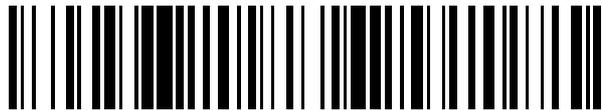


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 604 684**

21 Número de solicitud: 201531282

51 Int. Cl.:

G02F 1/13 (2006.01)

G01M 11/02 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

08.09.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

08.03.2017

Fecha de concesión:

02.01.2018

45 Fecha de publicación de la concesión:

09.01.2018

73 Titular/es:

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ (100.0%)
Avda. de la Universidad, s/n
03202 Elche (Alicante) ES

72 Inventor/es:

MORENO SORIANO, Ignacio y
MARTÍNEZ FUENTES, José Luis

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **Procedimiento de calibración de moduladores espaciales de luz**

57 Resumen:

Procedimiento de calibración de moduladores espaciales de luz.

Se describe un procedimiento de calibración de moduladores espaciales de luz. En concreto, la presente invención se refiere a un procedimiento para la caracterización de un modulador espacial de luz, del tipo TN-LCOS comúnmente utilizado, por ejemplo, en sistemas de proyección de imágenes, que tiene la capacidad de predecir completamente sus propiedades de modulación tales como la modulación óptica compleja (de irradiancia, amplitud y fase) o la modulación del estado de polarización de la luz. Para ello se hace uso de modelos ópticos microscópicos basados en el tratamiento matemático de matrices de Jones, el cristal líquido se modela como capas de material desfásador (o retardador) óptico microscópicas, cuyas propiedades de retardo sobre la luz dependen del voltaje aplicado.

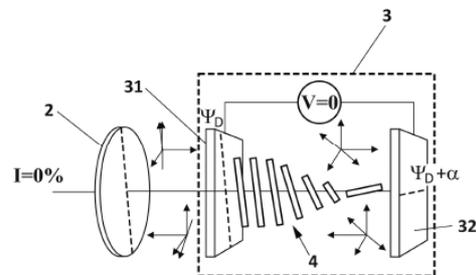


FIG. 1

ES 2 604 684 B2

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE MODULADORES ESPACIALES DE LUZ

DESCRIPCIÓN

5 **OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere un método de calibración de moduladores espaciales de luz. En concreto, la presente invención se refiere a un procedimiento para la caracterización de un modulador espacial de luz, del tipo TN-LCOS (del inglés *Twisted Nematic Liquid Crystal on Silicon*) comúnmente utilizado, por ejemplo, en sistemas de proyección de imágenes, que tiene la capacidad de predecir completamente sus propiedades de modulación tales como la modulación óptica compleja (de intensidad, amplitud y fase) o la modulación del estado de polarización de la luz.

15 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Los moduladores espaciales de luz o SLM (del inglés, *Spatial Light Modulators*) son dispositivos opto-electrónicos comúnmente utilizados en sistemas de proyección de imágenes, donde actúan como moduladores de la intensidad o brillo de la luz que se puede controlar espacialmente cambiando el voltaje de cada una de las celdas o píxeles del dispositivo. Asimismo, en otros sistemas, especialmente en investigación y nuevos desarrollos tecnológicos, estos dispositivos también son utilizados para modificar otros parámetros de la luz como son su estado de polarización, o su fase.

25 Es habitual el uso de tecnología SLM, por ejemplo, en sistemas de video-proyección y pantallas, tal como en pantallas de cristal líquido o LCD (del inglés, *Liquid Crystal Display*). De dichas pantallas, son conocidos los subtipos TN-LCD (del inglés, *Twisted Nematic-LCD*), PAL-LCD (del inglés, *Parallel Aligned-LCD*), o FLC (del inglés, *Ferroelectric-LCD*).

30

En independencia del tipo de pantalla utilizada, resulta de gran importancia de cara a emplear estos dispositivos de forma eficiente desarrollar un modelo físico preciso que permita evaluar y predecir las propiedades de modulación óptica, así como el desarrollo de técnicas de caracterización de la respuesta óptica mediante un procedimiento de

calibración. Esta calibración es necesaria ya que las propiedades de modulación óptica dependen decisivamente de la orientación de los elementos de polarización (filtros polarizadores y/o láminas desfasadoras) que se sitúan siempre a la entrada y salida de la pantalla.

5

Además, existe una problemática adicional en ciertos dispositivos SLM derivada de la simplificación de la circuitería electrónica para la generación de las señales eléctricas de control de los píxeles. Esta problemática ha sido registrada, por ejemplo, en dispositivos de tipo LCOS (del inglés, *Liquid Crystal On Silicon*). Éstos, representan una tecnología LCD que permite reducir el tamaño de los píxeles respecto a otros tipos de pantalla y, por tanto, producir pantallas de alta resolución. En éste tipo de pantallas, los distintos niveles de voltaje se consiguen, preferentemente, mediante una modulación por anchura de pulsos o modulación PWM (del inglés, *Pulse Width Modulation*). Esta técnica es muy adecuada cuando el detector final es el ojo humano, que tiene un tiempo de respuesta muy lento, tal como sucede en los sistemas de proyección de imágenes. Sin embargo, estos niveles de voltaje no son estables en el tiempo y sus fluctuaciones tienen un impacto decisivo en las características de la modulación óptica en las aplicaciones que emplean la modulación de fase o del estado de polarización, típicamente para el control de haces láser. Además, estas fluctuaciones temporales dificultan altamente la calibración y la optimización de la respuesta óptica, por lo que se hace necesario medir señales en el tiempo y aplicar los procedimientos de optimización para cada muestra temporal de la caracterización.

10

15

20

Son conocidos diversos métodos y procedimientos de caracterización para distintas tecnologías de moduladores de cristal líquido. En concreto, en el documento US2005/0225859 se da a conocer un procedimiento de caracterización centrado en la tecnología de moduladores DMD (del inglés, *Digital Micro-Mirror Display*). La tecnología DMD (también denominada DLP) consiste en matrices de píxeles formados por micro-espejos cuya inclinación es regulable mediante voltaje. El objetivo de este procedimiento es formar una imagen interferencial de los píxeles del dispositivo sobre una cámara CCD (del inglés *Charge-Coupled Device*) mediante la cual es posible deducir la inclinación de los micro-espejos en función del voltaje aplicado a los mismos. Para formar dicha imagen interferencial se apela a la utilización de diversos sistemas que permitan aplicar una técnica denominada interferometría de desplazamiento (o, *Shearing Interferometry*). Por

25

30

ejemplo, al anteponer una red de difracción adecuada previa a la cámara CCD es posible formar la interferencia de dos o más versiones desplazadas de la imagen original que existiría en caso de omitir la red. Esta interferencia permite evaluar las propiedades de diferencia de camino óptico (que se pueden traducir en un desfase, o una inclinación) del objeto observado. Al medir imágenes de la superficie del modulador, el procedimiento de esta patente presenta la ventaja de poder calibrar además las aberraciones del dispositivo (diferencias de inclinación de los micro-espejos en toda la superficie del dispositivo para un mismo voltaje). Sin embargo, esta técnica no se puede aplicar directamente a los dispositivos LCD. Asimismo, tampoco se contempla el tratamiento específico a seguir en caso de posibles fluctuaciones temporales de la respuesta del dispositivo.

Por otra parte, el documento US7580559 da a conocer una variación de la técnica anterior para calibrar moduladores DMD en la que las técnicas de interferometría se reemplazan por el uso de una pupila “apodizada” (objeto semi-bloqueante) en el camino del sistema de formación de imágenes. Esta pupila permite obtener imágenes en el plano de la CCD que son altamente sensibles a la inclinación de los micro-espejos del DMD. Mediante un procesamiento de estas imágenes es posible deducir la misma información que en el caso anterior, con las mismas ventajas e inconvenientes descritos. Nuevamente, no es una técnica aplicable a los SLM de tipo LCD, y tampoco puede aplicarse en dispositivos con fluctuaciones temporales.

Finalmente, en los artículos, A. Lizana, I. Moreno, C. Lemmi, A. Márquez, J. Campos, M. J. Yzuel, “Time-resolved Mueller matrix analysis of a liquid crystal on silicon display”, Appl. Opt. 47, 4267-4274 (2008) y A. Lizana, I. Moreno, A. Márquez, C. Lemmi, E. Fernández, J. Campos, M. J. Yzuel, “Time fluctuations of the phase modulation in a liquid crystal on silicon display: characterization and effects in diffractive optics”, Opt. Express 21, 16711-16722 (2008), se describen métodos de caracterización y estudio de moduladores LCOS que contemplan la presencia de fluctuaciones. Sin embargo, los métodos descritos en estos artículos tienen ciertas limitaciones, a saber:

- La matriz de Mueller sólo permite evaluar la modulación de la intensidad de luz, o la del estado de polarización de la luz. Pero no permite determinar la modulación de la fase, que resulta imprescindible para el

control de haces láser; y

- Estas caracterizaciones no consideran un modelo microscópico de las propiedades de birrefringencia del modulador TN-LCOS. Por tanto, solamente es posible obtener información útil en aquellas longitudes de onda para las que se hace la calibración. Dado que es un procedimiento costoso y requiere un número importante de medidas, no resulta conveniente si se quiere obtener información en muchas longitudes de onda.

En definitiva, ninguno de los métodos conocidos emplea un procedimiento capaz de predecir completamente las propiedades de modulación, entendiendo esta predicción completa como la capacidad de predecir la modulación del estado de polarización de la luz y la modulación óptica compleja, amplitud y fase, que gana la luz en función de los siguientes parámetros:

- En función de la señal de voltaje aplicado; en la mayoría de los casos este voltaje no se controla directamente, sino que es a través del nivel de gris que se le envía desde la tarjeta gráfica del ordenador que lo controla, que suele tener valores entre 0 (voltaje nulo) y 255 (máximo voltaje);
- en función de la longitud de onda de la radiación luz (normalmente luz visible con valores de longitud de onda entre 380 nm y 700 nm, aunque también suele emplearse luz en el rango infra-rojo cercano, con longitudes de onda entre 700 y 1600 nm, sin entenderse una limitación exclusiva a estos rangos); y
- en función de la orientación de los filtros polarizadores y/o desfasadores situados a la entrada y salida del modulador TN-LCOS.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

En consecuencia, la presente invención da a conocer un método de calibración de modulador espacial de luz, siendo éste un modulador del tipo TN-LCOS, que comprende dos fases de calibración: una primera fase de calibración espectral (con varias longitudes

de onda) del dispositivo apagado; y una segunda fase de calibración monocromática (con una sola longitud de onda) con el dispositivo encendido. Esta fase se realiza en función del nivel de gris aplicado al modulador TN-LCOS también denominado a lo largo de esta memoria como modulador.

5

Para la calibración monocromática se contempla el uso del esquema óptico que incorpora un modelo físico microscópico, que permite extrapolar las propiedades de desfase (o retardo) del modulador TN-LCOS a longitudes de onda que no han sido empleadas en la calibración. De esta forma, con un conjunto reducido de medidas, se puede obtener la respuesta óptica en cualquier longitud de onda dentro de un rango previamente calibrado. Finalmente, al ser una técnica resuelta en el tiempo, permite predecir la evolución temporal de la respuesta de óptica completa (polarización, espectral, intensidad, irradiancia y fase) del haz de luz modulado por el dispositivo. Esta información puede procesarse para obtener igualmente la modulación de irradiancia promedio reflejada por el modulador TN-LCOS.

10

15

En concreto, la presente invención da a conocer un procedimiento de calibración de un modulador óptico siendo este un modulador de cristal líquido, como ya se ha indicado del tipo TN-LCOS y que a lo largo de este documento se refiere indistintamente como modulador de cristal líquido, modulador espacial de luz TN-LCOS, modulador TN-LCOS, modulador LCOS, modulador óptico, o simplemente modulador; el cual dispone de un director (orientación molecular del cristal líquido) con un ángulo de rotación (ψ_D) en la cara de entrada y un ángulo de giro (α) desde la cara de entrada hasta la trasera.

20

25

Para llevar a cabo el procedimiento de calibración del modulador se hace uso de un emisor que emite un haz de luz hacia el modulador, un radiómetro que recibe la luz reflejada por el modulador, un primer polarizador dispuesto entre el emisor y el modulador con un primer ángulo de rotación; y un segundo polarizador dispuesto entre el modulador y el radiómetro con un segundo ángulo de rotación.

30

El procedimiento de calibración del modulador TN-LCOS comprende las etapas de:

- a) Calibración en apagado.
- b) Calibración en encendido.

En la etapa de calibración en apagado se determina una serie de valores de desfase (o retardo) en apagado para al menos tres longitudes de onda de haces emitidos por el emisor, y en la etapa de calibración en encendido se determina una serie de valores de desfase en encendido para al menos una longitud de onda de haces emitidos por el emisor en función del nivel de gris aplicado al modulador, y caracterizado por que en la etapa a) la serie de valores de desfase en apagado se calcula teniendo en cuenta parámetros microscópicos del dispositivo que incluyen, al menos, el ángulo de rotación (ψ_D) del director del cristal líquido en la cara de entrada y el ángulo de giro (α) del director hasta la cara trasera.

Para relacionar estos diferentes términos con las fórmulas matemáticas que se presentarán a continuación, se debe interpretar que: el ángulo de rotación del primer polarizador se denomina θ_1 ; el ángulo de rotación del segundo polarizador se denomina θ_2 ; el ángulo de rotación del director del cristal líquido en la cara de entrada del modulador se denomina ψ_D ; los valores de desfase en apagado se denominan β_{OFF} ; los valores de desfase en encendido se denominan β ; los valores de desfase en las paredes del modulador se denominan $\bar{\delta}$; el ángulo de giro (twist) del director se denomina α ; los valores medidos por el radiómetro, son irradiancias denominadas como I ; y la longitud de onda del haz emitido por el emisor se denomina λ , siendo λ_R una longitud de onda escogida como de referencia igualmente emitida por el emisor;

Preferentemente, a partir de la serie de valores de desfase en apagado se define una interpolación para diversas longitudes de onda. Esto se consigue, por ejemplo, mediante un ajuste de Cauchy aunque en otras realizaciones de la presente invención se realizan otros métodos igualmente aceptables.

En una realización particular, la etapa a) comprende las etapas de:

- a1) emitir, al menos, tres haces de tres longitudes de onda diferentes de referencia (λ_1, λ_2 y λ_3) hacia el modulador;
- a2) mediante el radiómetro, realizar mediciones de irradiancia $I(\lambda_i)$, $i=1,2,3$ para estas tres longitudes de onda de referencia, para una serie de ángulos de rotación θ_1 del primer polarizador y una serie de ángulos de

rotación θ_2 del segundo polarizador;

- a3) encontrar, para dichas longitudes de onda de referencia, y mediante las mediciones realizadas en la etapa a2), los valores de desfase en apagado $\beta_{OFF}(\lambda_i)$, $i=1,2,3$, que mejor ajustan los datos experimentales a las siguientes expresiones matemáticas:

5

$$I = [X^2 - Y^2 + Z^2]^2 \cos^2(\theta_2 - \theta_1) + 4Y^2 [X \cos(\theta_2 + \theta_1 - 2\psi_D) + Z \sin(\theta_2 + \theta_1 - 2\psi_D)]^2;$$

$$X = \cos \gamma_{OFF} - \frac{\beta_{OFF}}{\gamma_{OFF}} \sin \gamma_{OFF};$$

$$Y = \cos \gamma_{OFF} - \frac{\beta_{OFF}}{\gamma_{OFF}} \sin \gamma_{OFF};$$

10

$$Z = \frac{\alpha}{\gamma_{OFF}} \sin \gamma_{OFF}; \text{ y}$$

$$\gamma_{OFF} = \sqrt{\alpha^2 + \beta_{OFF}^2}$$

- a4) mediante ajuste numérico se interpolan los valores del desfase en apagado para otras longitudes de onda distintas a las de referencia mediante un ajuste de Cauchy dado por:

15

$$\beta_{OFF}(\lambda) = \frac{A}{\lambda} + \frac{B}{\lambda^3} + \frac{C}{\lambda^5} + \dots$$

siendo A, B, C, \dots constantes numéricas de ajuste.

En una realización particular, la etapa b) comprende las etapas de:

20

- b1) aplicar un voltaje (V) al modulador; normalmente el parámetro de control es el nivel de gris (g) aplicado desde la tarjeta gráfica del ordenador que controla el dispositivo;

- b2) emitir, al menos, un haz de una longitud de onda de referencia λ_R hacia el modulador;

25

- b3) mediante el radiómetro, realizar mediciones de irradiancia para una serie de ángulos de rotación θ_1 del primer polarizador y una serie de ángulos de rotación θ_2 del segundo polarizador, y el rango de niveles de gris (g) aplicados al modulador;

- b4) encontrar, para dicha longitud de onda de referencia, y mediante las

mediciones realizadas en la etapa b3), los valores de desfase en encendido $\beta(g)$ y de desfase en las paredes del modulador $\delta(g)$ para la longitud de onda de referencia, y en función el nivel de gris (g) aplicado, que mejor ajustan los datos experimentales medidos a las siguientes ecuaciones:

5

$$I = [X^2 - Y^2 + Z^2]^2 \cos^2(\theta_2 - \theta_1) + 4Y^2 [X \cos(\theta_2 + \theta_1 - 2\psi_D) + Z \sin(\theta_2 + \theta_1 - 2\psi_D)]^2;$$

$$X = \cos \gamma \cos 2\delta - \frac{\beta}{\gamma} \sin \gamma \sin 2\delta;$$

$$Y = \cos \gamma \sin 2\delta - \frac{\beta}{\gamma} \sin \gamma \cos 2\delta;$$

10

$$Z = \frac{\alpha}{\gamma} \sin \gamma; \text{ y}$$

$$\gamma = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$$

15

Con el fin de disminuir el coste computacional de las operaciones para calcular los valores de $\beta(g)$ y $\delta(g)$, en la segunda etapa, la presente invención contempla que, preferentemente, la serie de ángulos de rotación del primer y segundo polarizador se seleccionan como ángulos dependientes del ángulo de rotación del director (ψ_D) obtenido en la primera etapa. De esta manera se pueden realizar simplificaciones considerables a las ecuaciones de la etapa b4). A título de ejemplo la serie de ángulos de rotación del primer y segundo polarizador se seleccionan de entre: ψ_D+90° , ψ_D+45° , ψ_D+135° , ψ_D+135° , $\psi_D+22.5^\circ$, $\psi_D-22.5^\circ$, $\psi_D+112.5^\circ$, $\psi_D+157.5^\circ$ o $\psi_D+67.5^\circ$. Además, en la etapa b4) para el parámetro de desfase de encendido (β) se debe añadir dos restricciones, la inequación: $0 \leq \beta \leq \beta_{OFF}$ para el desfase de la capa central, y la inequación $0 \leq \delta < \beta_{OFF} - \beta$ para el desfase de las capas laterales.

20

25

Dado que de la etapa de calibración en apagado (etapa a)) ya eran conocidos los valores de $\beta_{OFF}(\lambda)$, α y ψ_D mediante estas ecuaciones es posible determinar los valores de $\beta(g)$ y $\delta(g)$, al menos, para la longitud de onda de referencia.

En una realización especialmente preferente, el procedimiento de la presente invención comprende una etapa c) en la que, a partir de la serie de valores de desfase en apagado obtenidos en la etapa a) y de la serie de valores de desfase en encendido y del desfase en las paredes del modulador obtenidos para la longitud de onda de referencia en la etapa b4), se realiza una extrapolación a otras longitudes de onda mediante una normalización utilizando las ecuaciones:

$$\beta(g, \lambda) = \beta(g, \lambda_R) \frac{\beta_{OFF}(\lambda)}{\beta_{OFF}(\lambda_R)}; \text{ y}$$

$$\delta(g, \lambda) = \delta(g, \lambda_R) \frac{\beta_{OFF}(\lambda)}{\beta_{OFF}(\lambda_R)}$$

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1. Muestra, de forma esquemática, una representación a nivel microscópico de la orientación del director molecular del cristal líquido en el interior de un modulador espacial de luz de tipo TN-LCOS; donde no hay voltaje. La flecha representa el campo eléctrico y su transformación en el modulador.

La figura 2. Muestra, de forma esquemática, una representación a nivel microscópico de la orientación del director molecular del cristal líquido en el interior de un modulador espacial de luz de tipo TN-LCOS; donde se ha aplicado voltaje. La flecha representa el campo eléctrico y su transformación en el modulador.

La figura 3. Muestra una vista esquemática de los componentes necesarios para la calibración de un modulador espacial de luz.

5 La figura 4. Muestra un gráfico en el que se representan los diferentes valores de desfase en apagado en un procedimiento de calibración según la presente invención así como los valores extrapolados mediante ajustes de Cauchy.

La figura 5. Muestra un esquema de una realización especialmente preferente para la calibración de moduladores espaciales de luz en presencia de fluctuaciones temporales.

10

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

Los modelos ópticos microscópicos están basados en el tratamiento matemático de matrices de Jones. En concreto, el cristal líquido se modeliza como capas de material desfasador (o retardador) óptico microscópicas, cuyas propiedades de retardo sobre la luz dependen del voltaje aplicado.

20 Tal y como se aprecia en las figuras 1 y 2 donde se muestra una representación de un director molecular en el interior de una celda TN-LCOS actuando como modulador (3) óptico tipo TN-LCOS trabajando en reflexión, para dos situaciones de voltaje; en dicha figura 1 se puede apreciar en ausencia de voltaje mientras que en la figura 2 se tiene el mismo dispositivo pero con aplicación de voltaje se tiene que sistema óptico completo compuesto de un polarizador lineal (2), el modulador (3) tipo LCOS o TN-LCOS con una cara frontal (31) y una cara trasera (32), la orientación de las moléculas de cristal líquido (director molecular) (4), que describen la rotación de ángulo α desde la cara frontal (31) a la cara trasera (32) en ausencia de voltaje (figura 1), pero que desaparece al aplicar voltaje (figura 2), provocando una modulación óptica.

30 Cuando el modulador (3) está apagado, tal y como se muestra en la figura 1 el director molecular (4) sigue un giro, dicho giro se define mediante un ángulo de giro (α), desde la cara de frontal (31) de entrada hasta la parte interna (32) del modulador (3) TN-LCOS. La orientación del director molecular en la cara de entrada (31) se denomina ángulo de rotación del director (ψ_D). En la figura 2 se muestra el caso para un voltaje máximo, situación en la que el director molecular se alinea preferentemente en la

dirección longitudinal. Hay zonas junto a las paredes del modulador (3) TN-LCOS que no modifican su orientación respecto a la situación en la que el voltaje es nulo. Así, las partes del modulador TN-LCOS con el director molecular inclinado y con el director molecular anclado a las paredes se modelizan mediante dos parámetros angulares, que representan los desfases (retardos) globales asociados a la zona central y a las paredes de la celda, respectivamente. En la presente descripción, estos parámetros angulares se denominarán desfase (que puede ser desfase en apagado (β_{OFF}), con el modulador (3) sin voltaje aplicado, o desfase en encendido (β), con el modulador (3) con un voltaje aplicado a través del nivel de gris g, en el caso habitual de moduladores controlados desde un ordenador) y desfase (δ) en las paredes del modulador (3), que sólo se considera bajo la situación en encendido.

De este modo, controlando el voltaje aplicado al modulador (3) de tipo TN-LCOS se consigue modular de forma gradual la polarización de un haz de luz, y colocando un polarizador a la salida, su irradiancia. Por otra parte, este voltaje de control se traduce en una señal digital de control, como es el caso en los modernos dispositivos LCOS, que es dependiente del tiempo. Esta dependencia temporal es la que produce la fluctuación temporal de la respuesta óptica del dispositivo. Si bien esta dependencia no afecta en aplicaciones donde el receptor final es el ojo humano, sí debe ser debidamente caracterizada en otras aplicaciones.

Aplicando las ideas expuestas, es posible demostrar que la matriz compleja de Jones que modela al dispositivo trabajando en reflexión, bajo incidencia normal o ángulos de incidencia pequeños, es la siguiente:

$$\mathbf{M}_{LCD} = e^{i(2\beta-4\delta)} \mathbf{R}(-\psi_D) \begin{bmatrix} X^2 - Y^2 + Z^2 - i2XY & -i2YZ \\ -i2YZ & X^2 - Y^2 + Z^2 + i2XY \end{bmatrix} \mathbf{R}(\psi_D);$$

donde e^x representa la función exponencial, $i = \sqrt{-1}$ es la unidad imaginaria, $\mathbf{R}(\psi_D)$ representa la matriz de rotación

$$\mathbf{R}(\psi_D) = \begin{pmatrix} \cos(\psi_D) & \sin(\psi_D) \\ -\sin(\psi_D) & \cos(\psi_D) \end{pmatrix};$$

y los parámetros X , Y y Z son variables auxiliares que dependen de los parámetros microscópicos del modulador según se indica en las siguientes expresiones:

$$X = \cos \gamma \cos 2\delta - \frac{\beta}{\gamma} \sin \gamma \sin 2\delta;$$

$$5 \quad Y = \cos \gamma \sin 2\delta - \frac{\beta}{\gamma} \sin \gamma \cos 2\delta; \text{ y}$$

$$Z = \frac{\alpha}{\gamma} \sin \gamma;$$

con el parámetro γ definido como:

$$\gamma = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$$

10 Cuando el modulador se halla apagado, el desfase de la zona central se considera $\beta = \beta_{OFF}$ y que el desfase asociado a las paredes del modulador es $\delta = 0$; esto permite simplificar las expresiones anteriores al sustituir estos valores cuando se desea caracterizar el dispositivo en apagado.

15 Procedimiento de calibración de un modulador espacial de luz.

15

De manera general, los moduladores espaciales de luz se calibran utilizando, primero, una medición sin la aplicación de voltaje al modulador (3) -calibración en apagado- y una modulación con un voltaje aplicado al modulador (3) -calibración en encendido-. El voltaje se controla típicamente mediante un nivel de gris aplicado al dispositivo desde una tarjeta gráfica del ordenador que controla el dispositivo. De ellas se obtienen una serie de parámetros de calibración entre los que, para tener una calibración más adecuada, se deben tener en cuenta los aspectos microscópicos del funcionamiento de los moduladores.

20

25

Una primera realización del procedimiento de calibración se describirá haciendo referencia a las figuras 3 y 4.

Procedimiento de calibración en apagado

En esta parte del procedimiento se obtienen los parámetros de desfase en apagado
 5 (β_{OFF}), el ángulo de rotación del director (ψ_D) en la cara de entrada (31), y el
 ángulo de giro (twist) (α) hasta la cara trasera (32) de la celda actuando como
 modulador (3).

Para determinar estos parámetros se utiliza un emisor (6) de un haz de luz,
 10 preferentemente un láser o cualquier haz de luz colimado, que permita iluminar
 secuencialmente con distintas longitudes de onda (preferentemente, al menos tres). La
 luz se hace pasar por un primer polarizador (7), se refleja en el modulador (3),
 formando un ángulo pequeño con su superficie, y el haz reflejado atraviesa un
 segundo polarizador (8). La luz incide finalmente en un fotodetector o radiómetro (9),
 15 con el fin de poder medir la intensidad transmitida en función de la orientación
 (rotación) de los primer y segundo polarizadores (7, 8).

Dado que el eje de transmisión del primer polarizador (7) se dispone con un ángulo de
 rotación del primer polarizador (θ_1) y el segundo polarizador (8) se dispone a un ángulo
 20 de rotación del segundo polarizador (θ_2), la irradiancia normalizada (I) detectada por el
 radiómetro (9) responde a la expresión:

$$I(\theta_1, \theta_2) = [X^2 - Y^2 + Z^2]^2 \cos^2(\theta_2 - \theta_1) + 4Y^2 [X \cos(\theta_2 + \theta_1 - 2\psi_D) + Z \sin(\theta_2 + \theta_1 - 2\psi_D)]^2$$

25 En la que los valores de los ángulos de rotación de los polarizadores (θ_1 y θ_2), son
 conocidos (se configuran por parte del usuario) y se toman diversas medidas de
 irradiancia (para diferentes ángulos de rotación y para las tres longitudes de onda de
 calibración λ_i , $i=1,2,3$) a fin de determinar los valores de los parámetros de
 birrefringencia en apagado ($\beta_0(\lambda_i)$), el ángulo de rotación del director (ψ_D) y el ángulo
 30 de giro (α). En consecuencia, se deberían efectuar, como mínimo tres mediciones de
 la irradiancia (I), una para cada longitud de onda de calibración λ_i , $i=1,2,3$.

Al finalizar esta calibración se habrán obtenido los valores apropiados de los

parámetros angulares microscópicos del director del cristal líquido del modulador (3), así como el valor de desfase en apagado (β_{OFF}) para varias longitudes de onda, al menos dos.

5 En esta realización de la presente invención, es especialmente conveniente realizar una extrapolación de estos valores medidos a fin de, mediante unas pocas mediciones, tener un valor estimado de la desfase en apagado para todas las posibles longitudes de onda. Esto se puede conseguir, por ejemplo, realizando un ajuste de Cauchy del desfase en apagado (β_{OFF}) y, con dicho ajuste, obtener la información
10 necesaria para predecir el comportamiento espectral del dispositivo (en diferentes longitudes de onda).

La figura 4 muestra la evolución del desfase en apagado (β_0), en la que, por una parte, se muestran las mediciones experimentales (10) del desfase en apagado (β_{OFF}) y su
15 correspondiente extrapolación teórica (11) mediante un ajuste de Cauchy para un determinado dispositivo calibrado según el método descrito. Para este mismo dispositivo, los valores de rotación del director y del ángulo de giro de las moléculas estimados fueron $\psi_D = 16,3^\circ$ y $\alpha = -88,5^\circ$ respectivamente.

20 *Procedimiento de calibración en encendido*

Una vez determinados el ángulo de giro (twist) (α) y la rotación del director (ψ_D) de la celda del modulador (3), es posible determinar los parámetros de desfase del dispositivo, en función del nivel de gris (o con el voltaje, en su caso). En esta sección
25 se obviará el tratamiento de las fluctuaciones temporales de los parámetros del dispositivo, que se explica más adelante.

Para esta labor, se emplea el mismo sistema que para realizar la calibración en apagado pero ligeramente modificado en el caso de que existan fluctuaciones
30 temporales. Se pueden establecer una serie de configuraciones de los polarizadores (7,8), es decir el ángulo de rotación del primer polarizador (θ_1) y el ángulo de rotación del segundo polarizador (θ_2) de sus ejes de transmisión, a la vez que se mide la irradiancia transmitida por el sistema para diferentes niveles de gris aplicados al

modulador (3). Para realizar esta calibración es suficiente con emplear una única longitud de onda.

5 En la siguiente tabla se especifican las colocaciones de estos ángulos para cada configuración de medida así como la expresión correspondiente del valor de las transmisiones en irradiancia esperadas para cada una de ellas. La utilización de las configuraciones de la siguiente tabla permite tener un coste computacional reducido aunque no es imprescindible limitarse a estas configuraciones del ángulo de rotación del primer polarizador (θ_1) y del ángulo de rotación del segundo polarizador (θ_2) .

10

CONFIGURACIÓN	θ_1	θ_2	$I(\theta_1, \theta_2)$
1	ψ_D	ψ_D	$4Y^2X^2 + [X^2 - Y^2 + Z^2]$
2	$\psi_D + 90^\circ$	ψ_D	$4Y^2Z^2$
3	$\psi_D + 45^\circ$	$\psi_D + 45^\circ$	$4Y^2Z^2 + [X^2 - Y^2 + Z^2]$
4	$\psi_D + 45^\circ$	$\psi_D + 135^\circ$	$4Y^2X^2$
5	$\psi_D + 22,5^\circ$	$\psi_D + 112,5^\circ$	$2Y^2[X - Z]^2$
6	$\psi_D + 22,5^\circ$	$\psi_D + 22,5^\circ$	$2Y^2[X + Z]^2 + [X^2 - Y^2 + Z^2]$
7	$\psi_D - 22,5^\circ$	$\psi_D + 157,5^\circ$	$2Y^2[X - Z]^2 + [X^2 - Y^2 + Z^2]$
8	$\psi_D - 22,5^\circ$	$\psi_D + 67,5^\circ$	$2Y^2[X + Z]^2$

15

A partir de las expresiones de la tabla, sería posible determinar los valores de X, Y y Z operando entre sí las medidas realizadas. Sin embargo, existiría una indeterminación cuádruple en los valores obtenidos, tanto de su valor absoluto como del signo de éstos.

20

Para evitar este problema, es recomendable realizar en su lugar una búsqueda de los valores de desfase (β y δ), de modo que β esté acotado entre cero y el valor del desfase en apagado del modulador (3), es decir, se añade como restricción la inequación:

$$0 \leq \beta < \beta_{OFF}$$

Y δ está restringido a la inecuación

5

$$0 \leq \delta < \beta_{OFF} - \beta$$

Dichos valores han de minimizar el error cuadrático entre las medidas de la irradiancia transmitida por el sistema en la Figura 3 y los proporcionados por las expresiones de la tabla anterior.

10

Teniendo en cuenta estos aspectos, como resultado del proceso de calibración y minimización del error cuadrático medio entre las medidas experimentales y las medidas teóricas, se obtienen los datos de desfase en encendido (β), desfase en las paredes del director (δ), y con ellas toda la información necesaria para predecir la respuesta del dispositivo para cada nivel de gris y cada longitud de onda.

15

Procedimiento de calibración en presencia de fluctuaciones temporales.

En una posible realización más preferente del objeto de la invención se tiene que el procedimiento de calibración se realiza con presencia de fluctuaciones temporales. En este caso en el que el modulador (3) TN-LCOS presenta fluctuaciones temporales, el procedimiento en encendido descrito anteriormente no puede aplicarse directamente dado que los valores de irradiancia no son constantes sino que presentan una variación en el tiempo.

25

Para poder llevar a cabo el procedimiento se procede a añadir un divisor de haz para obtener un segundo haz de luz láser, el cual se hace pasar por un primer polarizador adicional (13), tal y como muestra la figura 5.

30

El haz de luz emitido por el láser o fuente de luz (6), que pasa por el primer polarizador

adicional (13) se hace reflejar en una zona del modulador (3) denominada zona constante que permanece con un valor de voltaje (o de nivel de gris aplicado) constante en todo el procedimiento en encendido y su reflexión se hace pasar por un segundo polarizador adicional (14) y se detecta en un radiómetro adicional (15).

5

Tal y como se aprecia en la figura 5, el haz de luz que viene del primer polarizador (7) se hace pasar por el modulador (3) en otra zona del modulador (3) denominada zona variable donde se varía el nivel de voltaje (o de nivel de gris aplicado) y se hace refleja; su reflexión se hace pasar por el segundo polarizador (8) y se detecta en el radiómetro (9); estando el radiómetro (9) y el radiómetro adicional (15) conectados a un osciloscopio (16) que presenta al menos dos canales.

10

La medida de ambos radiómetros se captura mediante un osciloscopio o un sistema de adquisición de datos que permita realizar medidas temporales de la suficiente resolución temporal (del orden de un milisegundo) para apreciar las fluctuaciones.

15

Para cada nivel de voltaje (o nivel de gris) aplicado en la zona variable del modulador (3), se realiza una calibración consistente en tomar la medida en las ocho posibles configuraciones de los primer y segundo polarizadores (7,8) indicadas en la Tabla del procedimiento en encendido anterior, obteniéndose ocho medidas temporales de irradiancia $\{I_n(t)\}$, con $n=1,2,\dots,8$. Simultáneamente se mide las correspondientes medidas de referencia $\{I_{REF_n}(t)\}$, con $n=1,2,\dots,8$. Estas medidas corresponden a una zona del modulador que tiene un nivel de gris constante durante todo el proceso, y con los polarizadores adicionales (13,14) orientados en ángulos arbitrarios, pero que también permanecen constantes en todo el proceso. De esa forma se consigue que las medidas de referencia $\{I_{REF_n}(t)\}$ sean siempre iguales, simplemente desplazadas temporalmente.

20

25

La función de irradiancia temporal $I_{REF_n}(t)$ correspondiente a $n=1$ se toma como señal de referencia temporal.

30

Las demás funciones de irradiancia temporal de referencia $I_{REF_n}(t)$, $n \neq 1$, son versiones de la misma función pero desplazadas temporalmente, esto es:

$I_{REF_n}(t) = I_{REF_n=1}(t + t_n)$, donde t_n , con $n = 2, 3, \dots, 8$, son los retardos temporales. La comparación de las funciones $I_{REF_n}(t)$ con $I_{REF_n=1}$ permite determinar los retardos t_n . Una vez conocidos estos retardos t_n , se calculan numéricamente las funciones $I'_n(t) = I_n(t + t_n)$. Las funciones temporales de irradiancia $I'_n(t)$ son versiones

5 muestradas en el tiempo, y sincronizadas temporalmente, de las ocho medidas de irradiancia del procedimiento de calibración en encendido anteriormente expuesto. Por tanto, para cada nivel de voltaje aplicado (o nivel de gris g), puede obtenerse la determinación de las funciones de desfase temporales $\beta(g, t)$ y $\delta(g, t)$.

10 Una vez determinadas las funciones de desfase temporal para cada nivel de voltaje aplicado (o nivel de gris g), la matriz de Jones que describe el modulador (3) TN-LCOS en función del tiempo es:

$$\mathbf{M}_{LCD}(t) = e^{i(2\beta(t) - 4\delta(t))} \mathbf{R}(-\psi_D) \begin{bmatrix} X^2(t) - Y^2(t) + Z^2(t) - i2X(t)Y(t) & -i2Y(t)Z(t) \\ -i2Y(t)Z(t) & X^2(t) - Y^2(t) + Z^2(t) + i2X(t)Y(t) \end{bmatrix} \mathbf{R}(\psi_D)$$

15

donde

$$X(t) = \cos(\gamma(t)) \cos(2\delta(t)) - \frac{\beta(t)}{\gamma(t)} \sin(\gamma(t)) \sin(2\delta(t));$$

$$Y(t) = \cos(\gamma(t)) \sin(2\delta(t)) - \frac{\beta(t)}{\gamma(t)} \sin(\gamma(t)) \cos(2\delta(t)); \text{ y}$$

$$Z(t) = \frac{\alpha}{\gamma(t)} \sin(\gamma(t));$$

20

$$\gamma(t) = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2(t)}$$

Y la irradiancia temporal para cualquier pareja (θ_1, θ_2) de ángulos de rotación de los polarizadores P1 y P2, puede calcularse como:

25

$$I(t) = [X^2(t) - Y^2(t) + Z^2(t)]^2 \cos^2(\theta_2 - \theta_1) + 4Y^2(t) [X(t) \cos(\theta_2 + \theta_1 - 2\psi_D) + Z(t) \sin(\theta_2 + \theta_1 - 2\psi_D)]^2;$$

La irradiancia detectada por un radiómetro sin resolución temporal podrá ser calculada como el promedio de esta función en el tiempo:

$$I = \langle I(t) \rangle .$$

5 El procedimiento de calibración consiste entonces en determinar las funciones de desfase temporales $\beta(g,t)$ y $\delta(g,t)$ que mejor ajustan las curvas de irradiancia sincronizadas $I_n(t)$.

10 De esa manera se consigue obtener, para cada nivel de gris aplicado al modulador (3) TN-LCOS, la variación temporal de los desfases $\beta(g,t)$ y $\delta(g,t)$, y poder predecir a través de las dos ecuaciones anteriores, la irradiancia temporal y promedio para cualquier pareja de ángulos (θ_1, θ_2) de los polarizadores de entrada y salida.

15 Además, usando la relación de Cauchy derivada de la calibración en apagado, es posible también extrapolar los resultados a otras longitudes de onda diferentes de las de calibración.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de calibración de un modulador (3) espacial de luz de tipo TN-LCOS de cristal líquido (4) con un director que define la orientación molecular del cristal líquido (4), con un ángulo de rotación del director (ψ_D) en una cara frontal (31) de entrada, y un ángulo de giro (α) hasta una cara trasera (32); procedimiento que hace uso de:
- un emisor (6), que emite un haz de luz hacia el modulador (3);
 - un radiómetro (9), que recibe la luz reflejada por el modulador (3);
 - un primer polarizador (7) dispuesto entre el emisor (6) y el modulador (3) con un ángulo de rotación del primer polarizador (θ_1); y
 - un segundo polarizador (8) dispuesto entre el modulador (3) y el radiómetro (9) con un ángulo de rotación del segundo polarizador (θ_2),
- estando el procedimiento de calibración caracterizado por que comprende:
- a) una etapa de calibración en apagado; que a su vez comprende calcular:
 - un ángulo de rotación del vector director (ψ_D) en la cara de entrada,
 - un ángulo de giro (twist) (α) del vector director, y
 - una serie de valores de desfase en apagado (β_{OFF}) para al menos dos longitudes de onda del haz emitido por el emisor (6), y
 - b) una etapa de calibración en encendido que a su vez comprende
 - suministrar voltaje al modulador (3) de tal manera que se produce una respuesta óptica a dicho voltaje,
 - determinar una serie de valores de desfase en encendido (β) para las citadas al menos dos longitudes de onda del haz emitido por el emisor en función de la citada respuesta óptica, donde los valores de desfase en apagado (β_{OFF}) se calculan a mediante los siguientes pasos:
 - i. emitir, al menos, un haz de una longitud de onda de referencia (λ_R) hacia el modulador (3),
 - ii. realizar, mediante el radiómetro (9), mediciones de intensidad (I) para una serie de ángulos de rotación del primer polarizador (θ_1) y una serie de ángulos de rotación del segundo polarizador (θ_2),
 - iii. encontrar, para dicha longitud de onda de referencia (λ_R), y mediante las mediciones realizadas en la etapa anterior, valores de desfase en encendido (β) y de

desfase en las paredes del modulador (δ) para la longitud de onda de referencia (λ_R) que satisfacen las ecuaciones:

$$I = [X^2 - Y^2 + Z^2]^2 \cos^2(\theta_2 - \theta_1) + 4Y^2 [X \cos(\theta_2 + \theta_1 - 2\psi_D) + Z \sin(\theta_2 + \theta_1 - 2\psi_D)]^2;$$

$$X = \cos \gamma \cos 2\delta - \frac{\beta}{\gamma} \sin \gamma \sin 2\delta;$$

$$5 \quad Y = \cos \gamma \sin 2\delta - \frac{\beta}{\gamma} \sin \gamma \cos 2\delta;$$

$$Z = \frac{\alpha}{\gamma} \sin \gamma; \text{ y}$$

$$\gamma = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$$

2. Procedimiento de calibración de modulador (3) espacial de luz TN-LCOS, según la reivindicación 1, caracterizado por que adicionalmente comprende definir, a partir de la serie de valores de desfase en apagado (β_{OFF}), una interpolación para diversas longitudes de onda.

3. Procedimiento de calibración de modulador (3) espacial de luz TN-LCOS, según la reivindicación 2, caracterizado por que la interpolación se realiza mediante un ajuste de Cauchy.

4. Procedimiento de calibración de modulador (3) espacial de luz TN-LCOS, según la reivindicación 1 caracterizado por que los ángulos de rotación (θ_1, θ_2) del primer polarizador (7) y segundo polarizador (8) respectivamente se seleccionan como ángulos dependientes del ángulo de rotación del director (ψ_D).

5. Procedimiento de calibración de modulador (3) espacial, según la reivindicación 1, caracterizado los ángulos de rotación (θ_1, θ_2) del primer polarizador (7) y segundo polarizador (8) respectivamente se seleccionan de entre el grupo consistente en: ψ_D+90° , ψ_D+45° , ψ_D+135° , ψ_D+135° , $\psi_D+22.5^\circ$, $\psi_D-22.5^\circ$, $\psi_D+112.5^\circ$, $\psi_D+157.5^\circ$ y $\psi_D+67.5^\circ$.

6. Procedimiento de calibración de modulador (3) espacial de luz TN-LCOS, según la reivindicación 1, caracterizado por que el parámetro de desfase de encendido (β) cumple la inecuación:

$$0 \leq \beta \leq \beta_{OFF}$$

7. Procedimiento de calibración de modulador (3) espacial de luz TN-LCOS, según la reivindicación 1, caracterizado por que adicionalmente comprende realizar una extrapolación a otras longitudes de onda (λ) mediante las ecuaciones:

$$\beta(g, \lambda) = \beta(g, \lambda_R) \frac{\beta_{off}(\lambda)}{\beta_{off}(\lambda_R)}; \text{ y}$$

$$\delta(g, \lambda) = \delta(g, \lambda_R) \frac{\beta_{off}(\lambda)}{\beta_{off}(\lambda_R)}$$

- a partir de la serie de valores de desfase de apagado (β_{OFF}) y de los valores de desfase de encendido (β) y de desfase en las paredes del modulador (δ) obtenidos para una longitud de onda de referencia (λ_R).

8. Procedimiento de calibración de modulador (3) espacial de luz TN-LCOS, según la reivindicación 1, donde se tienen fluctuaciones temporales, método caracterizado por que adicionalmente comprende:

añadir :

- un divisor de haz (17) para obtener un segundo haz de luz láser,
 - un primer polarizador adicional (13) entre el divisor de haz (17) y el modulador (3), y
 - un segundo polarizador adicional (14) entre el modulador (3) y un radiómetro adicional (15),
- polarizadores adicionales (13,14) por los cuales se hará pasar el segundo haz de luz láser que será medido por el por un radiómetro adicional (15) tras pasar por los citados polarizadores adicionales (13,14) , y
- capturar la medida del radiómetro (9) y el radiómetro adicional (15).

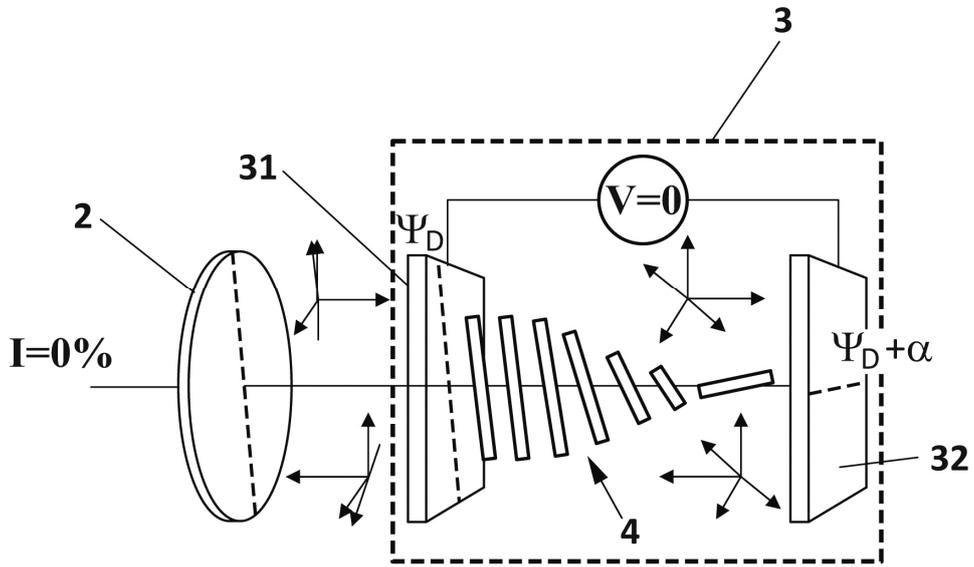


FIG. 1

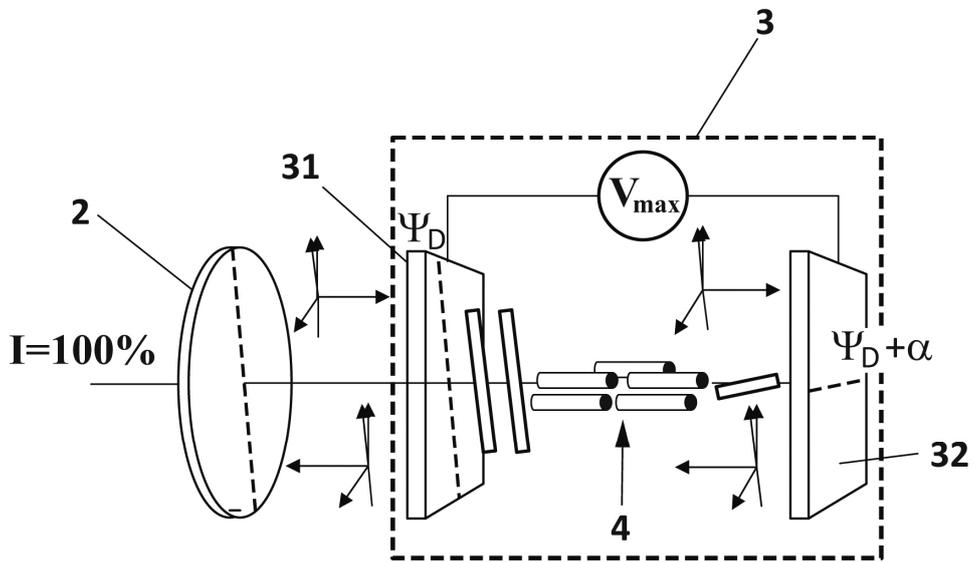


FIG. 2

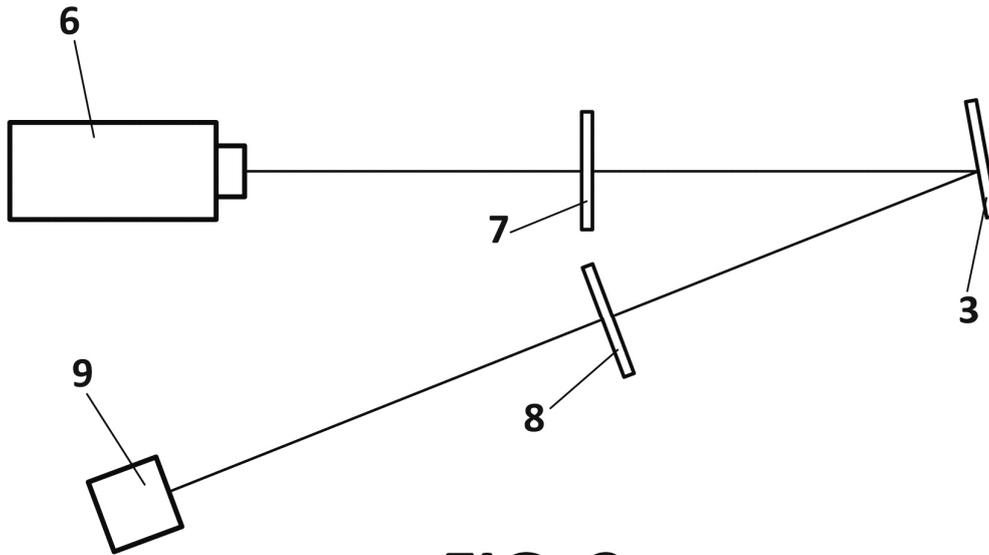


FIG. 3

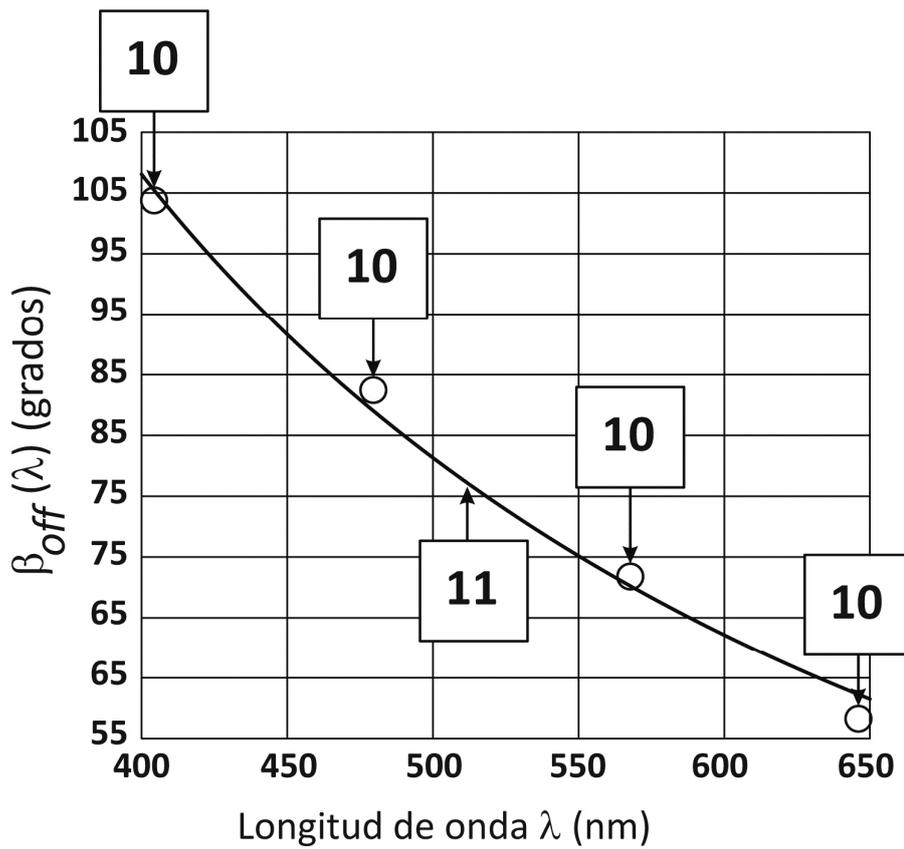


FIG. 4

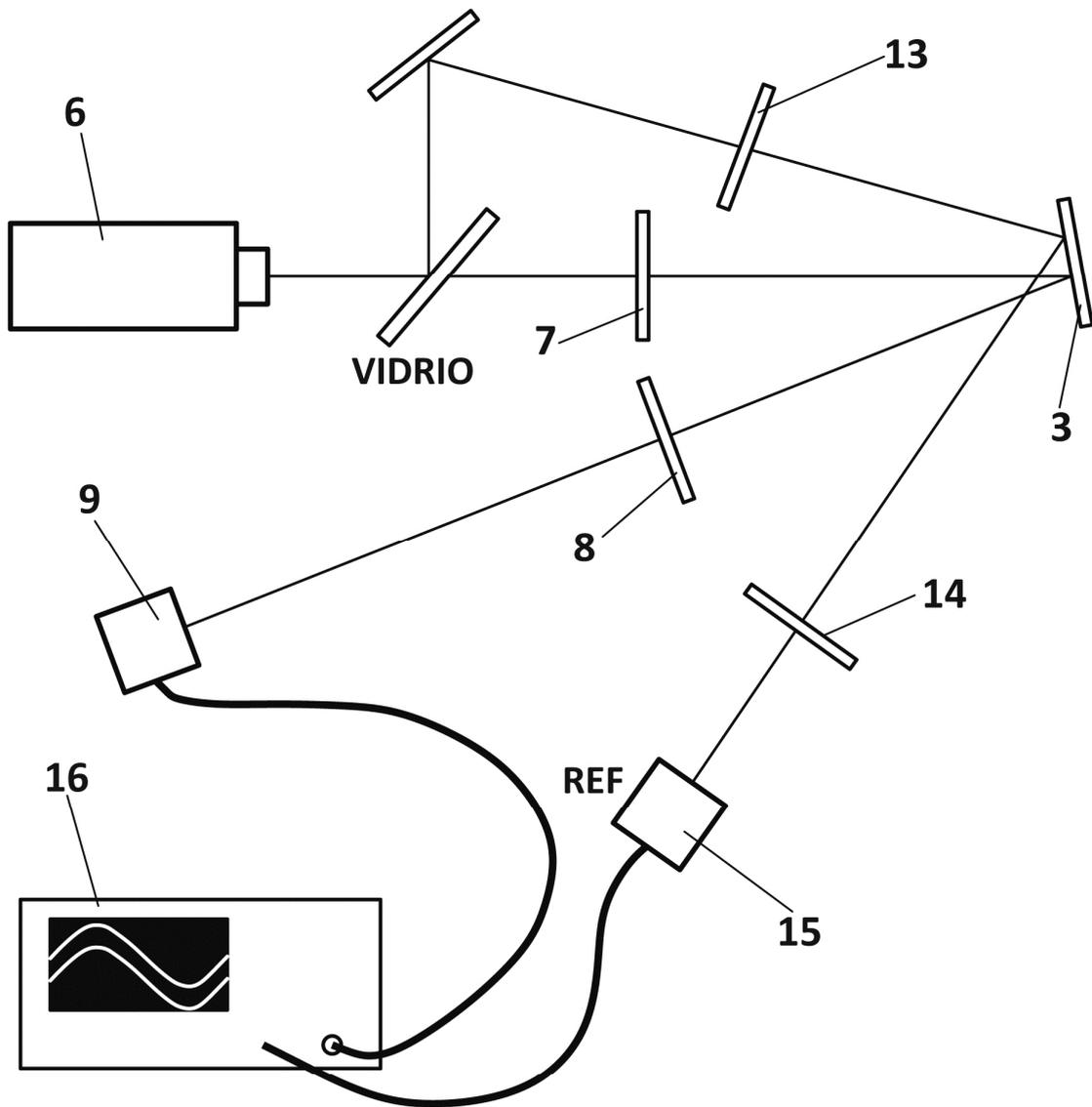


FIG. 5



- ②① N.º solicitud: 201531282
 ②② Fecha de presentación de la solicitud: 08.09.2015
 ③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G02F1/13** (2006.01)
G01M11/02 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	LIZANA, A. et al.: "Time-resolved Mueller matrix analysis of a liquid crystal on silicon display", Applied Optics, 10 de agosto de 2008, Vol. 47, Nº 23, páginas 4267-4274.	1-8
A	US 20080084510 A1 (TOYOOKA, T.) 10.04.2008, resumen; párrafos [0007]-[0011],[0033]-[0053]; figuras 1-7.	1-8
A	WO 2012110811 A2 (CAMBRIDGE ENTERPRISE LIMITED) 23.08.2012, todo el documento.	1-8
A	WO 2010089548 A1 (KING'S COLLEGE LONDON) 12.08.2010, todo el documento.	1
A	LIZANA, A. et al.: "Time fluctuations of the phase modulation in a liquid crystal on silicon display: characterization and effects in diffractive optics", Optics Express, 13 de octubre de 2008, Vol. 16, Nº 21; páginas 16711-16722.	

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
17.05.2016

Examinador
Ó. González Peñalba

Página
1/4

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

G02F, G01M, G02B

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

INVENES, EPODOC, WPI, INSPEC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 17.05.2016

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-8	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-8	SI
	Reivindicaciones	NO

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

Base de la Opinión.-

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

1. Documentos considerados.-

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

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	LIZANA, A. et al.: "Time-resolved Mueller matrix analysis of a liquid crystal on silicon display", Applied Optics, 10 de agosto de 2008, Vol. 47, Nº 23, páginas 4267-4274.	Agosto de 2008

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

Se ha considerado, dentro del límite de tiempo establecido al efecto, que la invención definida en las reivindicaciones 1-8 de la presente Solicitud tiene novedad y actividad inventiva por no estar incluida en el estado de la técnica ni poder deducirse de este de un modo evidente por un experto en la materia.

Se han encontrado en el estado de la técnica dispositivos y métodos para el análisis y la caracterización de moduladores espaciales de luz (SLM), algunos de ellos especificados, como en la presente invención, en el subtipo TN-LCOS para proyección de imágenes, pero ninguno de ellos con las características procedimentales específicas de la presente invención. Así, por ejemplo, el documento D01, referido por el propio Solicitante y citado en el Informe sobre el Estado de la Técnica (IET) con la categoría A, como mero reflejo de los antecedentes en este campo, describe un método de análisis y caracterización mediante matriz de Mueller, resuelto en el tiempo, de un dispositivo de presentación visual de cristal líquido sobre silicio. Aunque la disposición instrumental es similar a la de la invención, con sendos polarizadores a la entrada y a la salida del cristal líquido con geometría reflectante, el método que se realiza con esta, especificado en la primera reivindicación, tiene características esenciales diferenciadoras que no permiten deducirlo de un modo evidente a partir de D01. Cabe destacar aquí la diferenciación entre calibración en apagado, con el cálculo de valores de desfase en apagado utilizando varias longitudes de onda, y en encendido, determinando valores de desfase en funcionamiento del sistema mediante mediciones de intensidad con diversos ángulos de rotación del primer polarizador y del segundo polarizador, lo que se realiza a través de ecuaciones no encontradas en el estado de la técnica. Tampoco en otros documentos se han encontrado etapas o dispositivos orientados a la calibración que reúnan las características esenciales de la invención definida en dicha reivindicación 1, que tiene, en consecuencia, novedad y actividad inventiva con respecto al estado de la técnica considerado, de acuerdo con los Artículos 6 y 8 de la vigente Ley de Patentes.

Las restantes reivindicaciones 2-8 dependen directa o indirectamente de la primera, por lo que tendrán también, como esta, novedad y actividad inventiva según los mencionados Arts. 6 y 8 LP.