

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 669 064**

51 Int. Cl.:

**G02F 1/29** (2006.01)  
**G02F 1/31** (2006.01)  
**G02F 1/139** (2006.01)  
**G02F 1/1337** (2006.01)  
**G02F 1/1335** (2006.01)  
**G02F 1/1362** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.11.2009 PCT/GB2009/051536**  
 87 Fecha y número de publicación internacional: **20.05.2010 WO10055350**  
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2009 E 09753201 (4)**  
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018 EP 2356510**

54 Título: **Orientación de haces ópticos**

30 Prioridad:

**14.11.2008 GB 0820872**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.05.2018**

73 Titular/es:

**CAMBRIDGE ENTERPRISE LIMITED (100.0%)  
University of Cambridge 10 Trumpington Street  
Cambridge, Cambridgeshire CB2 1QA, GB**

72 Inventor/es:

**COLLINGS, NEIL;  
CROSSLAND, WILLIAM;  
REDMOND, MAURA MICHELLE;  
MOORE, JOHN RICHARD;  
NUGENT, DAVID y  
ROBERTSON, BRIAN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 669 064 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Orientación de haces ópticos

**Campo de la invención**

5 La invención se refiere, en general, a aparatos de orientación de haces ópticos, a un multiplexor de inserción / extracción óptica que comprende un aparato de orientación de haces ópticos, a un dispositivo de cristal líquido para la orientación de haces ópticos y a un procedimiento de fabricación de un dispositivo de cristal líquido para la orientación de haces ópticos. Más en concreto, la invención se puede referir a un multiplexor de inserción / extracción óptica reconfigurable (ROADM, *reconfigurable optical add drop multiplexer*) de diversidad de polarización.

10 **Antecedentes de la invención**

Dentro de los sistemas de comunicación de telecomunicaciones, la luz que entra en un puerto de entrada de un dispositivo puede tener cualquier estado de polarización posible y este puede ser variable con el tiempo. Si tal luz se encamina a través de un dispositivo, es preferible que la luz que aparece en el puerto de salida tenga una amplitud que no dependa del estado de polarización de entrada.

15 Con el fin de permitir un funcionamiento con señales moduladas, preferentemente un dispositivo o sistema 'cumple' con la polarización, es decir, las trayectorias de los haces de polarización diferente se hacen coincidir con el fin de permitir un funcionamiento sin perturbación de la polarización relativa entre los haces de polarización diferente. Por ejemplo, una modulación de fase insensible a la polarización puede asegurar que las intensidades de los haces de salida orientados o encaminados no se vea sustancialmente afectada por el estado de polarización del haz de  
20 entrada. Más en concreto, una modulación de fase insensible a la polarización puede proporcionar una pérdida de inserción conocida, mínima y / o independiente del tiempo.

Un dispositivo o sistema óptico puede usar cristales líquidos (CL). Por lo general, las moléculas de cristal líquido en un material que muestra una fase de CL nemático o ferroléctrico tienen forma de barra. La dirección de orientación preferida de tales moléculas de CL en las proximidades de cualquier punto se puede representar por  $\mathbf{n}$  (un vector unitario adimensional), en donde  $\mathbf{n}$  y  $-\mathbf{n}$  son completamente equivalentes. Dicho de otra forma, un dispositivo de CL tiene un elemento director de cristal líquido que se puede considerar una flecha, que indica la orientación preferida promedio de las moléculas de cristal líquido en un material de cristal líquido. Ambas direcciones (separadas 180 grados) de la flecha son equivalentes.  
25

Los materiales ferroléctricos de cristal líquido ( $Sc^*$ ) conmutan en gran medida en el plano de un dispositivo de cristal líquido sobre silicio (LCOS, *Liquid Crystal on Silicon*). Cuando se aplica un campo eléctrico a un dispositivo de este tipo, el elemento director cambia su orientación en el plano del dispositivo. Una distribución de píxeles que se conmuta de tal modo que se toma una de dos posiciones opuestas en torno al cono director produce (en determinadas condiciones) una distribución con unos niveles de fase binaria 0 y  $\pi$ . Una distribución de fase binaria de este tipo produce unos picos de difracción en el plano de salida del dispositivo que incluyen tanto el pico (de encaminamiento) de primer orden como los órdenes simétricos y no deseados superiores, lo que da como resultado una pérdida de potencia y una diafonía potencial. La pérdida de un dispositivo que usa este efecto no dependerá del estado de polarización de entrada, es decir, esta es insensible a la polarización, pero dependerá del espesor de la capa de CL y el ángulo de conmutación.  
30

El CL se puede proporcionar en un dispositivo de cristal líquido sobre silicio (LCOS) que tiene el material de cristal líquido sobre un sustrato de silicio que se reviste con una capa reflectante. El CL que se aplica a un sustrato reflectante de este tipo se puede controlar para permitir que la luz se refleje o se bloquee. En concreto, un LCOS puede comprender un chip de CMOS de silicio que tiene un revestimiento reflectante (por ejemplo, que comprende aluminio) que está cubierto con CL, y una capa de vidrio por encima del CL.  
40

El campo de la orientación de haces ópticos continúa dando lugar a la necesidad de mejoras tales como, por ejemplo, una pérdida de inserción reducida y / o insensibilidad a la polarización.  
45

Para su uso en la comprensión de la presente invención, se hace referencia a las siguientes divulgaciones:

- "High information-content projection display based on reflective LC-on-silicon light valves", R. L. Melcher, M. Ohhata, K. Enami, J. SID 6 / 4 (1998) pág. 253 - 256.
- "Semiconductor manufacturing techniques for ferroelectric liquid crystal microdisplays", M. Handschy, *Solid State Technology*, mayo de 2000, 151 - 161.  
50
- "The Silicon Backplane Design for an LCOS Polarization-Insensitive Phase Hologram SLM", Moore, J. R.; Collings, N.; Crossland y col.; *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 20, edición 1, enero de 1, 2008 página(s): 60 - 62.

- J. Ertel y col. "Design and performance of a reconfigurable liquid crystal based optical add / drop multiplexer", JLT 24 (4) (2006) págs. 1674 - 80.
- J. M. Roth y col., "Large-aperture wide field of view optical circulators", IEEE PTL 17 (10) (2005) págs. 2128 - 30.
- El documento US 6. 760. 149 "Compensation of Polarisation Dependent Loss", 8 / 7 / 02, Nortel Networks LTD
- 5 - El documento US 6. 807. 371 "Reconfigurable Add-Drop Multiplexer", 27 / 11 / 00, Nortel Networks LTD
- El documento US 2003/0161567 "Tunable Wavelength Multiplexer", 28 / 2 / 02, Engana PTY LTD
- El documento US 2003/0210727 "Narrowband Filter Method and Apparatus", 7 / 5 / 02, Engana PTY LTD
- El documento US 7.092.599 "Wavelength Manipulation System and Method", 12 / 11 / 03, Engana PTY LTD
- El documento US 2005/0100277 "Wavelength Manipulation System and Method", 12 / 11 / 03, Engana PTY LTD
- 10 - El documento US 2005/0276537 "Dual-Source Optical Wavelength Processor", 14 / 6 / 04, Engana PTY LTD
- El documento WO 2006/034533 "Wavelength Selective Reconfigurable Optical Cross-connect", 23 / 9 / 05, Engana PTY LTD
- El documento WO 2006/047834 "Optical Calibration System and Method", 8 / 11 / 04, Engana PTY LTD.
- *Dynamic digital holographic wavelength filtering*; Parker, M. C. Cohen, A. D. Mears, R. J.; Fujitsu Telecommun. Europe Ltd. Res., Colchester; *Journal of Lightwave Technology*, fecha de publicación: julio de 1998, volumen: 16, edición 7, página(s): 1259 - 1270
- 15 - *Holographic optical switching: the "ROSES" demonstrator*; Crossland, W. A., Manolis, I. G., Redmond, M. M. y col.; *Journal of Lightwave Technology*, 18 (12). págs. 1845 - 1854. ISSN 0733-8724
- *100-GHz-resolution dynamic holographic channel management for WDM*; Cohen, A. D.; Parker, M. C.; Mears, R. J. *IEEE Photonics Technology Letters*, volumen 11, edición 7, julio de 1999 página(s): 851 - 853
- 20 - *Design and performance of a versatile holographic liquid crystal wavelength-selective optical switch*; Fracasso, B.; de Bougrenet de la Tocnaye, J. L.; Razzak, M.; Uche, C.; *Journal of Lightwave Technology*, volumen 21, edición 10, octubre de 2003 página(s): 2405 - 2411
- *A polymer-dispersed liquid crystal-based dynamic gain equalizer*; Barge, M.; Battarel, D.; de la Tocnaye, J. Ld. B.; *Journal of Lightwave Technology*, volumen 23, edición 8, agosto de 2005 página(s): 2531 - 2541
- 25 - *Reconfigurable free-space optical cores for storage area networks*, Wilkinson, T. D.; Crossland, B.; Collings, N.; Fan Zhang; Fan, M.; *IEEE Communications Magazine*, volumen 43, edición 3, marzo de 2005 página(s): 93 - 99
- *Dynamic WDM equalizer using opto-VLSI beam processing*; S. Ahderom; M. Raisi; K. E. Alameh; K. Eshraghian; *IEEE Photonics Technology Letters*, volumen 15, edición 11, noviembre de 2003 página(s): 1603 - 1605
- 30 - *Dynamic holographic spectral equalization for WDM*; M. C. Parker; A. D. Cohen; R. J. Mears; *IEEE Photonics Technology Letters*, volumen 9, edición 4, abril de 1997 página(s): 529 - 531
- El documento US2002131702 "Combined multiplexer and demultiplexer for optical communication systems", Morey William W; Chen Ray T; Fluisar Corporation.
- El documento US2004136071 "Diffractive optics assembly in an optical signal multiplexer / demultiplexer", Morey William W; Deng Xuegong; Chen Ray T.
- 35 - *Reflective liquid crystal wavefront corrector used with tilt incidence*; Zhaoliang Cao, Quanquan Mu, y col., *Applied Optics*, vol. 47, edición 11, págs. 1785 - 1789
- *Design and performance of a reconfigurable liquid crystal-based optical add / drop multiplexer*; Ertel, J.; Helbing, R.; Hoke, C.; Landolt, O.; Nishimura, K.; Robrish, P.; Trutna, R.; *Journal of Lightwave Technology*; volumen 24, edición 4, abril de 2006 página(s): 1674 - 1680
- 40 - *Five-channel surface-normal wavelength-division demultiplexer using substrate-guided waves in conjunction with a polymer-based Littrow hologram*, Maggie M. Li, Ray T Chen, *Optics Letter*, 1 / 4 / 95, vol. 20, n.º 7, pág. 797
- *Large-aperture wide field of view optical circulators*; Roth, J. M.; Bland, R. E.; Libby, S. I.; *IEEE Photonics Technology Letters*, volumen 17, edición 10, octubre de 2005 página(s): 2128 - 2130

5 El documento US 5 825 448 A describe un relé óptico de difracción reflectante de cristal líquido para su uso en un sistema de proyección de difracción. La célula de cristal líquido incluye un sustrato transparente y un sustrato reflectante que se tratan para proporcionar unas barras alternantes que cooperan con el cristal líquido para formar unos dominios de cristal líquido que se extienden a través del espesor de la célula. Estos producen una diferencia de fase apropiada en la luz que es reflejada por la célula, con independencia de la polarización de la luz incidente. Las técnicas que se materializan en la presente invención se pueden aplicar a la creación de elementos ópticos de difracción eléctricamente controlables para la utilización de óptica de rayos, de óptica integrada o de fibra óptica, que se operan o bien en transmisión o bien en reflexión. Los patrones de difracción se pueden generar por medios litográficos, holográficos o interferométricos.

10 El documento US 5 363 228 A describe un dispositivo de conmutación óptica para conmutar haces ópticos de señal polarizados de forma arbitraria. El dispositivo incluye una pluralidad de células de conmutación independientes de la polarización que están dispuestas en forma de matriz. Cada célula de conmutación independiente de la polarización se puede controlar de forma independiente para dirigir de forma selectiva los haces ópticos recibidos a lo largo de al menos uno seleccionado de dos ejes. El dispositivo se puede ampliar en tres dimensiones para aumentar el número de puertos de salida a los que se pueden conmutar de forma selectiva los haces ópticos, caso en el cual las matrices pueden compartir células de conmutación independientes de la polarización construidas en una sola pieza.

15 En el documento de Wolff y col., SPIE vol. 4435 (2001), página 173, se describe una conexión cruzada de 8 x 8 de cristal líquido sobre silicio que usa un encaminamiento por difracción en un dispositivo de LCOS.

### **Sumario**

20 Algunos aspectos de la presente invención se definen por medio de las reivindicaciones independientes. Algunas características preferidas se definen por medio de las reivindicaciones dependientes.

25 En el presente documento se describe un aparato de orientación de haces ópticos, que comprende: un divisor que está dispuesto para dividir un haz óptico en al menos una primera parte que tiene una primera polarización y una segunda parte que tiene una segunda polarización, siendo dicha primera y dicha segunda polarizaciones sustancialmente mutuamente ortogonales; una primera región de dispositivo de cristal líquido que está dispuesta para recibir dicha primera parte y para tener una orientación de elemento director sustancialmente alineada con dicha primera polarización; y una segunda región de dispositivo de cristal líquido que está dispuesta para recibir dicha segunda parte y para tener una orientación de elemento director sustancialmente alineada con dicha segunda polarización. La primera y la segunda regiones de dispositivo de cristal líquido pueden formar una sola pieza con un único elemento o dispositivo de cristal líquido sobre silicio (LCOS, *Liquid Crystal on Silicon*) o se pueden proporcionar dentro de dispositivos de LCOS independientes. Además, una o ambas de esas regiones pueden comprender cristal líquido nemático.

35 El área de dispositivo de cristal líquido del elemento / dispositivo se puede segmentar en dos, tres o más regiones que forman una sola pieza, con unas regiones próximas que tienen unas orientaciones de elemento director mutuamente ortogonales. Con más precisión, el elemento / dispositivo de un único LCOS puede comprender una pluralidad de regiones de CL que forman una sola pieza con el elemento / dispositivo, comprendiendo la pluralidad la primera y la segunda regiones de CL anteriores y al menos una región de CL adicional, cada una de las regiones dispuesta adyacente al menos a otra de las regiones, en el que las regiones de cada par de regiones adyacentes tienen unas orientaciones de elemento director mutuamente ortogonales. Por ejemplo, las regiones se pueden disponer como una fila de regiones de orientación de elemento director alternante, o como una distribución en la que las orientaciones de elemento director se alternan de una forma similar a un tablero de ajedrez. Las regiones adyacentes pueden ser directamente adyacentes.

El aparato de orientación de haces ópticos puede comprender adicionalmente al menos un circulador óptico de amplia apertura, permitiendo el circulador que la luz se transmita a dicho divisor y que se reciba a partir del divisor.

45 En el presente documento se describe un multiplexor de inserción / extracción óptica que comprende el aparato de orientación de haces ópticos que se ha descrito en lo que antecede. Por lo tanto, el aparato de orientación de haces ópticos anterior se puede implementar dentro de un multiplexor de inserción / extracción óptica (OADM, *optical add drop multiplexer*) tal como un OADM reconfigurable (ROADM, *reconfigurable OADM*) (cualquier referencia en el presente documento a un OADM abarca un ROADM). Por ejemplo, el o cada LCOS de una forma de realización de la presente invención implementado dentro de un ROADM se puede controlar de forma remota por medio de señales eléctricas. Un OADM se puede ajustar a escala para tener, por ejemplo, 40 - 80 puertos, implicando una pluralidad de implementaciones de la presente invención.

55 En el presente documento se describe un dispositivo de cristal líquido para la orientación de haces ópticos, que comprende: una primera región de cristal líquido; y una segunda región de cristal líquido, en el que dicha primera y dicha segunda regiones tienen unas orientaciones de elemento director sustancialmente mutuamente ortogonales.

Un dispositivo de este tipo puede proporcionar un elemento para implementar de forma conveniente un procesamiento de haces ópticos insensible a la polarización en una diversidad de aplicaciones tales como, por ejemplo, la orientación de haces ópticos tal como en un OADM o en un equipo de representación visual, en

particular en donde un haz se divide en unas polarizaciones mutuamente ortogonales.

La primera y la segunda regiones del dispositivo pueden formar una sola pieza con un único LCOS o se pueden proporcionar dentro de unos dispositivos de LCOS respectivos e independientes. Además, una o ambas de esas regiones pueden comprender cristal líquido nemático.

- 5 Al menos una de la primera y la segunda regiones de cristal líquido del dispositivo puede comprender una capa de material sobre un LCOS, siendo la capa para determinar la orientación de elemento director. Un material adecuado puede ser un óxido de silicio, por ejemplo,  $\text{SiO}_2$ .

10 Una pluralidad de los dispositivos que se han descrito en lo que antecede se pueden implementar en una distribución. Dicho de otra forma, una matriz o distribución de los dispositivos, teniendo cada dispositivo la primera y la segunda regiones de cristal líquido, se puede proporcionar dentro de un único aparato de orientación de haces ópticos. En el presente documento se describe un procedimiento de fabricación de un dispositivo de cristal líquido para la orientación de haces ópticos, teniendo el cristal líquido una primera región que tiene una primera orientación de elemento director y una segunda región que tiene una segunda orientación de elemento director, comprendiendo el procedimiento: una etapa de tratamiento de dicha primera región de cristal líquido de dicho dispositivo para tener dicha primera orientación de elemento director, en el que dicha primera orientación es sustancialmente mutuamente ortogonal con respecto a dicha segunda orientación de elemento director de dicha segunda región de dicho dispositivo.

15 El procedimiento puede comprender adicionalmente una segunda etapa de tratamiento de la segunda región de cristal líquido de dicho dispositivo para tener dicha segunda orientación de elemento director. Si esta segunda etapa es necesaria, o no, puede depender de si el CL original tiene, o no, una orientación de elemento director conocida.

20 Una o ambas de dicha primera y dicha segunda etapas pueden comprender al menos uno de deposición de una capa de material (por ejemplo, de un  $\text{SiO}_x$  o  $\text{SiO}_2$ , tal como se ha descrito en lo que antecede), frotamiento o fotoalineamiento. Por ejemplo, la deposición puede ir seguida de frotamiento o fotoalineamiento. Con más detalle, la deposición puede implicar evaporación, impresión o revestimiento por centrifugación, y la capa de material se puede depositar encima del revestimiento reflectante de un LCOS.

25 En el presente documento se describe un aparato de orientación de haces ópticos, que comprende: un divisor que está dispuesto para dividir un haz en al menos una primera parte que tiene una primera polarización y una segunda parte que tiene una segunda polarización, siendo dicha primera y dicha segunda polarizaciones sustancialmente mutuamente ortogonales; una primera región de dispositivo de cristal líquido que tiene una primera orientación de elemento director y una primera área superficial que está dispuesta para recibir dicha primera parte; y una segunda región de dispositivo de cristal líquido que tiene una segunda orientación de elemento director y una segunda área superficial que está dispuesta para recibir dicha segunda parte, en el que dicha primera región de dispositivo de cristal líquido está dispuesta de tal modo que la polarización de dicha primera parte cuando es incidente sobre dicha primera área superficial se encuentra a un primer ángulo en relación con dicha primera orientación de elemento director, dicha segunda región de dispositivo de cristal líquido está dispuesta de tal modo que la polarización de dicha segunda parte cuando es incidente sobre dicha segunda área superficial se encuentra a un segundo ángulo en relación con dicha segunda orientación de elemento director, y uno de dicho primer y dicho segundo ángulos es de sustancialmente + 45 grados y el otro de dichos ángulos es de sustancialmente - 45 grados.

30 Por lo tanto, por ejemplo, un haz se puede dividir en dos partes mutuamente ortogonales que son incidentes en paralelo sobre un único LCOS que tiene una única orientación de elemento director. Un plano paralelo con respecto a la orientación de elemento director y normal con respecto al plano del dispositivo puede bisecar el ángulo de sustancialmente 90 grados que es definido por las partes de haz mutuamente ortogonales cuando estas partes son incidentes sobre el LCOS. El índice de refracción eficaz que es experimentado por uno u otro de los dos haces incidentes puede depender de la orientación relativa del vector de campo eléctrico (que se determina por medio del estado de polarización) de ese haz y la indicatriz óptica del material de CL alineado dentro del dispositivo. Una proyección del elemento director sobre el plano del dispositivo de LCOS puede ser de + 45 grados con respecto a la polarización de la primera parte de haz incidente, y una proyección del elemento director sobre el plano de la parte de dispositivo de LCOS puede ser de - 45 grados con respecto a la polarización de la segunda parte de haz incidente.

35 Por lo tanto, una forma de realización se puede disponer de tal modo que uno del primer y el segundo ángulos es de sustancialmente + 45 grados y el otro de dichos ángulos es de sustancialmente - 45 grados. Además, a pesar de que es ventajoso que los ángulos sean de igual magnitud, puede que no sea necesario que esta magnitud sea de exactamente 45 grados incluso aunque un ángulo de este tipo pueda dar como resultado una pérdida de inserción mínima.

40 Las orientaciones de la primera y la segunda regiones de cristal líquido del aparato de acuerdo con el cuarto aspecto pueden comprender cristal líquido nemático. Por lo tanto, las características del CL nemático tales como conmutar fuera del plano del dispositivo de CL se pueden aprovechar para permitir un control de fase analógico y una pérdida de inserción reducida.

Además, la primera y la segunda orientaciones de elemento director de esas regiones pueden estar sustancialmente alineadas una con otra. Este es especialmente el caso si, por ejemplo, la primera y la segunda regiones de cristal líquido forman una sola pieza con un único LCOS.

5 El aparato puede comprender adicionalmente al menos un circulador óptico de amplia apertura, que está dispuesto para transmitir luz a, y recibir luz a partir de, el divisor. En concreto, esto puede ser ventajoso si el aparato se usa en un dispositivo ajustado a escala que tiene una alta densidad de componentes de orientación de haces ópticos que se corresponden con una pluralidad de (por ejemplo, 80) puertos de longitud de onda en un sistema de multiplexación por división de longitud de onda (WDM, *wavelength division multiplexing*).

10 En el presente documento se describe un procedimiento de orientación de haces ópticos, que comprende: dividir un haz en al menos una primera parte que tiene una primera polarización y una segunda parte que tiene una segunda polarización, siendo dicha primera y dicha segunda polarizaciones sustancialmente mutuamente ortogonales; transmitir dicha primera parte de tal modo que la polarización de dicha primera parte cuando es incidente sobre una primera área superficial se encuentra a un primer ángulo en relación con una primera orientación de elemento director, una primera región de dispositivo de cristal líquido que tiene dicha primera orientación de elemento director y dicha primera área superficial, transmitir dicha segunda parte de tal modo que la polarización de dicha segunda parte cuando es incidente sobre una segunda área superficial se encuentra a un segundo ángulo en relación con una segunda orientación de elemento director, una segunda región de dispositivo de cristal líquido que tiene dicha segunda orientación de elemento director y dicha segunda área superficial, en el que dicho primer y dicho segundo ángulos son sustancialmente de igual magnitud.

20 El primer y el segundo ángulos pueden ser de signo opuesto. Más en concreto, uno del primer y el segundo ángulos puede ser de sustancialmente + 45 grados mientras que el otro ángulo es de sustancialmente - 45 grados.

De acuerdo con aspectos adicionales, la presente invención proporciona unos procedimientos correspondientes a cada uno de los aparatos y dispositivos que se han descrito en lo que antecede, y unos aparatos que se realizan de acuerdo con los procedimientos descritos en lo que antecede, y unos sistemas que comprenden los aparatos o dispositivos anteriores, o que se implementan usando el procedimiento anterior.

25 En las reivindicaciones dependientes adjuntas se definen algunas formas de realización preferidas.

#### **Breve descripción de los dibujos**

Para una mejor comprensión de la invención y para mostrar cómo se puede poner en práctica la misma, a continuación se hará referencia, a modo de ejemplo, a los dibujos adjuntos, en los que:

30 la figura 1 muestra una primera forma de realización que emplea un enfoque de dos LCOS,

la figura 2 muestra una segunda forma de realización que emplea un enfoque de un único LCOS,

la figura 3 muestra una tercera forma de realización, en la que un único LCOS se divide en dos regiones con unas orientaciones de elemento director ortogonales; y

35 la figura 4 muestra una cuarta forma de realización, en la que un único LCOS tiene sustancialmente la misma orientación de elemento director por la totalidad del mismo.

#### **Descripción detallada de formas de realización preferidas**

Las formas de realización que se describen en el presente documento son adecuadas para la orientación de haces ópticos. Tal orientación puede incluir, por ejemplo, una conmutación de longitud de onda selectiva tal como en un multiplexor de inserción / extracción óptica.

40 La polarización de cualquiera de los haces de luz en cualquier implementación de cualquier forma de realización de la presente invención puede ser en cualquier punto sobre la esfera de Poincaré, por ejemplo, puede ser lineal o circular.

En cualquiera de las formas de realización que se describen en lo sucesivo, la luz de entrada se puede dividir (por ejemplo, usando un divisor de haces de polarización (PBS, *Polarisation Beam Splitter*)) en dos componentes mutuamente ortogonales que entonces toman unas trayectorias separadas en el espacio hasta que se ha realizado la conmutación en las componentes. Dicho de otra forma, puede que las componentes no se recombinen antes de la conmutación. Debido a que, en general, sin que importe cuál es el estado de polarización de entrada, este se puede representar siempre por medio de dos estados de polarización lineal mutuamente ortogonales, separar la luz incidente en dos componentes de esta forma puede, por lo tanto, no implicar pérdida teórica alguna. Si cambia la polarización del haz entrante, este puede simplemente acoplar la luz en una proporción diferente entre los dos haces incidentes, es decir, la pérdida de un haz es la ganancia del otro haz. Si ambos haces ven la misma modulación de fase (modulación de fase que puede encaminar los haces hacia el puerto de salida), entonces el dispositivo puede ser insensible a la polarización. Por lo tanto, cualquiera de las formas de realización que se describen en el presente documento puede proporcionar un procedimiento de modulación de fase insensible a la polarización.

En algunas formas de realización de la presente invención, la insensibilidad a la polarización se puede mejorar por medio de lo siguiente:

5 (a) rotar el elemento director (en lugar de la dirección de polarización) dentro de dos regiones diferentes del mismo dispositivo o entre dos dispositivos de tal modo que ambos haces de luz ven el mismo perfil de índice de refracción. Por lo tanto, el LCOS se puede dividir en dos regiones con unas orientaciones de elemento director sustancialmente ortogonales. Esto se puede lograr mediante la deposición de una capa de material tal como SiOx (por ejemplo, SiO<sub>2</sub>) y la deposición puede ir seguida de frotamiento o mediante técnicas de fotoalineamiento, por ejemplo. La deposición puede implicar evaporación, impresión o revestimiento por centrifugación. La capa de material se puede depositar encima del revestimiento reflectante del LCOS.

10 (b) las dos componentes están orientadas de tal modo que sus estados de polarización forman el mismo ángulo no nulo (por ejemplo, de sustancialmente 45 grados; los ángulos pueden ser de signo opuesto) con respecto al elemento director. Por ejemplo, se proporciona un LCOS que se divide en dos regiones pero que tiene la misma orientación de elemento director por la totalidad del mismo. Las dos regiones se pueden proporcionar dentro de un LCOS o unos LCOS respectivos e independientes. La orientación de los dos estados de polarización de entrada se puede fijar de tal modo que los mismos chocan con cada uno de los lados del elemento director a un ángulo de sustancialmente 45 grados.

Un enfoque de un único LCOS puede reducir los costes en un dispositivo ajustado a escala, por ejemplo, un OADM que tiene, por ejemplo, 40 - 80 puertos.

20 La diafonía, la pérdida y los órdenes no deseados se pueden reducir si se encuentran disponibles más niveles de fase. No obstante, esto es difícil de lograr usando unos materiales de CL que conmutan en el plano del dispositivo. Son posibles niveles de fase adicionales si el elemento director bascula al interior del dispositivo. En este caso, puede que no se garantice una modulación de fase insensible a la polarización y puede ser necesario que se tomen medidas para asegurar un funcionamiento insensible a la polarización. Una idea podría ser introducir una placa de un cuarto de onda. De forma particularmente ventajosa, la presente invención de acuerdo con cualquiera de las formas de realización que se describen en el presente documento usa un cristal líquido nemático.

25 Los materiales de cristal líquido (CL) nemático pueden conmutar fuera del plano del dispositivo de CL. Por lo tanto, cuando el elemento director de tal CL nemático no está alineado con la polarización de un haz, el haz ve el índice de refracción ordinario del CL ( $n_{\perp}$ ). Además, un campo eléctrico que se aplica a un CL nemático puede bascular el elemento director fuera del plano del dispositivo de una forma análoga, de tal modo que son posibles unos niveles de fase análogos. Esto puede, por ejemplo, permitir que se escriba un perfil de fase glaseado en el dispositivo. Un perfil de fase de este tipo se puede usar para orientar el haz de salida hacia un puerto de salida sin generar puntos de segundo orden y de orden superior.

30 No obstante, debido a que los CL nemáticos son, en general, ópticamente anisotrópicos (habitualmente uniaxiales), el índice de refracción que es experimentado por el vector de campo eléctrico de un rayo de luz entrante puede depender de la orientación de vector de campo eléctrico con respecto al eje óptico. En un caso de este tipo, el dispositivo de CL no es insensible a la polarización. Por lo tanto, puede ser ventajoso emplear procedimientos para asegurar la insensibilidad a la polarización. Los estados de polarización de los haces entrantes se pueden controlar de tal modo que ambos ven el mismo índice de refracción (preferentemente,  $n_{11}$  para asegurar la mayor profundidad de fase) ('11' indica paralelo con respecto a un elemento director).

35 Una primera forma de realización de la presente invención usa un enfoque de dos LCOS, por ejemplo, rotando el elemento director entre dos dispositivos, teniendo cada dispositivo una región de LCOS, de tal modo que ambos haces de luz ven el mismo perfil de índice de refracción que en (a) en lo que antecede. Una forma de realización de este tipo se muestra en la figura 1.

40 La rotación del elemento director en una cualquiera o ambas regiones de CL de la primera forma de realización (o cualquier otra forma de realización de la presente invención) se puede lograr mediante deposición (por ejemplo, evaporación), que puede ir seguida de alineamiento mediante frotamiento y / o fotoalineamiento. Cualquiera de estas técnicas puede hacer la fabricación más sencilla. En particular, la deposición puede implicar evaporación, impresión o revestimiento por centrifugación.

45 Tal como se muestra adicionalmente en la figura 1, la división de longitud de onda se puede realizar antes de la conmutación. La luz de entrada se puede separar en dos haces con unos estados de polarización ortogonales. Cada haz se dirige hacia su propio dispositivo de LCOS. Los dispositivos de LCOS tienen unas direcciones de alineamiento sustancialmente mutuamente ortogonales. Los estados de orientación de polarización de la luz y la dirección de alineamiento dentro del LCOS se seleccionan para encontrarse sustancialmente en paralelo en cada LCOS de tal modo que ambos haces 'ven' sustancialmente la profundidad completa del patrón de modulación de fase que se visualiza. Si ambas polarizaciones 'ven' sustancialmente el mismo perfil de fase, el dispositivo puede ser insensible a la polarización.

50 Si el haz de entrada no se dividiera en dos haces de estados de polarización ortogonales, puede que sea necesario el uso de una placa de un cuarto de onda en una sola pieza (en general, un cristal birrefringente) dentro de un

dispositivo para rotar el estado de polarización del haz de entrada en la reflexión. Puede que esto se requiera para asegurar que todos los estados de polarización se encuentran con el mismo perfil de índice de refracción neto y, por lo tanto, el retardo de fase al pasar a través del dispositivo. Una placa de este tipo puede introducir limitaciones en la resolución o en el tiempo de respuesta del dispositivo. Por lo tanto, la primera forma de realización puede aumentar el campo eléctrico disponible que se puede aplicar a la capa de CL, al no emplear una placa de un cuarto de onda para asegurar la insensibilidad a la polarización. Una placa de este tipo puede introducir adicionalmente limitaciones en la resolución o en el tiempo de respuesta del dispositivo.

En particular, la inserción de una placa de un cuarto de onda dentro de una estructura de LCOS (por ejemplo, que comprende un píxel de CMOS de silicio, CL y vidrio) puede requerir que la placa se proporcione directamente por encima del píxel. Esto puede tener efectos secundarios tales como una caída de tensión de lado a lado de la placa que reduce la tensión en el CL y / o una dispersión del campo.

Una forma de realización tal como la de la figura 1 puede usar adicionalmente un circulador óptico de amplia apertura. Un circulador de amplia apertura puede ser ventajoso en donde se han de dividir las longitudes de onda a partir de una pluralidad de canales, debido a que este puede posibilitar que se eviten las pérdidas en cualquier PBS de una forma de realización de la presente invención.

Un circulador adecuado puede ser tal como se describe en el documento "*Large-aperture wide field of view optical circulators*", M. Roth y col., IEEE PTL 17 (10) (2005) págs. 2128 - 30. De acuerdo con el resumen de ese documento, se describe un circulador óptico de espacio libre para una separación de haz direccional de gran apertura a 1,55  $\mu\text{m}$ . Los dispositivos utilizan un rotador de Faraday sin imanes y una placa de onda de verdadero orden cero de polímero para posibilitar una apertura despejada de 11 mm, un manejo de alta potencia hasta 100 W /  $\text{cm}^2$ , y un campo de visión de  $\pm 10^\circ$ . Para una descripción más completa de un circulador de amplia apertura que se puede usar en una forma de realización de la presente invención, se remite a lector del presente documento a la totalidad del documento anterior.

La forma de realización anterior se puede implementar igualmente usando un único LCOS que se trata para tener las dos regiones de CL. De forma similar, en algunas formas de realización adicionales de la presente invención, tal como se muestra en las figuras 2 - 4, se puede usar un enfoque de un único o de múltiples LCOS.

Por ejemplo, una segunda forma de realización tal como se muestra en la figura 2 emplea un enfoque de un único LCOS. En este caso, el LCOS se puede dividir en dos regiones con unas orientaciones de elemento director ortogonales, o el LCOS puede tener la misma orientación por la totalidad del mismo pero las orientaciones de los dos estados de polarización incidente están rotadas, por ejemplo, de tal modo que cada uno choca con cada uno de los lados del elemento director al mismo ángulo no nulo (por ejemplo, 45 grados).

Las figuras 1 y 2 ilustran dos formas posibles de implementación de un sistema de orientación de haces insensible a la polarización que usa unos dispositivos de cristal líquido con unos elementos directores de CL alineados de forma ortogonal (o bien como dos dispositivos de LCOS, o bien como un único dispositivo de LCOS con dos áreas separadas que tienen unos elementos directores de CL alineados de forma ortogonal). La idea de usar unos elementos directores de CL alineados de forma ortogonal es aplicable, en general, a cualquier dispositivo de cristal líquido que use una modulación de fase, tal como retículas glaseadas, tal como se menciona más adelante en la presente memoria descriptiva con referencia a un perfil de fase glaseado. El / cada dispositivo de cristal líquido puede comprender una pluralidad de píxeles y / o puede ser un dispositivo de cristal líquido de modulación de fase tal como un holograma o una retícula, por ejemplo, una retícula glaseada.

En una tercera forma de realización tal como se muestra en la figura 3, las polarizaciones ortogonales se dirigen hacia una región diferente, por ejemplo, la mitad, de un único dispositivo de LCOS. El dispositivo se puede haber tratado para tener un alineamiento sustancialmente mutuamente ortogonal para los elementos directores de CL de las regiones.

Por ejemplo, la fase de la luz de entrada puede ser modificada por la forma de realización de la figura 3 de la siguiente forma:

- (1) El puerto de fibra de entrada dirige la luz a través de una óptica de formación de imagen de tal modo que la misma forma un frente de fase plano.
- (2) Este frente de fase pasa a través de un divisor de haces de polarización de tal modo que el mismo se divide en dos haces de estados de polarización mutuamente ortogonales.
- (3) Los haces se dirigen sobre unas regiones diferentes de un dispositivo de LCOS. El dispositivo de LCOS contiene un material de CL nemático alineado de forma homogénea.
- (4) El dispositivo de LCOS se divide en dos regiones de igual dimensión. El tratamiento de alineamiento que se introduce en estas dos regiones actúa para asegurar que los elementos directores de CL son mutuamente ortogonales es decir, el elemento director en la región 1 es ortogonal con respecto al elemento director en la región 2. Esto se puede lograr usando  $\text{SiO}_x$  (por ejemplo,  $\text{SiO}_2$ ) evaporado con un enmascaramiento adecuado, por ejemplo.
- (5) Los estados de polarización de los dos haces incidentes sobre el LCOS son mutuamente ortogonales y se

dirigen hacia la mitad apropiada del dispositivo de LCOS de tal modo que cada uno puede 'ver' el mismo perfil de fase (véase la figura 2). De esta forma, ambos haces pueden ver la profundidad de modulación de fase potencial completa del elemento director de CL rotatorio bajo la acción de un campo eléctrico de direccionamiento.

(6) Si ambas polarizaciones 'ven' el mismo perfil de fase, entonces el dispositivo puede ser insensible a la polarización.

(7) El perfil de fase de LCOS adopta la forma de una retícula de difracción en su forma más simple o una distribución holográfica en su forma más compleja. Este perfil de fase se usa para orientar la luz hacia un puerto de salida seleccionado, o para dividir la luz entre más de un puerto de salida.

(8) El dispositivo de LCOS usa el perfil de fase para desviar la luz hacia un puerto de salida adecuado.

(9) Para el momento en el que los haces alcanzan el puerto de salida, los dos estados de polarización se han recombinado.

En una cuarta forma de realización tal como se muestra en la figura 4, la luz se puede dividir en dos estados de polarización sustancialmente mutuamente ortogonales (P1, P2) y estos estados se pueden alinear de tal modo que los mismos chocan con el material a un ángulo de sustancialmente 45 grados, por ejemplo, tal como se describe en (b) en lo que antecede. Si los estados de polarización de las dos componentes se encuentran al mismo ángulo con respecto al elemento director de cristal líquido (aunque de signo opuesto), cada vector de campo eléctrico puede experimentar la misma profundidad de modulación de fase potencial. En concreto, para ambos de los dos estados de polarización incidente mutuamente ortogonales, esta técnica puede permitir que solo la componente del vector de campo eléctrico paralela con respecto a la proyección del elemento director sobre el plano de incidencia vea realmente el perfil de fase. Una forma de realización de este tipo puede tener una penalización por pérdida fija, por ejemplo, de 3 dB.

Por lo tanto, en la cuarta forma de realización, los estados de polarización de los dos haces son, de forma ventajosa, mutuamente ortogonales y se encuentran a un ángulo de sustancialmente 45 grados con respecto al elemento director de cristal líquido, teniendo los ángulos signos opuestos entre sí. Una forma de realización de este tipo puede permitir que el dispositivo sea insensible a la polarización.

En la cuarta forma de realización, el divisor puede dividir un haz en al menos una primera parte que tiene una primera polarización y una segunda parte que tiene una segunda polarización, siendo la primera y la segunda polarizaciones mutuamente ortogonales. Una primera región de dispositivo de cristal líquido que tiene una primera orientación de elemento director puede recibir la primera parte y, de forma similar, una segunda región de dispositivo de cristal líquido que tiene una segunda orientación de elemento director puede recibir la segunda parte. En particular, la primera y la segunda orientaciones de elemento director pueden estar sustancialmente alineadas. Además, la primera polarización se puede encontrar a un primer ángulo con respecto a un plano sustancialmente alineado con dichas orientaciones de elemento director, y la segunda polarización a un segundo ángulo con respecto a ese plano. En un caso de este tipo, el primer y el segundo ángulos pueden ser sustancialmente iguales y tener signos opuestos, por ejemplo, siendo uno de los ángulos de sustancialmente +45 grados y el otro de sustancialmente -45 grados.

Por lo tanto, un plano sustancialmente alineado con dicha primera y dicha segunda orientaciones de elemento director puede bisecar el ángulo comprendido que es definido por la primera y la segunda partes de haz, para prolongar el mismo ángulo con respecto a cada una de estas partes, aunque de signo opuesto.

En particular, la fase de la luz de entrada puede ser modificada por la cuarta forma de realización tal como se muestra en la figura 4 de la siguiente forma:

(1) El puerto de fibra de entrada dirige la luz a través de una óptica de formación de imagen de tal modo que la misma forma un frente de fase plano.

(2) Este frente de fase pasa a través de un divisor de haces de polarización de tal modo que el mismo se divide en dos haces de estados de polarización mutuamente ortogonales.

(3) Los haces se dirigen sobre unas regiones diferentes de un dispositivo de LCOS. El dispositivo de LCOS contiene un material de CL nemático alineado de forma homogénea con una única orientación de elemento director por la totalidad del mismo. El dispositivo de LCOS se divide en dos regiones de igual dimensión.

(4) La orientación del elemento director de cristal líquido dentro del dispositivo de LCOS y la orientación de los dos estados de polarización ortogonales que surgen del divisor de haces de polarización son fijas la una con respecto a la otra de tal modo que los vectores de campo eléctrico de ambos estados de polarización forman el mismo ángulo con respecto al eje óptico, es decir, 45 grados.

(5) De esta forma, ambos haces ven el mismo índice de refracción eficaz y la misma profundidad de modulación de fase del elemento director de CL rotatorio bajo la acción de un campo eléctrico de direccionamiento.

(6) Debido a que ambas polarizaciones 'ven' el mismo perfil de fase, el dispositivo será insensible a la polarización (no obstante, esta técnica conlleva una penalización por pérdida de 3 dB fija, véase en lo sucesivo).

(7) El perfil de fase de LCOS adopta la forma de una retícula de difracción en su forma más simple o una distribución holográfica en su forma más compleja. Este perfil de fase se usa para orientar la luz hacia un puerto de salida seleccionado, o para dividir la luz entre más de un puerto de salida.

(8) Para el momento en el que los haces alcanzan el puerto de salida, los dos estados de polarización se han recombinado.

5 Tal como se ha descrito en lo que antecede en relación con la primera forma de realización, puede que, de forma similar, la segunda a la cuarta formas de realización no necesiten una placa de un cuarto de onda para asegurar la insensibilidad a la polarización y, por lo tanto, la velocidad y la resolución del dispositivo nemático pueden seguir siendo óptimas. Cuando se usa solo un LCOS, se pueden reducir los costes en comparación con un enfoque de dos LCOS. Además, la pérdida óptica puede ser baja.

También de forma similar, en la segunda a la cuarta formas de realización se puede usar alineamiento mediante frotamiento, deposición y / o fotoalineamiento para hacer la fabricación más sencilla.

10 Cualquier penalización por pérdida restante de cualquier forma de realización de la presente invención se puede compensar mediante el uso de un dispositivo de amplificación. Como alternativa, cualquier pérdida de luz se puede usar para extraer longitudes de onda, supervisar las señales y para otros fines.

15 Para mejorar adicionalmente el cumplimiento de la polarización en cualquiera de las formas de realización que se describen en el presente documento, se pueden insertar uno o más elementos adicionales en la trayectoria de uno o ambos de los haces divididos, teniendo los elementos una forma apropiada (por ejemplo, rectangular) para asegurar que las longitudes de trayectoria se hacen coincidir de forma óptica. Un elemento de este tipo puede ser, por ejemplo, un prisma de vidrio.

Además, en cualquiera de las formas de realización que se han descrito en lo que antecede, puede que no haya separación física alguna entre el divisor de haces (por ejemplo, PBS) y el elemento o elementos de LCOS.

20 Cualquiera de las formas de realización que se han descrito en lo que antecede se puede implementar dentro de un multiplexor de inserción / extracción óptica (OADM, *optical add drop multiplexer*), tal como un OADM reconfigurable (ROADM, *reconfigurable OADM*). Cualquier OADM de este tipo se puede ajustar a escala para implementar una forma de realización de la presente invención con respecto a una pluralidad de puertos de entrada y de salida, por ejemplo, 40, 60 u 80.

25 Sin duda alguna, al experto en la materia se le ocurrirán muchas otras alternativas eficaces. Se entenderá que la invención no se limita a las formas de realización que se describen y abarca modificaciones evidentes a los expertos en la materia que se encuentren dentro del ámbito de las reivindicaciones que se adjuntan a la misma.

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato de orientación de haces ópticos, que comprende:

un divisor (PBS) que está dispuesto para dividir un haz óptico en al menos una primera parte que tiene una primera polarización (P1) y una segunda parte que tiene una segunda polarización (P2), siendo dicha primera y dicha segunda polarizaciones mutuamente ortogonales;

una primera región de dispositivo de cristal líquido (LCOS) dispuesta para recibir dicha primera parte y para tener una orientación de elemento director alineada con dicha primera polarización (P1), en el que dicha primera región de dispositivo de cristal líquido (LCOS) comprende un primer perfil de fase sintonizable; y

una segunda región de dispositivo de cristal líquido (LCOS) dispuesta para recibir dicha segunda parte y para tener una orientación de elemento director alineada con dicha segunda polarización (P2), en el que dicha segunda región de dispositivo de cristal líquido (LCOS) comprende un segundo perfil de fase sintonizable, en el que dicha primera y dicha segunda regiones de cristal líquido comprenden, cada una, cristal líquido nemático, y en el que dicho aparato está dispuesto para permitir un control independiente de la polarización de los ángulos de reflexión de luz de primer orden a partir de dicha primera y dicha segunda regiones por medio del control de dicho primer y dicho segundo perfiles de fase sintonizables mediante la aplicación de un campo eléctrico a dicho primer y dicho segundo perfiles de fase sintonizables para rotar dichos elementos directores de dicha primera y dicha segunda regiones fuera del plano de dicha primera y dicha segunda regiones de dispositivo mediante la conmutación de dicho cristal líquido nemático de cada una de dicha primera y dicha segunda regiones, en el que dicho primer perfil de fase sintonizable tal como es visto por dicha primera polarización (P1) de dicha primera parte es el mismo que dicho segundo perfil de fase sintonizable tal como es visto por dicha segunda polarización (P2) de dicha segunda parte, en el que dicha primera y dicha segunda partes, cuando se combinan, están orientadas hacia al menos un puerto de salida seleccionado en correspondencia con dichos ángulos de reflexión de luz de primer orden.

2. Aparato de orientación de haces ópticos de la reivindicación 1, en el que dicha primera y dicha segunda regiones de dispositivo de cristal líquido forman una sola pieza con un único elemento de cristal líquido sobre silicio.

3. Aparato de orientación de haces ópticos de la reivindicación 1 o 2, que comprende adicionalmente al menos un circulador óptico de amplia apertura, estando dispuesto dicho circulador para transmitir luz a dicho divisor y para recibir luz a partir de dicho divisor.

4. Un multiplexor de inserción / extracción óptica que comprende el aparato de orientación de haces ópticos de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

5. Aparato de orientación de haces ópticos, que comprende:

un divisor (PBS) dispuesto para dividir un haz en al menos una primera parte que tiene una primera polarización (P1) y una segunda parte que tiene una segunda polarización (P2), siendo dicha primera y dicha segunda polarizaciones mutuamente ortogonales;

una primera región de dispositivo de cristal líquido (LCOS) que tiene una primera orientación de elemento director y una primera área superficial que está dispuesta para recibir dicha primera parte, en el que dicha primera región de dispositivo de cristal líquido comprende un primer perfil de fase sintonizable; y

una segunda región de dispositivo de cristal líquido (LCOS) que tiene una segunda orientación de elemento director y una segunda área superficial que está dispuesta para recibir dicha segunda parte, en el que dicha segunda región de dispositivo de cristal líquido comprende un segundo perfil de fase sintonizable; y en el que dicha primera región de dispositivo de cristal líquido está dispuesta de tal modo que dicha primera polarización (P1) de dicha primera parte cuando es incidente sobre dicha primera área superficial se encuentra a un primer ángulo en relación con dicha primera orientación de elemento director,

dicha segunda región de dispositivo de cristal líquido está dispuesta de tal modo que dicha segunda polarización (P2) de dicha segunda parte cuando es incidente sobre dicha segunda área superficial se encuentra a un segundo ángulo en relación con dicha segunda orientación de elemento director, y

uno de dicho primer y dicho segundo ángulos es de + 45 grados y el otro de dichos ángulos es de - 45 grados, en el que dicha primera y dicha segunda regiones de cristal líquido (LCOS) comprenden, cada una, cristal líquido nemático, y

en el que dicho aparato está dispuesto para permitir un control independiente de la polarización de reflexión de luz a partir de dicha primera y dicha segunda regiones por medio de reflexión de luz de primer orden a partir de dicha primera y dicha segunda regiones por medio del control de dicho primer y dicho segundo perfiles de fase sintonizables mediante la aplicación de un campo eléctrico a dicho primer y dicho segundo perfiles de fase sintonizables para rotar dichos elementos directores de dicha primera y dicha segunda regiones fuera del plano de dicha primera y dicha segunda regiones de dispositivo mediante la conmutación de dicho cristal líquido nemático de cada una de dicha primera y dicha segunda regiones, en el que dicho primer perfil de fase sintonizable tal como es visto por dicha primera polarización (P1) de dicha primera parte es el mismo que dicho segundo perfil de fase sintonizable tal como es visto por dicha segunda polarización (P2) de dicha segunda parte, en el que dicha primera y dicha segunda partes, cuando se combinan, están orientadas hacia al menos un puerto de salida seleccionado en correspondencia con dichos ángulos de reflexión de luz de primer orden.

6. Aparato de la reivindicación 5, en el que dicha primera y dicha segunda orientaciones de elemento director están alineadas una con otra.
7. Aparato de orientación de haces ópticos de la reivindicación 5 o 6, en el que dicha primera y dicha segunda regiones de dispositivo de cristal líquido forman una sola pieza con un único elemento de cristal líquido sobre silicio.
- 5 8. Aparato de orientación de haces ópticos de una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, que comprende adicionalmente al menos un circulador óptico de amplia apertura, estando dispuesto dicho circulador para transmitir luz a dicho divisor y para recibir luz a partir de dicho divisor.
9. Procedimiento de orientación de haces ópticos, que comprende:
- 10 dividir un haz en al menos una primera parte que tiene una primera polarización (P1) y una segunda parte que tiene una segunda polarización (P2), siendo dicha primera y dicha segunda polarizaciones mutuamente ortogonales;
- 15 transmitir dicha primera parte de tal modo que dicha primera polarización (P1) de dicha primera parte cuando es incidente sobre una primera área superficial se encuentra a un primer ángulo en relación con una primera orientación de elemento director, una primera región de dispositivo de cristal líquido (LCOS) que tiene dicha primera orientación de elemento director y dicha primera área superficial, en el que dicha primera región de dispositivo de cristal líquido comprende un primer perfil de fase sintonizable,
- 20 transmitir dicha segunda parte de tal modo que dicha segunda polarización (P2) de dicha segunda parte cuando es incidente sobre una segunda área superficial se encuentra a un segundo ángulo en relación con una segunda orientación de elemento director, una segunda región de dispositivo de cristal líquido (LCOS) que tiene dicha segunda orientación de elemento director y dicha segunda área superficial, en el que dicha segunda región de dispositivo de cristal líquido comprende un segundo perfil de fase sintonizable, y en el que
- 25 o bien dicho primer y dicho segundo ángulos son de cero grados o bien uno de dicho primer y dicho segundo ángulos es de + 45 grados y el otro de dichos ángulos es de - 45 grados, en el que dicha primera y dicha segunda regiones de cristal líquido (LCOS) comprenden, cada una, cristal líquido nemático,
- 30 comprendiendo dicho procedimiento controlar los ángulos de reflexión de luz de primer orden a partir de dicha primera y dicha segunda regiones de una forma independiente de la polarización por medio del control de dicho primer y dicho segundo perfiles de fase sintonizables mediante la aplicación de un campo eléctrico a dicho primer y dicho segundo perfiles de fase sintonizables para rotar dichos elementos directores de dicha primera y dicha segunda regiones fuera del plano de dicha primera y dicha segunda regiones de dispositivo mediante la conmutación de dicho cristal líquido nemático de cada una de dicha primera y dicha segunda regiones, en el que dicho primer perfil de fase sintonizable tal como es visto por dicha primera polarización de dicha primera parte es el mismo que dicho segundo perfil de fase sintonizable tal como es visto por dicha segunda polarización de dicha segunda parte,
- 35 comprendiendo adicionalmente el procedimiento combinar y orientar la luz reflejada controlada hacia al menos un puerto de salida seleccionado en correspondencia con dichos ángulos de reflexión de luz de primer orden.
10. Procedimiento de la reivindicación 9, en el que dicho primer y dicho segundo ángulos son de signo opuesto.
11. Procedimiento de la reivindicación 10, en el que uno de dicho primer y dicho segundo ángulos es de + 45 grados y el otro de dichos ángulos es de - 45 grados.

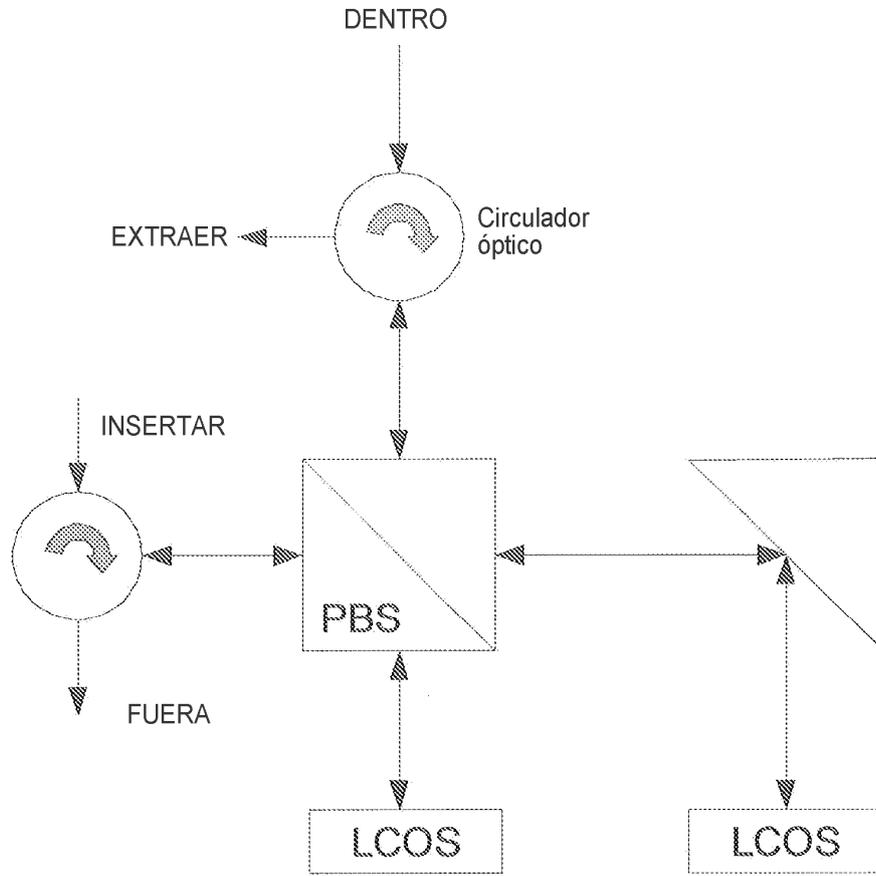


Fig. 1

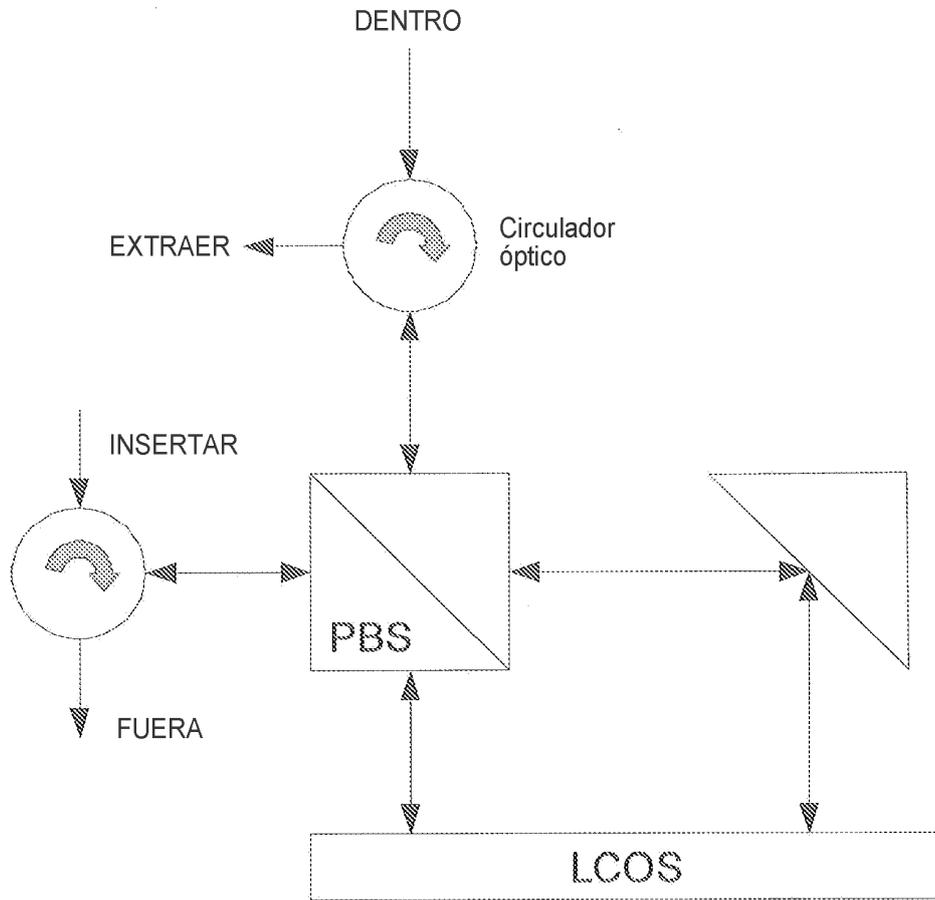


Fig. 2

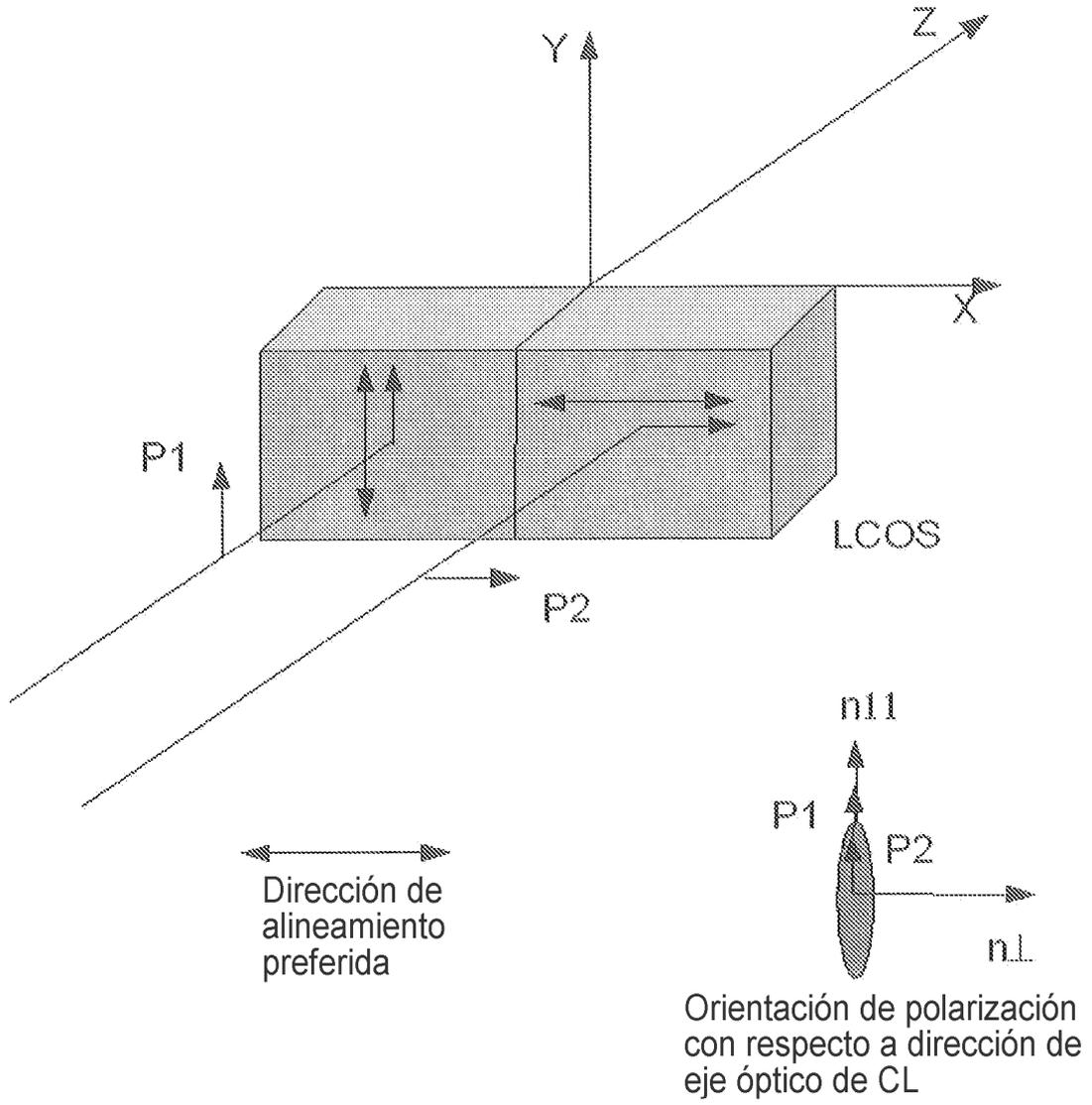


Fig. 3

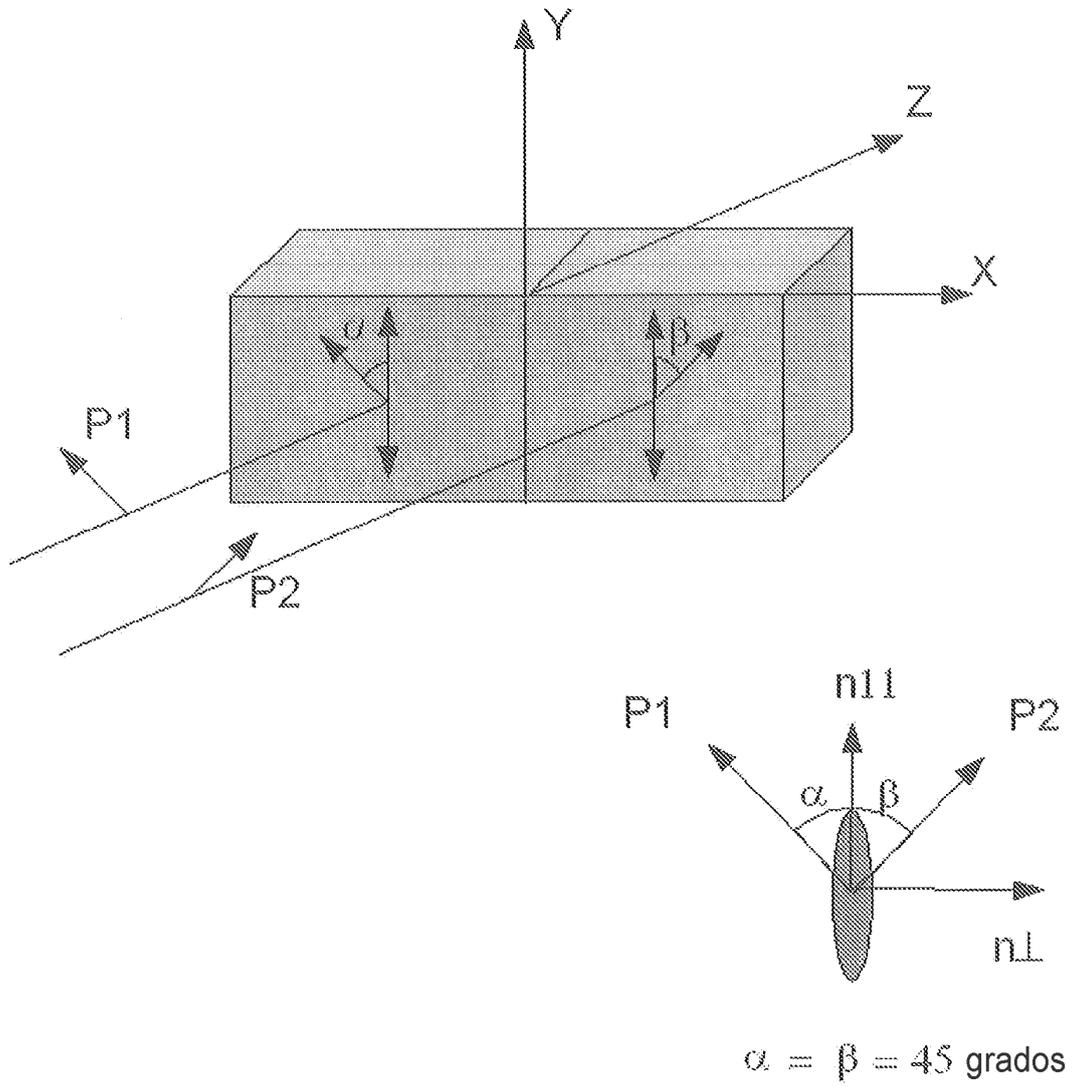


Fig. 4