Orientador (*Switcher/Router*)** óptico basado en fluidos actuables mediante campos electromagnéticos (habiéndose utilizado a modo de ejemplo un ferrofluido basado en hidrocarburo (WHJS1, Liquid Research), un imán de neodimio (ND-35, Ingeniería Magnética Aplicada S.L.) y guías de onda huecas (*Hollow waveguides*), utilizando una tecnología que combina el micromecanizado del silicio con la soldadura anódica de vidrio para definir a la vez la región de actuación del fluido magnético y las guías de onda huecas. El hecho de utilizar guías huecas y ferrofluidos no es requerimiento obligado para la realización de dichos dispositivos, pudiéndose realizar con cualquier otro tipo de estructuras de guiado de ondas (el principio de actuación es válido incluso en óptica no guiada) y fluidos actuables mediante campos electromagnéticos, como podrían ser los fluidos reológicos, actuables o con respuesta a campos aplicados (*en inglés, rheologic, o field-responsive*).

La tecnología de fabricación está basada en obleas estándar de silicio, si bien puede ser utilizado cualquier otro substrato. El proceso se inicia con un grabado del substrato para definir los laterales y la cara inferior de las guías de onda, así como la región dónde se situará el fluido actuable. Con el fin de obtener un confinamiento bidimensional de la luz y delimitar verticalmente la posición del fluido, la oblea de silicio se suelda anódicamente a una oblea de vidrio. Dicha oblea está micromecanizada con el fin de abrir los canales del fluido al exterior, permitiendo su inyección dentro del dispositivo.

Dicho orientador óptico permite confirmar ambos principios de operación expuestos anteriormente, los cuales se desglosan en la siguiente explicación.

30

Medidas en atenuación

Como demostrador de la viabilidad de los dispositivos ópticos de atenuación basados en fluidos actuables, se procedió a fabricar, a partir de la tecnología mencionada anteriormente, el sistema presentado en la figura 7a. El haz de luz fue inyectado a partir de una fibra óptica en la guía de ondas hueca de entrada del dispositivo, siendo recogida la luz de salida del mismo a partir de otra guía de ondas hueca situada a 180° de la entrada. El fluido actuable mediante campos electromagnéticos (ferrofluido) se sitúa en la región intermedia a las guías huecas de entrada/salida. Tal y como se puede comprobar a partir de la figura 9, en cuanto se procede al desplazamiento del ferrofluido, se produce un aumento muy importante de las pérdidas, confirmando el principio de actuación. Se comprueba además como el proceso es completamente reversible, es decir, si se mueve el ferrofluido en sentido opuesto, se recuperan los valores iniciales de las pérdidas del dispositivo.

15 Medidas en reflexión

La confirmación de los dispositivos basados en reflexión se realizó utilizando el mismo dispositivo, pero en éste caso se situó la fibra de recogida a la salida de una guía de ondas hueca situada a 90° de la guía de ondas hueca de entrada. El generador de campo magnético (y, por tanto, el ferrofluido) se situó en la trayectoria del haz incidente, formando un ángulo de 45° con respecto a ésta, obteniéndose por tanto una desviación de 90° del haz de entrada. Las medidas realizadas en la guía de ondas hueca de salida se muestran en la figura 10. En dicha figura se comprueba cómo el mínimo de pérdidas se sitúa cercano a los 90° , confirmando el principio de actuación, aumentando su valor rápidamente para pequeñas desviaciones. Por tanto, dicho comportamiento demuestra que es posible orientar un haz incidente en un ferrofluido a través de la rotación del mismo.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de óptica integrada, micro-óptica, óptica casi-guiada (*quasi-guided optics*) y óptica no-guiada (*non-guided optics*) que se caracteriza porque incorpora fluidos actuables mediante campos electromagnéticos y porque su principio de operación se basa
- 5
- a) en la absorción total o parcial de uno o varios haces de luz incidentes en dichos fluidos actuables mediante campos electromagnéticos, y/o
 - b) en la reflexión total o parcial de uno o varios haces de luz incidentes en dichos fluidos actuables mediante campos electromagnéticos.
- 10 2. Dispositivo según la reivindicación 1 que se caracteriza porque comprende (véase la Figura 1):
- a) una región sobre la que se definen una serie de guías de onda de entrada (1) y de salida (3), situadas unas próximas a las otras pero dejando un espacio entre ellas, y se define también una región en la que se coloca un fluido actuable mediante campos electromagnéticos (2),
 - 15 b) un fluido actuable mediante campos electromagnéticos (2),
 - c) una cubierta superior del dispositivo opcional (7),
 - d) una micromecanización en la región del punto a), así como en la cubierta superior del dispositivo (7) del punto c), que permite inyectar el fluido actuable mediante campos electromagnéticos (2), de manera que puede situarse total o
 - 20 parcialmente en el espacio entre las guías,
 - e) un generador de campo (4), y
 - f) una base fija, en la que se sitúa un generador de campo (4) que se puede desplazar a través de una o más regiones micromecanizadas (5), de forma que se puede controlar la posición del fluido con relación a las guías de onda,
 - 25 obturando total o parcialmente el espacio entre ellas.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 que se caracteriza porque comprende (véase la Figura 1):
- a) una región sobre la que se definen una serie de guías de onda de entrada (1) y
 - 30 otras de salida (3), situadas unas próximas a las otras pero dejando un espacio entre ellas, y se define también una región en la que se coloca un fluido actuable mediante campos electromagnéticos (2),

- b) un fluido actuable mediante campos electromagnéticos (2),
 - c) una cubierta superior del dispositivo (7) opcional,
 - d) una micromecanización en la región del punto a), así como en la cubierta superior del dispositivo (7) del punto c), que permite inyectar el fluido actuable mediante campos electromagnéticos (2), de manera que puede situarse total o
5 parcialmente en el espacio entre las guías,
 - e) un generador de campo (4),
 - f) una base móvil (6), sobre la que se sitúa el generador de campos electromagnéticos (4) con el fin de poder actuar en varias direcciones de manera
10 simultánea sobre el fluido.
4. Dispositivo según las reivindicaciones 2 y 3 en el que la región del punto 2a) y 2b) se caracteriza porque es de silicio.
 5. Dispositivo según las reivindicaciones 2 a 4 en el que el fluido actuable mediante campos electromagnéticos se caracteriza porque es un ferrofluido.
 - 15 6. Dispositivo según las reivindicaciones 2 a 4 en el que el fluido actuable mediante campos electromagnéticos se caracteriza porque es un fluido reológico actuable o con respuesta a campos aplicados.
 7. Dispositivo según las reivindicaciones 2 a 6 en el que la cubierta superior se caracteriza porque es de vidrio.
 - 20 8. Dispositivo según las reivindicaciones 2 a 7 en el que el generador de campo se caracteriza porque es un imán.
 9. Dispositivo según las reivindicaciones 2 y 4 a 8 que se caracteriza porque es un potenciómetro óptico y porque consta de (ver Figura 2):
 - a) una guía de onda de entrada (1) enfrentada a una guía de onda de salida (3), con
25 un espacio entre ellas que permite el movimiento de un fluido actuable mediante campos electromagnéticos,
 - b) un fluido actuable mediante campos electromagnéticos (2), cuyo movimiento permite la obturación nula (figura 2a), parcial (figura 2b) o total (figura 2c) de la guía de salida (3).
 - 30 10. Dispositivo según las reivindicaciones 2 y 4 a 8 que se caracteriza porque es un Potenciómetro óptico simultáneo de dos haces de luz y porque consta de (ver Figura 3):

- a) cuatro guías de onda encaradas dos a dos, actuando dos de ellas como guías de onda de entrada (1) y las otras dos como guías de onda de salida (3), dejando un espacio entre ellas que puede ser ocupado por un fluido actuable mediante campos electromagnéticos, y
- 5 b) un fluido actuable mediante campos electromagnéticos que puede situarse
- i) de forma que ocupe completamente el espacio entre las cuatro guías de onda (Figura 3a), dando como resultado una salida nula de potencia por las guías de salida (3), o
- 10 ii) de forma que sólo intersecte totalmente la señal entre un par de guías de entrada y salida enfrentadas, permitiendo su paso entre el otro par de guías de entrada y salida, y por tanto dando como resultado una potencia de salida no nula en esta última guía de salida (Figura 3b), o
- 15 iii) de forma que intersecte sólo parcialmente la señal entre los dos pares de guías de entrada y salida (figura 3c), dando como resultado una salida parcial de potencia en ambas guías de salida, o
- iv) de forma que no intersecte ninguna de las señales entre los dos pares de guías de entrada y salida (Figura 4d), dando como resultado una salida total de potencia en ambas guías de salida.
11. Dispositivo según las reivindicaciones 3 a 8 que se caracteriza porque es un
- 20 Acelerómetro óptico uniaxial y porque consta de:
- a) una guía de onda de entrada (1) encarada a una guía de onda de salida (3), con un espacio entre ellas que permite el movimiento de un fluido actuable mediante campos electromagnéticos,
- b) un fluido actuable mediante campos electromagnéticos (2), cuyo movimiento
- 25 permite la obturación nula (figura 2a), parcial (figura 2b) o total (figura 2c) de la guía de salida (3), y
- c) una base móvil del punto g) de la reivindicación 3, sobre la que se sitúa el generador del campo electromagnético, que es sensible a variaciones de la aceleración aplicada.
- 30 12. Dispositivo según las reivindicaciones 3 a 8 que se caracteriza porque es un Acelerómetro óptico biaxial y porque consta de (ver Figura 3):
- a) cuatro guías de onda encaradas dos a dos, actuando dos de ellas como guías de onda de entrada (1) y las otras dos como guías de onda de salida (3), dejando un

espacio entre ellas que puede ser ocupado por un fluido actuable mediante campos electromagnéticos,

- b) una base móvil del punto g) de la reivindicación 3 que es sensible a variaciones de la aceleración aplicada, y sobre la que se sitúa el generador del campo electromagnético, y
- 5
- c) un fluido actuable mediante campos electromagnéticos que puede situarse
- i) de forma que inicialmente ocupe completamente el espacio entre las cuatro guías de onda (Figura 3a), dando como resultado una salida nula de potencia por las guías de salida (3), o
- 10
- ii) de forma que sólo intersecte totalmente la señal entre un par de guías de entrada y salida enfrentadas, permitiendo su paso entre el otro par de guías de entrada y salida, y por tanto dando como resultado un potencia de salida no nula en esta última guía de salida (Figura 3b), cuando el movimiento del generador situado sobre la base móvil tenga lugar sólo a lo largo del eje del
- 15
- plano definido por el primer par de guías de entrada y salida, o
- iii) de forma que intersecte sólo parcialmente la señal entre los dos pares de guías de entrada y salida (figura 3c), dando como resultado una salida parcial de potencia en ambas guías de salida, cuando el movimiento del generador situado sobre la base móvil tenga lugar en una dirección con componentes a
- 20
- lo largo de los dos ejes definidos por los dos pares de guías de entrada y salida, o
- iv) de forma que no intersecte ninguna de las señales entre los dos pares de guías de entrada y salida (Figura 4d), dando como resultado una salida total de potencia en ambas guías de salida, cuando la aceleración experimentada por la base móvil sobre la que se sitúa el generador sea lo suficientemente
- 25
- grande.
13. Dispositivo según las reivindicaciones 2 a 8 que se caracteriza porque es un Sensor de presión óptico y porque consta de:
- a) una guía de onda de entrada (1) encarada a una guía de onda de salida (3), con
- 30
- un espacio entre ellas que permite el movimiento de un fluido actuable mediante campos electromagnéticos,

- b) un fluido actuable mediante campos electromagnéticos (2), cuyo movimiento permite la obturación nula (figura 2a), parcial (figura 2b) o total (figura 2c) de la guía de salida (3).
- c) una base móvil del punto g) de la reivindicación 3 que es sensible a variaciones de la presión aplicada, y sobre la que se sitúa el generador del campo electromagnético.
- 5
14. Dispositivo según las reivindicaciones 2 a 8 que se caracteriza porque es un Interferómetro Multimodo (MMI, o Multimode Interference Coupler, en Inglés) y porque consta de (Figura 4):
- 10
- a) N guías de entrada (1), en las cuales es posible colocar un fluido actuable mediante campos electromagnéticos (2),
- b) M guías de salida (3), en las cuales es posible colocar un fluido actuable mediante campos electromagnéticos (2),
- c) una región (8), en la cual inyectan luz las guías de entrada (1), con una anchura mayor que dichas guías de onda, que soporta un mayor número de modos que las guías de entrada y en la que se produce interferencias entre todos los modos excitados por los haces inyectados a través de las diferentes guías, de manera que es posible obtener diferentes patrones interferenciales dependiendo de la geometría del dispositivo y de las condiciones de inyección,
- 15
- d) unos fluidos actuables mediante campos electromagnéticos (2) que se sitúan en la región definida en cada una de las guías de entrada, de forma que pueden obturar total o parcialmente el paso de la señal por cada una de esas guías, afectando así al patrón de salida resultante, y
- 20
- e) unos fluidos actuables mediante campos electromagnéticos (2) que se sitúan en la región definida en cada una de las guías de salida, de forma que pueden obturar total o parcialmente el paso de la señal por cada una de esas guías.
- 25
15. Dispositivo según las reivindicaciones 2 y 4 a 8 que se caracteriza porque es un Modificador de la trayectoria del haz y porque consta de (Figura 5):
- a) una o más guías de onda que forman un ángulo entre sí (1 y 3) y entre las que se deja un espacio en el que se define una región donde se coloca un fluido actuable mediante campos electromagnéticos (2),
- 30

- b) un fluido actuable mediante campos electromagnéticos sobre el que se puede aplicar una rotación de manera que se encare el haz reflejado con la guía de salida (Figura 5b).
16. Dispositivo según las reivindicaciones 2 y 4 a 8 que se caracteriza porque es un Orientador direccional OXC y porque consta de (Figura 6):
- 5
- a) N guías de onda de entrada (1) rotadas con respecto a M guías de onda de salida (3), con un espacio entre ellas tal que permite definir una región en la que se pueden colocar fluidos actuables mediante campos electromagnéticos,
- b) Fluidos actuables mediante campos eléctricos dispuestos de tal forma que mediante su movimiento y/o rotación de uno o varios de ellos se puede acoplar uno o varios haces provenientes de las guías de entrada con las guías de salida.
- 10
17. Dispositivo según las reivindicaciones 2 y 4 a 8 que se caracteriza porque es un Orientador radial y porque consta de (Figura 7):
- a) una guía de onda de entrada (1) y N guías de onda de salida (3) dispuestas todas ellas de forma radial con respecto a un punto situado en un espacio entre ellas tal que permite definir una región en la que se puede colocar un fluido actuable mediante campos electromagnéticos,
- 15
- b) un fluido actuable mediante campos electromagnéticos (2) dispuesto de tal forma que mediante su movimiento y/o rotación se puede seleccionar con cual de las guías de salida acoplar un haz proveniente de la guía de entrada.
- 20
18. Dispositivo según las reivindicaciones 2 y 4 a 8 que se caracteriza porque es un Interruptor óptico y porque consta de (Figura 8):
- a) dos pares de guías de onda enfrentadas entre sí y con una rotación de 90° de un par con respecto del otro, dejando un espacio en el centro tal que permite definir una región en la que se puede colocar un fluido actuable mediante campos electromagnéticos,
- 25
- b) un fluido actuable mediante campos electromagnéticos (2) dispuesto de tal forma que puede ocupar el centro del dispositivo actuando como espejo, de modo que
- 30
- i) si no intersecta los haces, la luz proveniente de la guía de onda de entrada se inyecta en las correspondientes guías de onda de salida de enfrente y,
- ii) si intersecta los haces, se produce una reflexión en él que hace que la guía de onda de salida sea la situada a 90° de la de entrada, y

iii) si intersecta los haces y su espesor es suficientemente delgado, el cambio de guía de onda de salida se puede realizar de manera simultánea para los dos haces de luz, actuando como un divisor de haz (*beam splitter*, en inglés).

- 5 19. Dispositivo resultante de la combinación de uno o varios dispositivos ópticos, basados en las reivindicaciones 1 a 18, con cualquier otro dispositivo.
20. Dispositivo según las reivindicaciones 1 a 19 en el que los fluidos actuables electromagnéticamente se reemplazan por otros medios sensibles a campos electromagnéticos aplicados .
- 10 21. Dispositivo según las reivindicaciones 1 a 20 en el que la fuente de campo electromagnético se reemplaza por un conjunto de fuentes distribuidas convenientemente para optimizar el movimiento y la geometría del fluido actuable electromagnéticamente.
- 15 22. Dispositivo según las reivindicaciones 1 a 21 en o cerca del cual se han definido diversos actuadores, tales como electrodos, electroimanes o bobinas, tanto integrados mediante tecnología microelectrónica u otras tecnologías alternativas, como discretos o no integrados, con el fin de actuar sobre los fluidos electromagnéticos.

Figura 1

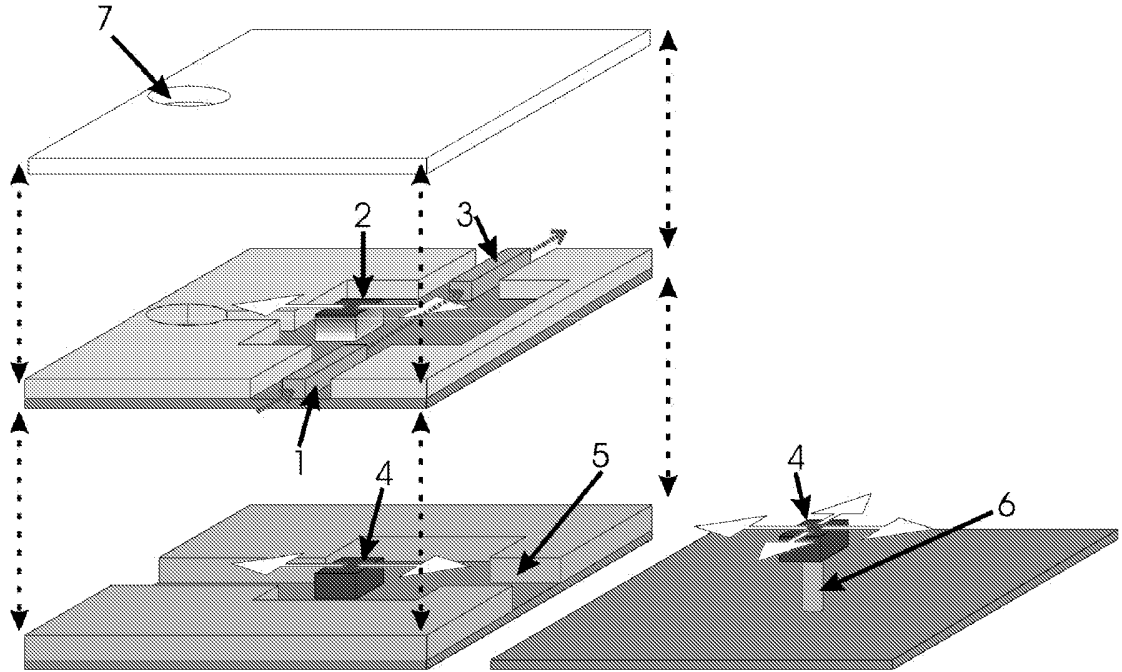


Figura 2

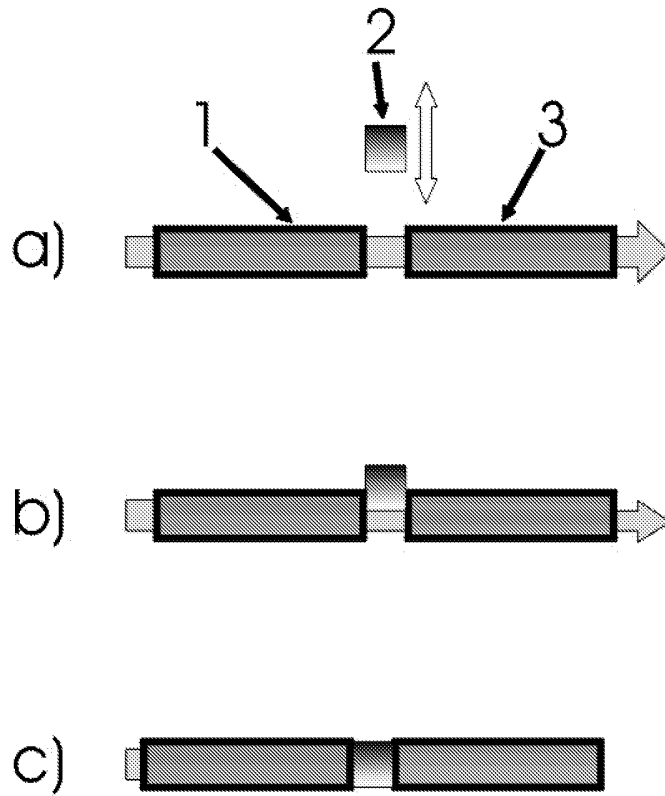


Figura 3

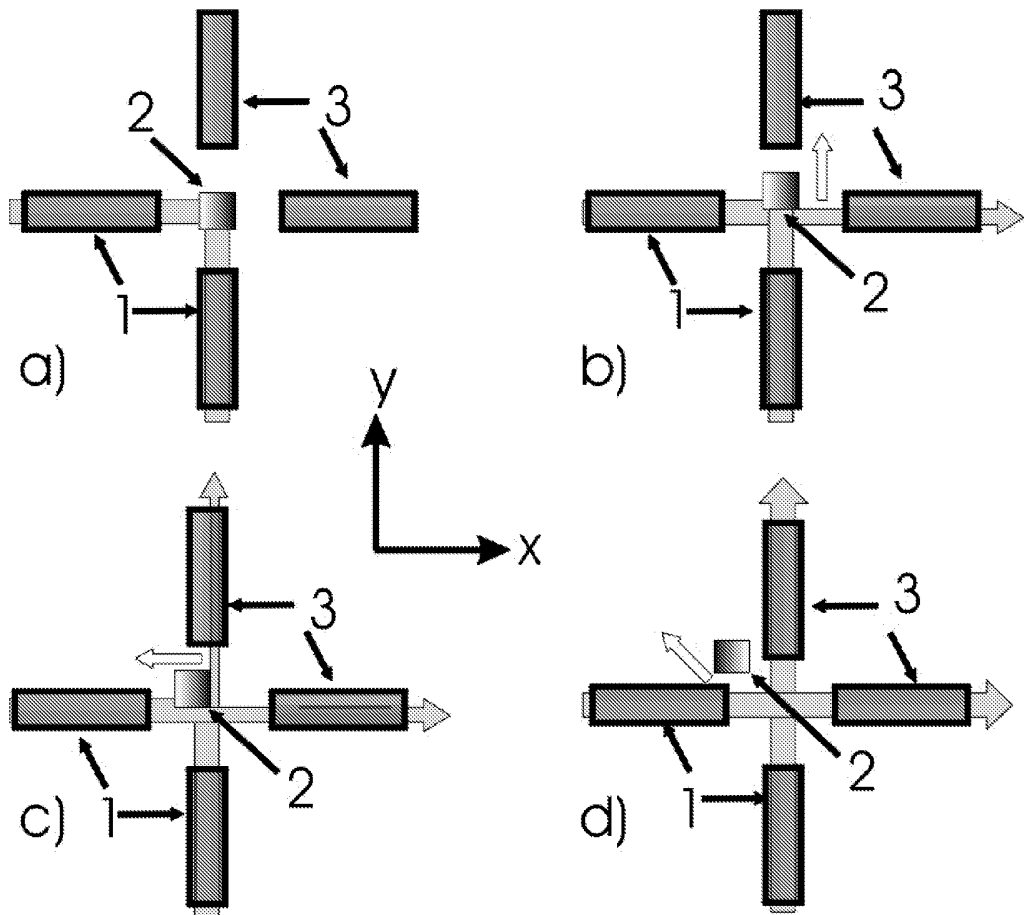


Figura 4

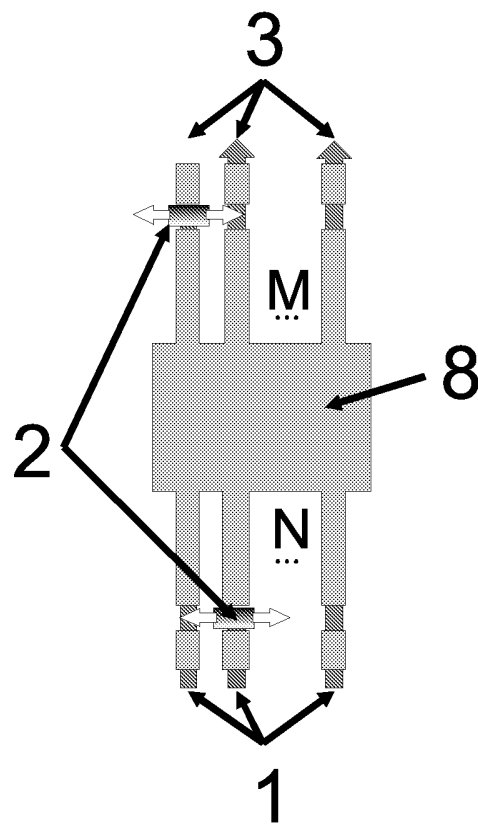


Fig. 5

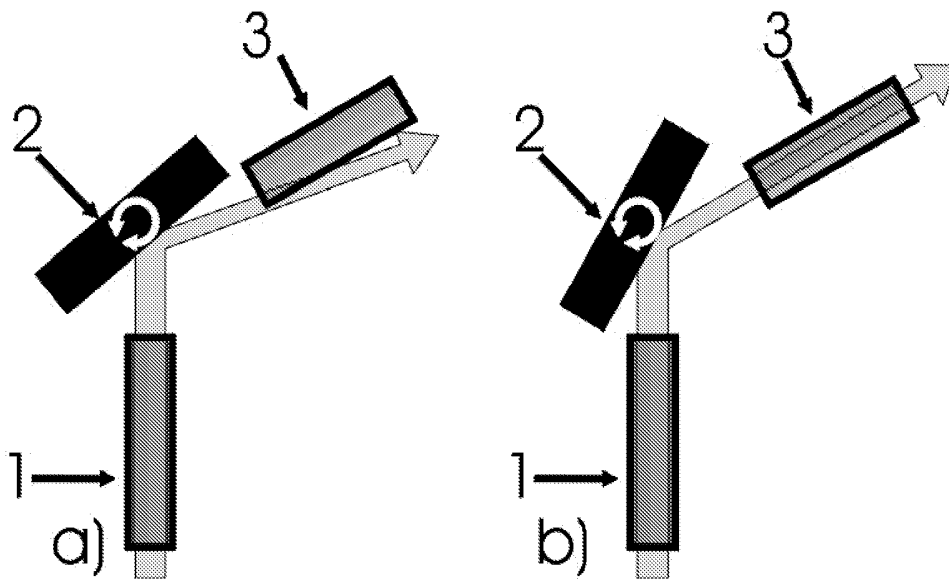


Figura 6

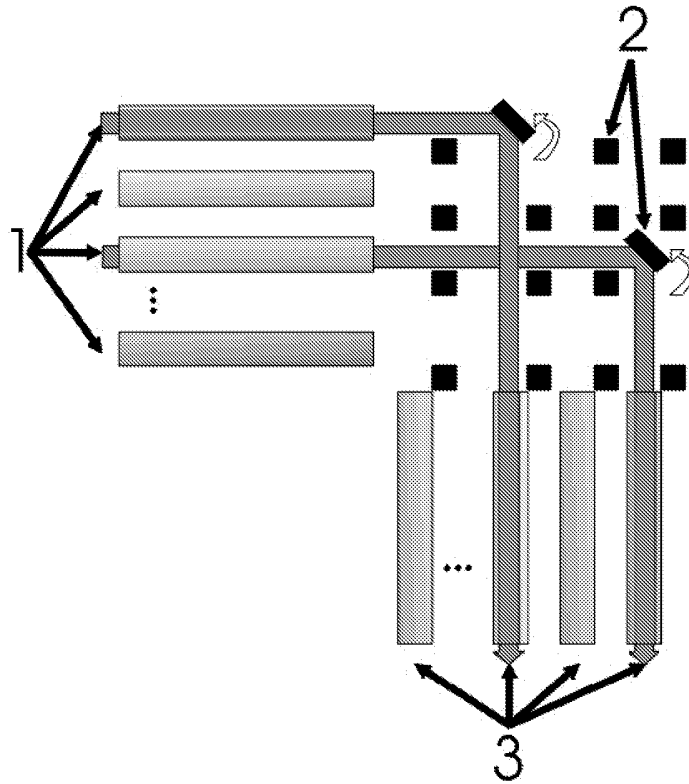


Figura 7

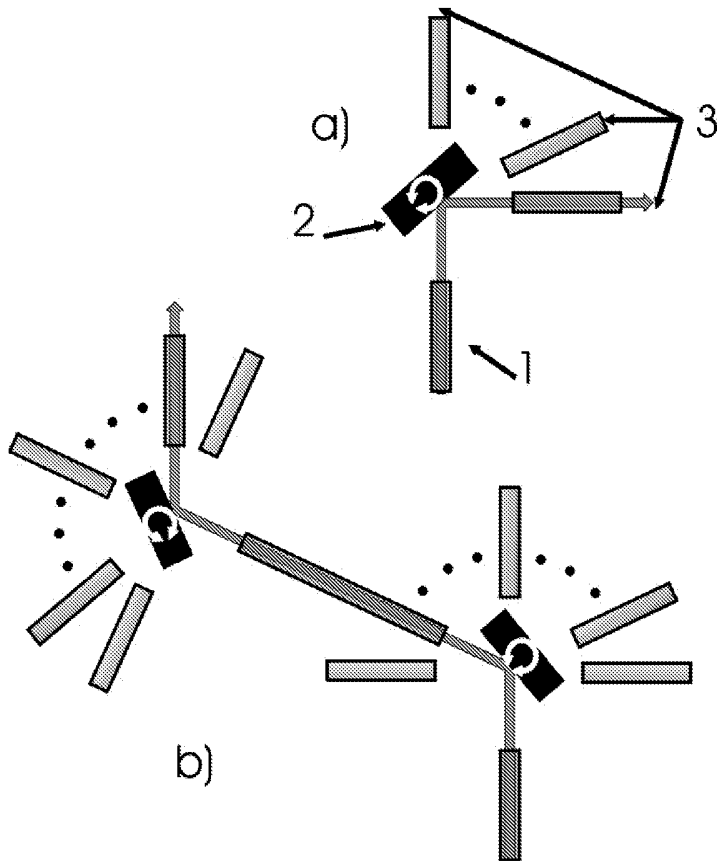


Figura 8

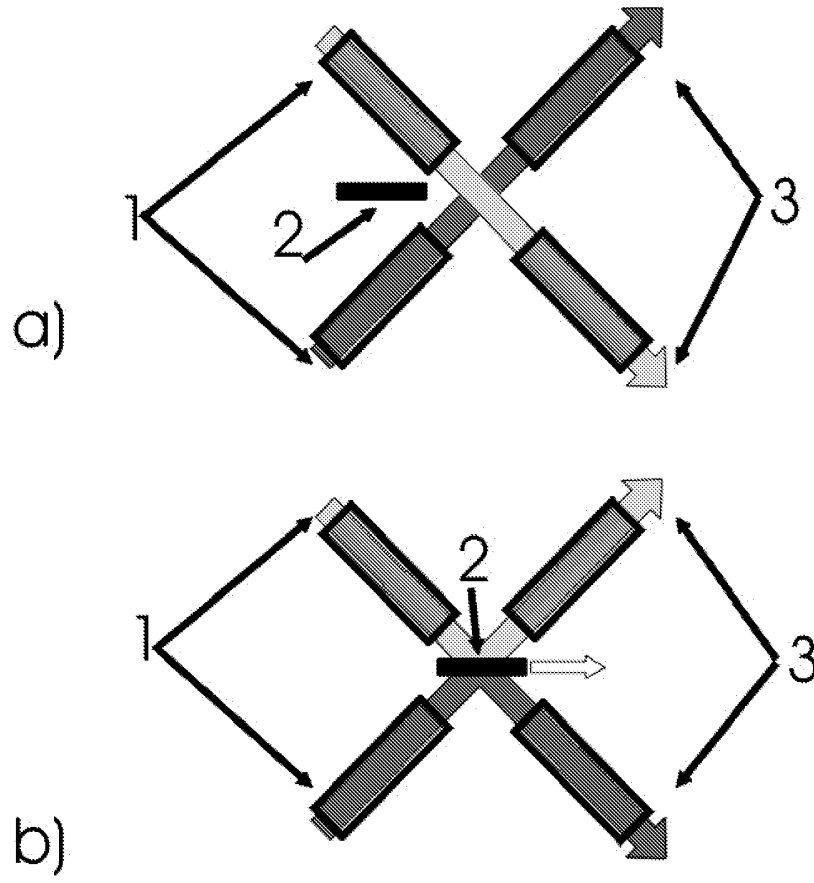


Figura 9

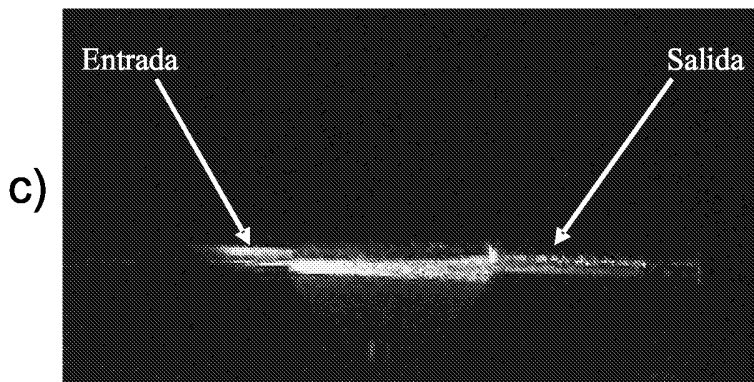
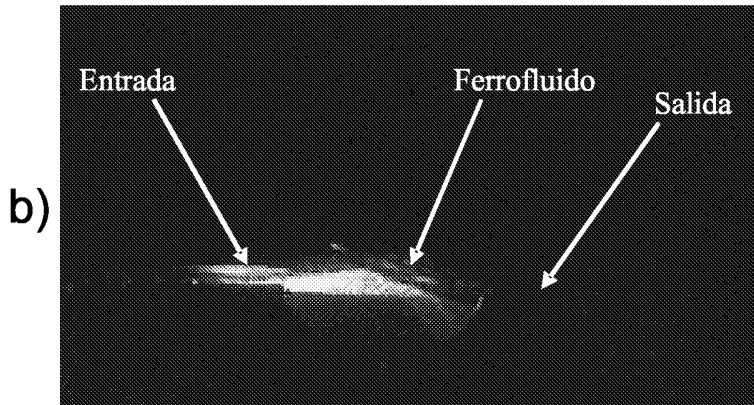
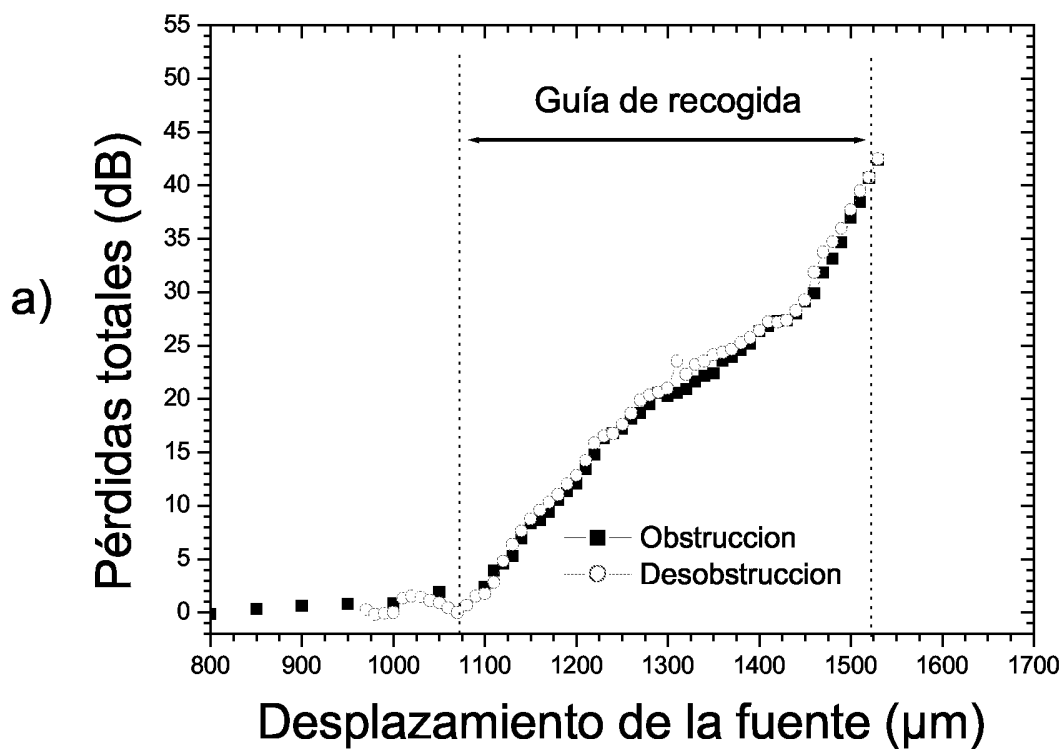
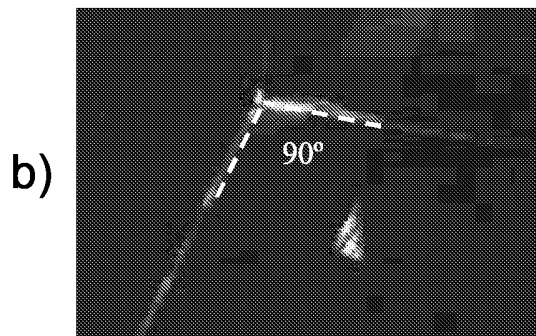
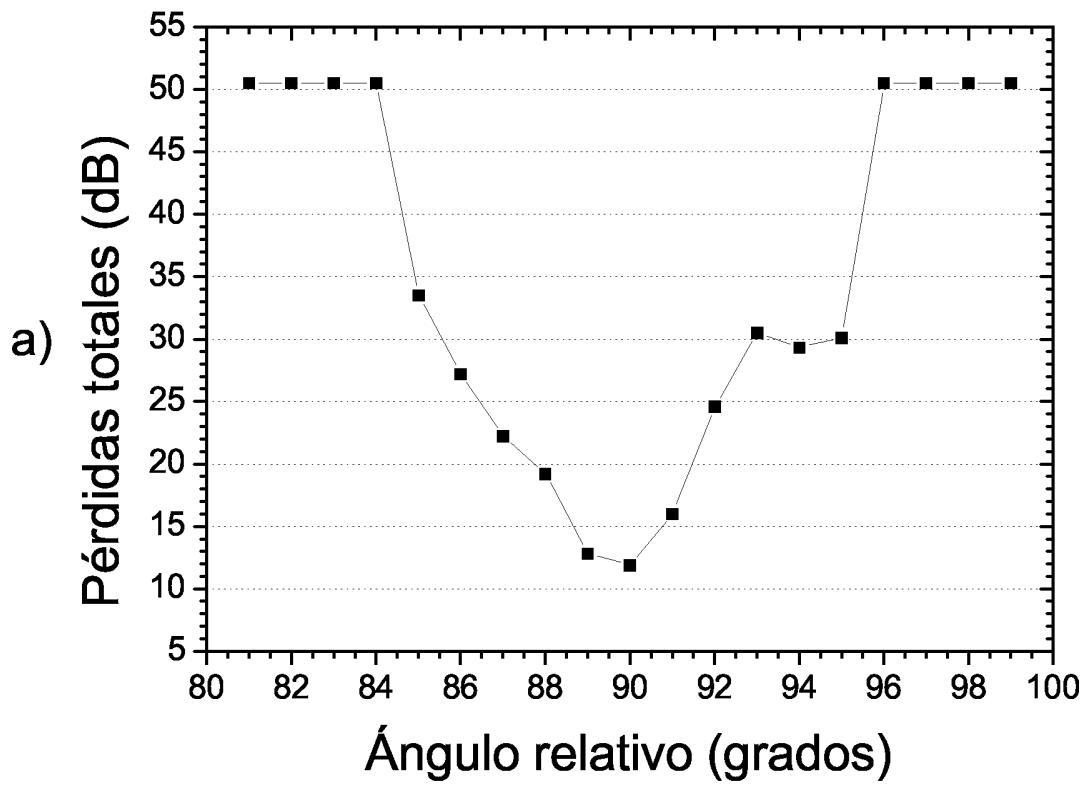


Figura 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ ES 2006/070051

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

see extra sheet

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, G02F, H01L, 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)

CIBEPAT, EPODOC, WPI, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| X | GB 2197087 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY p.l.c.) 11.05.1988, | 1, 19-22 |
| A | page 1, lines 24-115; figures 1 and 2. | 2-8 |
| X | US 4818052 A (LE PESANT, J-P. et al.) 04.04.1989, column 1, line 54-column 2, line 19; column | 1, 19-22 |
| A | 4, lines 17-65; column 5, line 50-column 7, line 50; figures 1, 2, 4a-6. | 2-8 |
| X | EP 0653656 A1 (FORD MOTOR COMPANY LIMITED) 17.05.1995, | 1, 19-22 |
| A | abstract; figure 2. | 2, 3, 5, 6, 8 |
| X | US 4505539 A (AURACHER, F. et al.) 19.03.1985, the whole document. | 1, 19-22 |
| A | | 2-8 |

 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

28 AGOSTO 2006 28/08/2006

Date of mailing of the international search report

(07-09-2006)

Name and mailing address of the ISA/
O.E.P.M.

Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España.

Facsimile No. 34 91 3495304

Authorized officer

O. González Peñalba

Telephone No. + 34 91 349

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES 2006/070051

| C (continuation). | | DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |
|-------------------|--|-------------------------------------|
| Category* | Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| X | EP 1262811 A1 (AGILENT TECHNOLOGIES, INC.) 04.12.2002, | 1, 19-22 |
| A | abstract; figures 3-5. | 2-7 |
| A | BISHOP, D. J.; RANDY GILES, C. & DAS, S. R.: "Amanecer of the conmutación óptica". INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, N° 294, March de 2001. Prensa Científica, S.A., Barcelona, España. Págs 10-16. | |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/ ES 2006/070051

| Patent document cited in the search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---------------------|--|--|
| GB2197087A A | 11.05.1988 | NONE | ----- |
| US 4818052 A | 04.04.1989 | FR 2548795 A JP 60052818 A EP 0136193 A EP 19840401336 | 11.01.1985 26.03.1985 03.04.1985 26.06.1984 26.06.1984 26.06.1984 |
| EP 0653656 A | 17.05.1995 | US 5351319 A EP 19940307694 DE 69423422 D DE 69423422 T | 27.09.1994 19.10.1994 20.04.2000 03.08.2000 |
| US 4505539 A | 19.03.1985 | EP 0075704 A EP 19820107393 DE 3138968 A JP 58130320 A EP 0306604 A EP 19880105813 | 06.04.1983 13.08.1982 14.04.1983 03.08.1983 15.03.1989 13.08.1982 |
| EP 1262811 A | 04.12.2002 | EP 20020002173 US 2002181835 A US 6647165 B JP 2003107375 A EP 1385036 A EP 20030023270 DE 60203340 D DE 60203383 D DE 60203340 T DE 60203383 T | 29.01.2002 05.12.2002 11.11.2003 09.04.2003 28.01.2004 29.01.2002 28.04.2005 28.04.2005 09.02.2006 20.04.2006 |

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 26/08 (2006.01)

G02B 6/35 (2006.01)

G02F 1/295 (2006.01)

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ ES 2006/070051

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

Ver hoja adicional

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, G02F, H01L, 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)

CIBEPAT, EPODOC, WPI, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

| Categoría* | Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes | Relevante para las reivindicaciones nº |
|------------|--|--|
| X A | GB 2197087 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY p.l.c.) 11.05.1988, página 1, líneas 24-115; figuras 1 y 2. | 1, 19-22 2-8 |
| X A | US 4818052 A (LE PESANT, J-P. et al.) 04.04.1989, columna 1, línea 54-columna 2, línea 19; columna 4, líneas 17-65; columna 5, línea 50-columna 7, línea 50; figuras 1, 2, 4a-6. | 1, 19-22 2-8 |
| X A | EP 0653656 A1 (FORD MOTOR COMPANY LIMITED) 17.05.1995, resumen; figura 2. | 1, 19-22 2, 3, 5, 6, 8 |
| X A | US 4505539 A (AURACHER, F. et al.) 19.03.1985, todo el documento. | 1, 19-22 2-8 |

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

| | |
|--|--|
| <p>* Categorías especiales de documentos citados:</p> <p>“A” documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.</p> <p>“E” solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.</p> <p>“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).</p> <p>“O” documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.</p> <p>“P” documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.</p> | <p>“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.</p> <p>“X” documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.</p> <p>“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.</p> <p>“&” documento que forma parte de la misma familia de patentes.</p> |
|--|--|

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.

28 AGOSTO 2006 28/08/2006

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional

07 SEPTIEMBRE 2006 (07-09-2006)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional

O.E.P.M.

Funcionario autorizado

O. González Peñalba

Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España.

Nº de fax 34 91 3495304

Nº de teléfono + 34 91 349 54 75

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ES 2006/070051

| C (continuación). | | DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES |
|-------------------|---|--|
| Categoría* | Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes | Relevante para las reivindicaciones nº |
| X | EP 1262811 A1 (AGILENT TECHNOLOGIES, INC.) 04.12.2002, | 1, 19-22 |
| A | resumen; figuras 3-5. | 2-7 |
| A | BISHOP, D. J.; RANDY GILES, C. & DAS, S. R.: "Amanecer de la conmutación óptica". INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, Nº 294, marzo de 2001. Prensa Científica, S.A., Barcelona, España. Págs 10-16. | |

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional n°
PCT/ ES 2006/070051

| Documento de patente citado en el informe de búsqueda | Fecha de publicación | Miembro(s) de la familia de patentes | Fecha de publicación |
|---|----------------------|--|--|
| GB2197087A A | 11.05.1988 | NINGUNO | ----- |
| US 4818052 A | 04.04.1989 | FR 2548795 A JP 60052818 A EP 0136193 A EP 19840401336 | 11.01.1985 26.03.1985 03.04.1985 26.06.1984 26.06.1984 26.06.1984 |
| EP 0653656 A | 17.05.1995 | US 5351319 A EP 19940307694 DE 69423422 D DE 69423422 T | 27.09.1994 19.10.1994 20.04.2000 03.08.2000 |
| US 4505539 A | 19.03.1985 | EP 0075704 A EP 19820107393 DE 3138968 A JP 58130320 A EP 0306604 A EP 19880105813 | 06.04.1983 13.08.1982 14.04.1983 03.08.1983 15.03.1989 13.08.1982 |
| EP 1262811 A | 04.12.2002 | EP 20020002173 US 2002181835 A US 6647165 B JP 2003107375 A EP 1385036 A EP 20030023270 DE 60203340 D DE 60203383 D DE 60203340 T DE 60203383 T | 29.01.2002 05.12.2002 11.11.2003 09.04.2003 28.01.2004 29.01.2002 28.04.2005 28.04.2005 09.02.2006 20.04.2006 |

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

G02B 26/08 (2006.01)

G02B 6/35 (2006.01)

G02F 1/295 (2006.01)