

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 680 045**

21 Número de solicitud: 201730215

51 Int. Cl.:

**G01J 4/00** (2006.01)

12

## SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**20.02.2017**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**03.09.2018**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE SALAMANCA (100.0%)  
Patio de Escuelas, 1  
37008 Salamanca ES**

72 Inventor/es:

**SOLA LARRAÑAGA, Iñigo y  
ALONSO FERNÁNDEZ, Benjamín**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

54 Título: **APARATO Y MÉTODO DE MEDICIÓN EN LÍNEA DE PULSOS LÁSER CON POLARIZACIÓN DEPENDIENTE DEL TIEMPO**

57 Resumen:

Aparato y método de medición en línea de pulsos láser con polarización dependiente del tiempo.

Se describen un aparato y un método de medición en línea de pulsos láser con polarización dependiente del tiempo que permiten llevar a cabo una medida en línea de pulsos laser cuya polarización depende del tiempo. Para ello se selecciona una o varias proyecciones de polarización: que el espectrómetro detecte la proyección en el eje de propagación extraordinaria de un sistema birrefringente para medir el espectro en dicha componente, la proyección en el eje de propagación ordinaria, para medir el espectro en dicha componente y finalmente una proyección en una dirección intermedia que permite medir el espectro interferencial entre las dos componentes. El método permite extraer la evolución temporal del pulso y su estado de polarización en función del tiempo, las amplitudes y fases espectrales de las diversas proyecciones de polarización del haz.

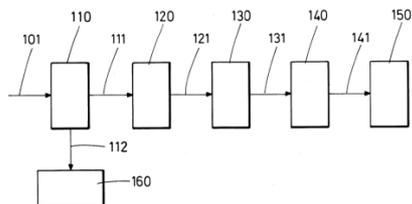


FIG.1

**APARATO Y MÉTODO DE MEDICIÓN EN LÍNEA DE PULSOS LÁSER CON  
POLARIZACIÓN DEPENDIENTE DEL TIEMPO**

**DESCRIPCIÓN**

5

**OBJETO DE LA INVENCION**

El objeto de la invención se enmarca en el campo de la Física.

10

Más concretamente, este documento va dirigido a la medición en línea de pulsos láser con polarización dependiente del tiempo y un método de medición en línea de pulsos láser con polarización dependiente del tiempo que permiten llevar a cabo una medida en línea de pulsos láser cuya polarización depende del tiempo, es decir, ésta es variable en el transcurso del tiempo a lo largo de la duración de dicho pulso.

15

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

20

En las últimas décadas se ha logrado generar pulsos de luz láser de duración extremadamente breve (sobre el rango del femtosegundo,  $10^{-15}$  s). Ello ha llevado aparejado el desarrollo de nuevas técnicas de medida de dichos pulsos (autocorrelación, SPIDER, FROG o d-scan, entre otras). Dichas técnicas tienen en común que asumen que la luz está polarizada linealmente y que dicho estado de polarización no cambia a lo largo del pulso. Si bien esto es lo habitual en dichas fuentes de luz, existen situaciones, en número e interés creciente, en las que la luz presenta una cierta polarización cambiante en el tiempo.

25

30

La primera técnica de caracterización de polarización variable en el tiempo en rango ultrarrápido (femtosegundo), conocida como "POLLIWOG", aparece en 1997 en *W. J. Walecki, D. N. Fittinghoff, A. L. Smirl, and R. Trebino, "Characterization of the polarization state of weak ultrashort coherent signals by dual-channel spectral interferometry," Optics Letters 22, 81-83 (1997)*. En dicho trabajo, se hace uso de interferometría espectral para obtener la diferencia de fase entre componentes de polarización vertical y horizontal del pulso en estudio refiriéndolas a un pulso auxiliar de referencia (tanto en fase espectral como en polarización). Dicha diferencia de fase entre componentes, junto con las amplitudes espectrales (medidas con un espectrómetro, por ejemplo), permiten la

reconstrucción de la polarización en función del tiempo. La técnica se basa en una configuración de doble canal, midiendo en un mismo tiro en cada uno de dichos canales la diferencia de fase de cada componente de polarización del pulso en estudio con las correspondientes componentes del pulso auxiliar de referencia.

5

Posteriormente se presentó otra aproximación al problema empleando reconstrucción tomográfica en *P. Schlup, O. Masihzadeh, L. Xu, R. Trebino, and R. A. Bartels, "Tomographic retrieval of the polarization state of an ultrafast laser pulse," Optics Letters 33, 267-269 (2008)*. Se basa en medir la reconstrucción temporal de los pulsos en diversas proyecciones de polarización lineal mediante alguna de las técnicas de reconstrucción estándar aptas sólo para dicha polarización, es decir, que no son capaces de ver la evolución de la polarización. Por ejemplo, se miden dos proyecciones perpendiculares y una a 45° respecto a estas. Conociendo las perpendiculares, se ajusta la fase entre dichas componentes para obtener el resultado de la proyección intermedia a 45°. En este proceso de ajuste se determina la fase que, con los datos anteriores, permite reconstruir la evolución temporal de la polarización.

10

15

Otras técnicas ópticas propuestas en la bibliografía se basan en efecto Talbot como la técnica detallada en *C. C. Chen, and S. D. Yang, "All-optical self-referencing measurement of vectorial optical arbitrary waveform," Optics Express 22, 28838-28844 (2014)*, en polarimetría basada en modulación no lineal de la fase como la detallada en *E. Lopez-Lago, and R. de la Fuente, "Measurement of the polarization dynamics of ultrashort pulses by using nonlinear phase modulation and channelled spectroscopic polarimetry," Journal of Optics A-Pure and Applied Optics 7, 400-403 (2005)*, o en interferometría espacial-temporal multiplexada en ángulo como la técnica detallada en *A. Rakhman, M. W. Lin, and I. Jovanovic, "Angle-multiplexed spatial-spectral interferometry for simultaneous measurement of spectral phase and polarization state," Optics Express 21, 26896-26907 (2013)*. Recientemente se ha propuesto una técnica basada en experimentos de *attosecond streaking* usando un microscopio de reacción. Esta técnica detallada en *R. Boge, S. Heuser, M. Sabbar, M. Lucchini, L. Gallmann, C. Cirelli, and U. Keller, "Revealing the time-dependent polarization of ultrashort pulses with sub-cycle resolution," Optics Express 22, 26967-26975 (2014)*, además de ser muy compleja y cara, se encuentra muy alejada del concepto de la que se presenta.

20

25

30

La técnica y el aparato de la presente invención se basan en una configuración en línea, en contraste con la configuración dual descrita anteriormente de *W. J. Walecki, D. N. Fittinghoff, A. L. Smirl, and R. Trebino, "Characterization of the polarization state of weak ultrashort coherent signals by dual-channel spectral interferometry," Optics Letters 22, 81-83 (1997)*. En la presente invención, se prescinde de un segundo haz auxiliar de referencia, al tiempo que una de las componentes de polarización del pulso en estudio desempeña el papel de dicha referencia. Esto permite una configuración en línea del aparato, robusta y sencilla, evitando ruidos e inestabilidades (vibraciones, corrientes de aire, etc.) asociados a interferómetros clásicos.

## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Se describe en este documento un aparato que permite caracterizar luz con polarización dependiente del tiempo que supera los inconvenientes y desventajas de lo anteriormente citado a la par que aporta no sólo una mayor estabilidad frente a vibraciones, sino que además resulta más sencillo de alinear que los dispositivos conocidos hasta el momento.

De esta manera se tiene un primer aspecto de la invención correspondiente a un aparato para la medición en línea de pulsos láser con polarización dependiente del tiempo que permite llevar a cabo, entre otros:

- Estudios de dicroísmo, quiralidad y actividad óptica de especies.
- Estudios de fenómenos no lineales de polarización.
- Aplicación de espectroscopia óptica en nanoescala.
- Estudios de sistemas moleculares a través de pulsos modulados en polarización.
- Estudios de pozos cuánticos.
- Caracterización de trenes de pulsos en telecomunicaciones.
- Análisis de efectos no lineales sobre luz con polarización dependiente del tiempo.

Asimismo, se tiene un segundo aspecto de la invención correspondiente a un método de medición en línea de pulsos láser con polarización dependiente del tiempo. Este método de medida se efectúa en primer lugar con un haz de polarización conocida, a fin de calibrar las fases espectrales introducidas por el sistema de medición. A continuación, se reproduce el procedimiento para medir el haz a analizar. Mediante un

sistema auxiliar de reconstrucción de pulsos no vectoriales (esto es, presentando sólo una componente de polarización lineal), se determina la fase espectral de una de las dos componentes del haz (ordinaria o extraordinaria), que actuará como referencia. Gracias al retardo entre componentes ordinaria y extraordinarias introducido por un elemento birrefringente y mediante un procedimiento de reconstrucción de interferometría espectral empleando los datos medidos con anterioridad, se extraen las amplitudes y fases espectrales de las dos componentes de polarización, ordinaria y extraordinaria, del haz a analizar. Posteriormente, mediante la aplicación de transformación de Fourier a dichas amplitudes y fases espectrales, se reconstruye temporalmente la evolución de las componentes ordinaria y extraordinaria del haz a analizar, con lo que se obtiene el estado de polarización de los pulsos de luz dependiente del tiempo.

Para llevar a cabo el método del segundo aspecto de la invención se tiene que realizar un proceso de medida que se puede poner en funcionamiento de la siguiente forma:

1. Se realiza una medida del espectro del pulso con el polarizador lineal colocado de forma que permita pasar sólo la componente ordinaria de polarización del sistema birrefringente (120). De esta forma se conoce el espectro de dicha componente.
2. Se efectúa una medida del espectro del pulso con el polarizador lineal colocado de forma que permita pasar sólo la componente extraordinaria de polarización del sistema birrefringente. De esta forma se conoce el espectro de dicha componente.
3. Se efectúa una medida del espectro del pulso con el polarizador lineal colocado formando un ángulo entre las direcciones de vibración de las componentes ordinaria y extraordinaria de polarización del sistema birrefringente (por ejemplo,  $45^\circ$ ). Las interferencias espectrales en dicho espectro contienen información de la diferencia de fase entre ambas componentes.
4. Se selecciona una de las dos componentes de polarización del pulso y se caracteriza su fase espectral midiéndola con una técnica estándar para reconstrucción de pulsos con polarización lineal constante (p.ej. FROG, SPIDER, d-scan). De esta forma se obtiene la reconstrucción del pulso de referencia. Esta selección se puede hacer de varias formas, por ejemplo, se puede usar un polarizador lineal, que deje pasar sólo la componente a medir.

Otro ejemplo sería medirla con el polarizador del montaje seleccionando la componente de referencia y de la medida sustrayendo la dispersión que pueda aportar el elemento birrefringente o también se puede tener una superficie en ángulo de Brewster, con lo que la luz reflejada estará polarizada en dirección perpendicular al plano de incidencia.

5

5. Con los datos adquiridos anteriormente, se emplean algoritmos de reconstrucción de interferometría espectral como, por ejemplo, los descritos en *L. Lepetit, G. Cheriaux, and M. Joffre, "Linear techniques of phase measurement by femtosecond spectral interferometry for applications in spectroscopy," Journal of the Optical Society of America B-Optical Physics 12, 2467-2474 (1995)*. En dicha reconstrucción el pulso de referencia será la componente de polarización previamente reconstruida. De esta forma, se obtendrá la fase espectral de la segunda componente sin ambigüedad con respecto a la primera. Esto permite conocer, mediante transformación de Fourier, el estado de polarización del pulso en función del tiempo.

10

15

Previamente a una medida se puede llevar a cabo un calibrado del aparato. Para ello se efectuará la medida de un pulso con polarización conocida (por ejemplo, un pulso con polarización lineal a  $45^\circ$  entre las direcciones ordinarias y extraordinarias del sistema birrefringente). Tras efectuar el proceso de medida, la fase relativa extraída entre ambas componentes será la calibración del aparato, que se deberá sustraer de las medidas que se efectúen. Esta calibración será válida mientras las medidas se efectúen con el haz alineado en el aparato de la misma forma y siempre que el pulso a medir no tenga nuevas componentes espectrales respecto al pulso usado en la calibración.

20

25

Tal y como se ha indicado anteriormente para llevar a cabo una medida de un pulso problema se alinea el haz, garantizando que sea el mismo alineamiento que el de calibración. Posteriormente, y de manera similar a lo anteriormente descrito, se procede a realizar una medida con el polarizador paralelo a la dirección de la componente ordinaria del elemento birrefringente, una medida con el polarizador paralelo a la dirección de la componente extraordinaria del elemento birrefringente y una medida con el polarizador en dirección intermedia (típicamente  $45^\circ$ , pero podría ser otra).

30

Cabe destacar asimismo que al efectuar el montaje del aparato se puede hacer necesario calibrar preferentemente la respuesta del espectrómetro (o monocromador, analizador de espectro ópticos, sistema de caracterización espectral, etc.) con la polarización. Para ello, se puede emplear un haz linealmente polarizado, al que se rota la polarización (por ejemplo, mediante una lámina de retardo de media onda) y se registra la señal medida por el espectrómetro para las diversas orientaciones. Este calibrado puede efectuarse sólo una vez, sería válido posteriormente, siempre que el pulso a medir no tenga nuevas componentes espectrales respecto al pulso usado en la calibración.

### **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:

Figura 1.- En la figura 1 se aprecia un diagrama de flujo del método del segundo aspecto de la invención a la vez que se aprecian los distintos componentes a utilizar del aparato del primer aspecto de la invención.

### **REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION**

En una realización preferente de un primer aspecto de la invención se tiene un aparato para medición en línea de pulsos láser con polarización dependiente del tiempo, aparato que comprende una o más, preferentemente una, láminas de material birrefringente que definen un sistema birrefringente (120), preferentemente con el eje óptico perpendicular a la dirección de propagación del haz, un polarizador lineal (130) y un espectrómetro (140) en el rango del espectro del haz a medir actuando como sistema de caracterización espectral; de tal manera que al hacer pasar luz a través de la lámina sus componentes de polarización extraordinaria y ordinaria presentan un retraso entre ellas.

De esta manera se tiene el aparato objeto del primer aspecto de la invención, el cual comprende una lámina de material birrefringente, con el eje óptico perpendicular a la dirección de propagación de un haz a medir, medios de caracterización espectral de la luz, como puede ser un espectrómetro, en el rango del haz a medir, y un polarizador lineal adaptado para seleccionar varias proyecciones de polarización. El funcionamiento o implementación de dicho aparato se puede observar en la figura 1 donde se tiene un haz (101) incidente a analizar, el cual pasa a través de una unidad de selección (110) para seleccionar una componente de polarización, que es una componente de referencia (112) y conducirla a una unidad de medida temporal (160) de pulsos polarizados linealmente; a modo de ejemplo, pero no limitativo, la unidad de selección (110) puede ser una superficie que pueda introducirse en el camino óptico sobre la que el haz (101) incida en ángulo de Brewster, un espejo que refleje el haz (101) y lo haga pasar por un polarizador no lineal con dispersión calibrada, etc.

Esta selección se efectuará sólo cuando se quiere medir la componente de referencia (112). Cuando no se efectúa esta selección y sí una medida en polarización, un haz a analizar saliente (111) llega a un sistema birrefringente (120) que descompone en dos componentes de polarización, ordinaria y extraordinaria, viajando a diferente velocidad por el sistema birrefringente (120). Un haz resultante (121) del paso por el sistema birrefringente (120) atraviesa un polarizador lineal (130) el cual se orientará para seleccionar una o varias proyecciones de polarización. La luz resultante (131), la cual se encuentra linealmente polarizada respecto a ciertas direcciones de interés, será acoplada a una unidad de análisis espectral (140), como puede ser un espectrómetro (140), para llevar a cabo un análisis espectral en el rango del espectro del haz (101) incidente a analizar. Los datos resultantes (141) serán analizados en un módulo de procesado (150).

Dicho funcionamiento hace uso del citado polarizador lineal (130) mediante el cual se puede seleccionar una o varias proyecciones de polarización que el espectrómetro (140) detectará:

- Proyección en dirección de onda extraordinaria: permite medir el espectro en dicha componente.
- Proyección en dirección de onda ordinaria: permite medir el espectro en dicha componente.

- Proyección en una dirección intermedia (típicamente  $45^\circ$ ): permite medir el espectro presentando interferencias entre las dos componentes retardadas que, a través de un proceso de filtrado de Fourier, proporciona la diferencia de fase entre ellas, fundamental para la determinación de la fase espectral de cada una de las componentes, ordinaria y extraordinaria.

5

En una realización preferente de un segundo aspecto de la invención correspondiente a un método de medición en línea de pulsos láser con polarización dependiente del tiempo que hace uso del aparato del primer aspecto de la invención se tiene que hacer pasar el haz (101) incidente a analizar a través del sistema birrefringente (120), para posteriormente seleccionar la proyección de polarización en la dirección ordinaria del medio birrefringente mediante rotación del polarizador lineal (130).

10

A continuación, se procede a detectar y medir mediante el espectrómetro (140) dicha proyección de polarización en la dirección ordinaria del medio birrefringente, para posteriormente seleccionar la proyección de polarización en la dirección extraordinaria del medio birrefringente o sistema birrefringente (120) mediante rotación del polarizador lineal (130). Hecho esto, se puede proceder a detectar y medir dicha proyección de polarización mediante el espectrómetro (140)

15

20

Una vez se ha seleccionado la proyección de polarización en una dirección con componentes ordinarias y extraordinarias (por ejemplo, formando un ángulo de  $45^\circ$  con respecto a las mismas) del medio birrefringente mediante rotación del polarizador lineal (130), se procede a detectar y medir mediante el espectrómetro la proyección de polarización con la estructura de interferencias entre las dos componentes para poder extraer, mediante un algoritmo de reconstrucción de interferometría espectral, empleando asimismo los espectros de las proyecciones de las componentes ordinarias y extraordinarias medidas en los pasos previos, la amplitud de las componentes ordinaria y extraordinaria del haz a analizar y la diferencia entre sus fases espectrales después de haber pasado por el sistema birrefringente.

25

30

Adicionalmente se puede efectuar un calibrado del aparato con un haz polarizado de forma conocida, por ejemplo, linealmente con proyecciones en las componentes ordinaria y extraordinaria de propagación en el medio birrefringente, para determinar

los desfases de las dos componentes, ordinaria y extraordinaria, en dicho material birrefringente.

5 De manera adicional el método de medición en línea de pulsos láser con polarización dependiente del tiempo de la invención puede comprender eliminar la contribución debida al sistema birrefringente a la diferencia de fases espectrales entre las componentes ordinaria y extraordinaria tras el material birrefringente, obtenida tal y como se detallado anteriormente, extrayendo de esta manera la diferencia de fases espectrales entre las componentes ordinaria y extraordinaria de polarización antes de  
10 pasar por el material birrefringente.

A continuación, se selecciona preferentemente, a modo de ejemplo, pero no limitativo, previamente al sistema birrefringente (120) una de las componentes de polarización, siendo éstas una componente ordinaria y una componente extraordinaria con respecto  
15 al sistema birrefringente, para posteriormente medir la fase espectral de la componente de referencia seleccionada anteriormente. La medición de la fase espectral de la componente de referencia del paso se puede llevar a cabo mediante una técnica de reconstrucción de pulsos con polarización constante, como por ejemplo FROG, SPIDER y d-scan  
20

Adicionalmente se añade a la fase espectral de la componente de referencia anteriormente la citada la diferencia de fases espectrales entre las componentes ordinaria y extraordinaria antes de pasar por el material birrefringente, obtenida según se ha indicado previamente, calculando de esta forma la fase espectral de la otra  
25 componente de polarización. A partir de dichas fases espectrales y de los espectros de las proyecciones de las componentes de polarización ordinaria y extraordinaria del haz (101) medidos como se ha detallado previamente, se calculan las amplitudes espectrales complejas de las proyecciones de las componentes de polarización ordinaria y extraordinaria del haz (101). Hecho esto, se puede proceder a reconstruir  
30 temporalmente la evolución de las componentes ordinaria y extraordinaria del haz a analizar (101) con la transformación de Fourier de dichas amplitudes espectrales complejas, obteniendo el estado de polarización para cada instante del pulso.

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato de medición en línea de pulsos láser con polarización dependiente del tiempo, aparato caracterizado porque comprende:

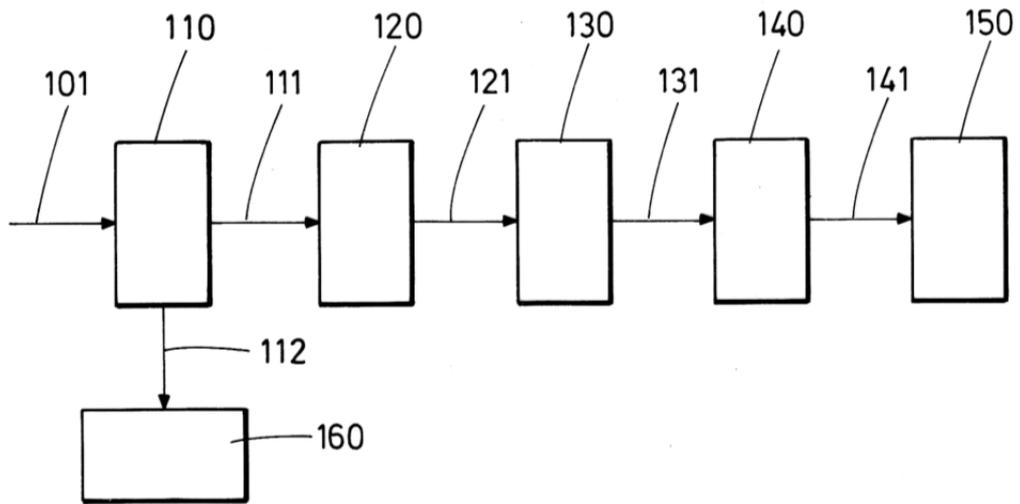
- 5           - una unidad de selección (101) destinada a seleccionar una componente de polarización que es una componente de referencia (112) y conducirla a una unidad estándar de caracterización (160) de pulsos polarizados linealmente para su caracterización temporal,
- 10          - un sistema birrefringente (120) que a su vez puede comprender al menos una lámina de material birrefringente, con el eje óptico preferentemente perpendicular a la dirección de propagación de un haz a analizar incidente (111), de manera que éste se descomponga en dos componentes de polarización, ordinaria y extraordinaria, viajando a diferente velocidad por el sistema birrefringente (120),
- 15          - un polarizador lineal (130) adaptado para seleccionar varias proyecciones de polarización,
- una unidad de análisis espectral (140) en el rango del espectro del haz a medir, y
- 20          - un módulo de procesado (150) de datos resultantes (141) de la unidad de análisis espectral (140).

2. Método de medición en línea de pulsos láser con polarización dependiente del tiempo que hace uso del aparato descrito en la reivindicación 1, estando el método caracterizado porque comprende:

- 25          i. hacer pasar haz (101) incidente a analizar a través del sistema birrefringente (120),
- ii. seleccionar la proyección de polarización en la dirección ordinaria del medio birrefringente mediante rotación del polarizador lineal (130),
- iii. detectar y medir mediante la unidad de análisis espectral (140) la proyección de polarización,
- 30          iv. seleccionar la proyección de polarización en la dirección extraordinaria del sistema birrefringente (120) mediante rotación del polarizador lineal (130),
- v. detectar y medir mediante la unidad de análisis espectral (140) la proyección de polarización,

- vi. seleccionar la proyección de polarización en una dirección con componentes ordinarias y extraordinarias del sistema birrefringente (120) mediante rotación del polarizador lineal (130),
  - vii. detectar y medir mediante el espectrómetro la proyección de polarización con la estructura de interferencias espectrales entre las dos componentes,
  - viii. seleccionar preferentemente, previamente al sistema birrefringente (120), una de las componentes de polarización, siendo éstas una componente ordinaria y una componente extraordinaria definidas con respecto al sistema birrefringente,
  - ix. medir la fase espectral de la componente de referencia seleccionada del paso anterior, y
  - x. extraer, mediante un algoritmo de reconstrucción de interferometría espectral, empleando los datos obtenidos en los pasos previos, la amplitud de las componentes ordinaria y extraordinaria del haz (121) y la diferencia entre sus fases espectrales después de haber pasado por el sistema birrefringente (120).
3. Método de medición en línea de pulsos láser con polarización dependiente del tiempo, según reivindicación 2, donde la medición de la componente de referencia del paso ix se lleva a cabo mediante una técnica de reconstrucción de pulsos con polarización lineal constante, como por ejemplo FROG, SPIDER y d-scan.
4. Método de medición en línea de pulsos láser con polarización dependiente del tiempo, según reivindicación 2, estando el método caracterizado porque adicionalmente comprende efectuar un calibrado del aparato descrito en la reivindicación 1 con un haz polarizado de forma conocida, por ejemplo linealmente con proyecciones en las componentes ordinarias y extraordinaria de propagación en el medio birrefringente, para determinar los desfases de las dos componentes, ordinaria y extraordinaria, introducidos por el material birrefringente del sistema birrefringente (120).
5. Método de medición en línea de pulsos láser con polarización dependiente del tiempo, según reivindicación 2, estando el método caracterizado porque adicionalmente comprende los siguientes pasos:

- 5
- 10
- 15
- 20
- i. sustraer a la diferencia de fases espectrales entre componentes ordinaria y extraordinaria del haz (121) tras el sistema birrefringente (120), obtenida mediante un algoritmo de reconstrucción de interferometría espectral según el paso x, la contribución a la fase espectral correspondiente a un retraso entre las componentes y su dispersión debida al sistema birrefringente (120), obtenida mediante calibración, aislando de esta forma la diferencia de fases entre componentes ordinaria y extraordinaria del haz (101) antes del sistema birrefringente (120),
  - ii. añadir a la diferencia de fases espectrales entre componentes ordinaria y extraordinaria obtenida en el paso anterior, la fase espectral de la componente de referencia, con lo que se calcula la fase espectral de la componente ordinaria y/o componente extraordinaria,
  - iii. calcular las amplitudes y fases espectrales de las dos componentes de polarización, ordinaria y extraordinaria, del haz a analizar (101) a partir de los datos obtenidos en el paso anterior y de las medidas de las intensidades espectrales de cada componente del haz (101),
  - iv. reconstruir temporalmente la evolución de las componentes ordinaria y extraordinaria el haz a analizar (101) a partir de los resultados del paso anterior y su transformada de Fourier y,
  - v. obtener, a partir de los datos obtenidos en el paso anterior, la evolución temporal del pulso incidente (101) y de su estado de polarización mediante la suma vectorial de la evolución de las componentes ordinaria y extraordinaria obtenidas para el haz a analizar (101).



**FIG.1**



- ②① N.º solicitud: 201730215  
 ②② Fecha de presentación de la solicitud: 20.02.2017  
 ③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G01J4/00** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 2011117873 A1 (YEDA RES & DEV et al.) 29/09/2011, Página 4, línea 17 a pagina 18, línea 18; figuras 1-11B.	1-5
A	Lina Xu et al. ANALYSIS OF THE MEASUREMENT OF POLARIZATION-SHAPED ULTRASHORT LASER PULSES BY TOMOGRAPHIC ULTRAFAST RETRIEVAL OF TRANSVERSE LIGHT E FIELDS. Journal of the Optical Society of America B (Optical Physics) Dec. 2009 Optical Society of America USA. 30/11/2009, Vol. 26, N° 12, Páginas 2363 - 2369, ISSN 0740-3224 , <DOI: 10.1364/JOSAB.26.002363>	1-5
A	Wilson Jesse et al. CALIBRATION OF LIQUID CRYSTAL ULTRAFAST PULSE SHAPER WITH COMMON-PATH SPECTRAL INTERFEROMETRY AND APPLICATION TO COHERENT CONTROL WITH A COVARIANCE MATRIX ADAPTATION EVOLUTIONARY STRATEGY. REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, 20080307 AIP, MELVILLE, NY, US. 07/03/2008, Vol. 79, N° 3, Páginas 33103 - 33103-5, XP012115260 ISSN 0034-6748, <DOI: 10.1063/1.2839919>	1-5

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:

<p><b>Fecha de realización del informe</b> 26.06.2018</p>	<p><b>Examinador</b> J. Botella Maldonado</p>	<p><b>Página</b> 1/4</p>
---	---	------------------------------

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

G02F, G01J

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, NPL, XPESP, XPAIP, XI3E, INSPEC.

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 26.06.2018

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-5	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-5	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

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	WO 2011117873 A1 (YEDA RES & DEV et al.)	29.09.2011
D02	Lina Xu et al.. ANALYSIS OF THE MEASUREMENT OF POLARIZATION-SHAPED ULTRASHORT LASER PULSES BY TOMOGRAPHIC ULTRAFAST RETRIEVAL OF TRANSVERSE LIGHT E FIELDS. Journal of the Optical Society of America B (Optical Physics) Dec. 2009 Optical Society of America USA. Vol. 26, Nº 12, Páginas 2363 - 2369, ISSN 0740-3224 <DOI: 10.1364/JOSAB.26.002363>	30.11.2009
D03	Wilson Jesse et al. CALIBRATION OF LIQUID CRYSTAL ULTRAFAST PULSE SHAPER WITH COMMON-PATH SPECTRAL INTERFEROMETRY AND APPLICATION TO COHERENT CONTROL WITH A COVARIANCE MATRIX ADAPTATION EVOLUTIONARY STRATEGY. REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, 20080307 AIP, MELVILLE, NY, US. Vol. 79, Nº 3, Páginas 33103 - 33103-5, XP012115260 ISSN 0034-6748, <DOI: 10.1063/1.2839919>	07.03.2008

**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**

El documento D01 presenta un sistema y procedimiento para la medida de la polarización de un haz óptico determinando el perfil de polarización a lo largo de una sección transversal del haz de entrada. Comprende un sistema óptico y una matriz de píxeles. El sistema óptico incluye un elemento separador del que se obtiene un número predefinido de componentes del haz que guardan entre ellas una determinada relación de polarización. Un elemento birrefringente en el camino óptico de la pluralidad de componentes separa cada una de ellas en un par de haces con polarizaciones ordinaria y extraordinaria. La matriz de píxeles detecta la distribución de intensidad de los componentes y a partir de ella la variación temporal de la polarización los componentes.

El documento D02 presenta la técnica de recuperación tomográfica ultrarrápida del campo E transversal (TURTLE) para medir la evolución en el tiempo de la intensidad, fase y polarización de un pulso láser extremadamente breve arbitrario y potencialmente complejo. TURTLE implica hacer la medida del campo E versus el tiempo en tres diferentes polarizaciones lineales utilizando técnicas establecidas para la medida de la polarización única. Dos de las medidas son a polarizaciones mutuamente ortogonales lineales del pulso (horizontal y vertical) y la tercera para un ángulo de polarización arbitrario adicional (45°). Si las proyecciones del campo se miden utilizando SHG FROG se demuestra que una simple optimización puede recuperar con precisión y fiabilidad la variación temporal de la polarización incluso para un pulso con una conformación temporal compleja de la polarización.

El documento D03 presenta un conformador de pulso ultrarrápido para un control coherente, realiza una calibración de la fase utilizando un interferómetro de trayectoria común. Un cristal birrefringente se orienta de manera que se alinee con la dirección de la polarización ordinaria sin que afecte la extraordinaria sirviendo esta de campo de referencia. Un polarizador de 45° proyecta ambas polarizaciones sobre la misma polarización lineal produciéndose un patrón de interferencia espectral en un espectrómetro. Cada interferograma espectral registra la diferencia de fase entre la referencia y el pulso conformado utilizándose una técnica estándar para recuperar la fase del pixel dependiente de la longitud de onda.

Consideramos que ninguno de estos documentos anticipa la invención tal como se reivindica en las reivindicaciones de la 1ª a la 5ª, ni hay en ellos sugerencias que dirijan al experto en la materia hacia el objeto reivindicado en las citadas reivindicaciones.

Por lo tanto, el objeto de las reivindicaciones de la 1ª a la 5ª cumple los requisitos de novedad, actividad inventiva y aplicación industrial de acuerdo con los Artículos 6, 8 y 9 LP.