

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 689 914**

51 Int. Cl.:

G01N 21/35 (2014.01)

G01N 21/23 (2006.01)

G01J 4/00 (2006.01)

G01N 21/17 (2006.01)

G01N 21/3581 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.12.2008 PCT/FR2008/001783**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.09.2009 WO09106728**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2008 E 08872980 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.07.2018 EP 2232237**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de medición de único disparo de la birrefringencia transitoria inducida por una perturbación que pertenece al rango de las frecuencias en terahercios**

30 Prioridad:

21.12.2007 FR 0760296

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

16.11.2018

73 Titular/es:

**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (C.N.R.S.) (50.0%)
3 rue Michel-Ange
75794 Paris Cedex 16, FR y
UNIVERSITE PARIS-SUD 11 (50.0%)**

72 Inventor/es:

**DE WAELE, VINCENT y
SCHMIDHAMMER, ULRICH**

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 689 914 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

Procedimiento y dispositivo de medición de único disparo de la birrefringencia transitoria inducida por una perturbación que pertenece al rango de las frecuencias en terahercios

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la medición directa, no deformada y de único disparo de la birrefringencia transitoria inducida en un medio óptico por una perturbación que pertenece al campo de las frecuencias en terahercios.

10 La invención se refiere al sector técnico de la caracterización de la birrefringencia inducida en un medio óptico y más particularmente al sector del diagnóstico electroóptico o magnetoóptico. Por este motivo, la invención se aplica concretamente a la espectroscopia en terahercios, a la caracterización de componentes electrónicos y al diagnóstico de haces de partículas cargadas y aceleradas.

15 El procedimiento convencional de muestreo para caracterizar el perfil temporal de radiaciones en terahercios se basa en el efecto Pockels. El procedimiento de caracterización consiste de ese modo en hacer atravesar una señal óptica por impulsos, denominada señal de impulso de sonda, en un medio óptico, en un punto sometido a una radiación en terahercios. De ese modo, el campo eléctrico del impulso de sonda experimenta un retardo de fase, según los dos ejes de la birrefringencia inducida. El perfil temporal de la radiación en terahercios se puede entonces reconstituir a partir del conocimiento de la variación temporal del retardo de fase obtenido, por ejemplo, mediante modulación de la polarización del campo electromagnético de la señal de impulso de sonda en función del tiempo (L. Duvillaret, S. Riolland, J.-L. Coutaz, J. Opt. Soc. Am. B 19, 2692 (2000)).

20 El muestreo electroóptico convencional se basa en la repetición de la señal que va a medirse. El perfil temporal de la radiación en terahercios se reconstituye a partir de adquisiciones secuenciales obtenidas haciendo variar el retardo temporal entre la radiación en terahercios y un impulso de láser ultracorto de sonda. Los dispositivos de muestreo electroópticos basados en esta técnica pueden alcanzar resoluciones temporales inferiores a picosegundos, y son sensibles a varios órdenes de magnitud, gracias al empleo de fuentes de láser de cadencia de repetición alta (MHz) acopladas a un amplificador síncrono, o "lock-in amplifier" (J. A. Valdmanis, G. Mourou, IEEE J. Quantum Electron. 22, 69 (1986)).

25 No obstante, la técnica descrita anteriormente no puede aplicarse para numerosas aplicaciones, en particular en el caso de las aplicaciones relacionadas con la caracterización de sistemas inestables (muestras biológicas, sistemas fisicoquímicos reactivos, obtención de imágenes de objetos en movimiento o inestables), o en el caso de experiencias con fluctuaciones entre disparos inherentes. De ese modo, en determinadas configuraciones, la radiación en terahercios no puede sincronizarse de manera precisa con los impulsos de sonda. En otros casos, las fluctuaciones de esta radiación en terahercios se caracterizan de manera específica con relación a un reloj óptico de referencia.

30 Para estos numerosos casos, no abarcados por el muestreo electroóptico convencional, se han desarrollado procedimientos de registro de único disparo del perfil temporal de la radiación en terahercios.

35 Históricamente, el primer procedimiento de adquisición de único disparo propuesto consiste en codificar el perfil temporal de una radiación en terahercios en el espectro de un impulso de láser de sonda dilatado temporalmente, derivando la frecuencia. El impulso en terahercios se descodifica entonces dispersando el impulso de sonda en un espectrógrafo, gracias al conocimiento de la relación de dispersión tiempo-frecuencia. Se trata entonces de codificación/descodificación espectral (Z. Jiang, X.-C. Zhang, Appl. Phys. Lett. 72, 1945 (1998); X.-C. Zhang, Z. Jiang, documento US 6,573,700 (2003)).

40 En este esquema de medición de único disparo, la resolución temporal y la anchura del intervalo de detección están relacionadas mediante la anchura espectral de la señal de impulso de sonda. Se trata de una limitación intrínseca de este principio de codificación/descodificación. De ese modo, se admite que se facilita una medición de la resolución temporal del dispositivo mediante la siguiente la relación (F. G. Sun, Z. Jiang, X.-C. Zhang, Appl. Phys. Lett. 73, 2233 (1998); J. R. Fletcher, Opt. Exp. 10, 1425 (2002)):

45

$$T_{Min} = \sqrt{T_0 \cdot T_C} ,$$

en la que

- 60 - T_{Min} es la medición de la resolución temporal;
- T_0 es la duración del impulso de sonda limitado por la transformada de Fourier;
- T_C es la duración del impulso de sonda dilatado.

65

Para liberarse de la limitación descrita anteriormente, se han realizado numerosos esfuerzos, en particular con vistas a la caracterización de impulsos de partículas aceleradas, para desarrollar dispositivos con una resolución temporal más elevada. Por tanto, se han propuesto nuevos procedimientos:

5 - La descodificación interferométrica, que descodifica la información de birrefringencia inducida inscrita en el espectro dilatado de la sonda óptica a partir de una figura de interferencia. Este procedimiento es indirecto por la necesidad de reconstituir a partir de un algoritmo complejo el perfil temporal (B. Yellampalle, K. Y. Kim, G. Rodriguez, J. H. Glowonia, A. J. Taylor Appl. Phys. Lett. 87, 211109 (2005) y K. Y. Kim, B. Yellampalle, G. Rodriguez, R. D. Averitt, A. J. Taylor, J. H. Glowonia, Appl. Phys. Lett., 88, 041123 (2006));

10 - La codificación/descodificación espacial que consiste en codificar/descodificar el perfil temporal de la radiación en terahercios en el diámetro de la señal de impulso de sonda (J. Shan, A. S. Weling, E. Knoesel, L. Bartels, M. Bonn, A. Nahata, G. A. Reider, T. F. Heinz, Opt. Lett. 25, 426 (2000); S. P. Jamison, J. Shen, A. M. MacLeod, W. A. Gillespie, D. A. Jaroszynski Opt. Lett. 28, 1710 (2003) y K. Y. Kim, B. Yellampalle, A. J. Taylor, G. Rodriguez, J. H. Glowonia, Opt. Lett. 32, 1968 (2007) y referencias citadas en este último artículo).

Estos dispositivos se liberan de la limitación de resolución temporal de la descodificación espectral y permiten el diagnóstico de único disparo de impulsos en terahercios de duración corta. Sin embargo, ninguna de estas soluciones espaciales puede aplicarse para la medición de impulsos de una duración superior a algunos picosegundos. Además, estos procedimientos novedosos de únicos disparos son difíciles de poner en práctica, en cuanto a la alineación de los haces, y están poco adaptados al contexto de la obtención de imágenes en terahercios.

Otra limitación importante de las soluciones de único disparo existentes proviene de la descodificación por medio de polarizadores cruzados, es decir, colocando el medio electroóptico entre dos polarizadores orientados de manera que la sonda no se transmita en ausencia de campo electromagnético. Esta forma de detección implica una respuesta no lineal de la señal en función de la amplitud de retardo de fase. En la mayor parte de las aplicaciones, el analizador se orienta de manera voluntaria para recoger un desvío óptico casi nulo y obtener un término complementario en la función de respuesta de manera que se mide la bipolaridad de las señales electroópticas.

30 La función de respuesta se define entonces mediante la siguiente relación F_1 , válida para retardos de fase reducidos tales como $\Gamma + \Gamma_0 < 0,5$ rad:

$$I_{\text{señal}} = I_0 \cdot (\Gamma^2 + 2\Gamma \cdot \Gamma_0 + \Gamma_0^2), \quad (F_1)$$

35 en la que

- $I_{\text{señal}}$ es la intensidad de la señal medida;

- I_0 es la intensidad de la señal de sonda;

40 - Γ es el retardo de fase resultante de la birrefringencia inducida; y

- Γ_0 es el desvío óptico, en el que el retardo de fase se mide en ausencia de birrefringencia inducida.

45 El caso descrito mediante la relación F_1 puede simplificarse utilizando una detección de tipo "lock-in", y de ese modo es posible liberarse del término Γ_0^2 . No obstante, incluso en este caso simplificado, poco concebible actualmente para una detección de único disparo, el estado de la técnica muestra que la señal medida comprende distorsiones y artefactos (Z. Jiang, F. G. Sun, Q. Chen, Appl. Phys. Lett. 74, 1191 (1999); Y. Li, Appl. Phys. Lett. 88, 251108 (2006)). Estas distorsiones no pueden corregirse, en general, sin el conocimiento de las características del campo electromagnético que va a caracterizarse, de las características de la señal de sonda I_0 y de las fluctuaciones del retardo temporal entre estos dos impulsos. Además, por motivos de la dependencia de la señal medida $I_{\text{señal}}$ con la intensidad de la señal de sonda I_0 y el desvío óptico Γ_0 , la señal codificada también se ve perturbada a lo largo del perfil de intensidad gaussiano del impulso de sonda.

55 Uno de los campos de aplicación importantes de la medición de único disparo de radiaciones en terahercios se refiere al área de la espectroscopia en terahercios en el dominio temporal. Según esta técnica de análisis, se busca caracterizar, por ejemplo, las propiedades de absorción de un medio óptico en el intervalo de las frecuencias en terahercios. Para ello, el procedimiento de medición consiste en realizar dos adquisiciones del perfil del impulso en terahercios, con y sin medio óptico. Sin embargo, este procedimiento de medición se ve perturbado por las fluctuaciones de la fuente de impulsos en terahercios que limita su sensibilidad (S. P. Mickana, K.-S. Leeb, T.-M. Lub, J. Munch, D. Abbotta, X.-C. Zhang, Microelectronics Journal 33, 1033 (2002)). Un procedimiento de medición de la birrefringencia inducida en un medio óptico mediante una perturbación en terahercios utiliza un impulso de láser dilatado, generado mediante un láser de zafiro-titanio (G. Berden, A.F.G. van der Meer, S.P. Jamison, B. Steffen, E.-A. Knabbe, B. Schmidt, P. Schmäser, A.M. MacLeod, P.J. Phillips, W.A. Gillespie, Proceedings of EPAC 60 2006, Edimburgo, Escocia).

5 Todas las técnicas de mediciones de únicos disparos se basan en la utilización de fuente de láser de impulsos breves, cuya duración se sitúa, normalmente, en el dominio temporal del orden de picosegundos (ps) y femtosegundos (fs). Los rendimientos de los dispositivos de únicos disparos según los procedimientos descritos anteriormente está entonces relacionado directamente con las características de estos impulsos tales como su espectro, su duración, pero también con su estabilidad espacial y temporal.

10 Además, las fuentes de radiación en terahercios intensas actuales y en desarrollo, o incluso los aceleradores de partículas de nueva generación, se basan principalmente en la utilización de fuentes de láser de impulsos en el dominio temporal del orden fs/ps cuyas características están adaptadas para estas fuentes de radiación o de partículas. En la mayor parte de los casos, las características de los impulsos suministrados por estas fuentes de láser están, por tanto, mal adaptadas a la puesta en práctica de los procedimientos de único disparo descritos anteriormente. Actualmente, existe en el mercado una gran gama competitiva de láseres de impulsos que pueden utilizarse para la generación de radiaciones en terahercios o la aceleración de partículas, pero cuyas características de impulsos suministrados son diferentes.

20 La presente invención se refiere a paliar estos inconvenientes del estado de la técnica proponiendo un procedimiento según la reivindicación 1 y un dispositivo de medición de único disparo según la reivindicación 8, basados en el principio de la codificación/descodificación espectral, que son compatibles con el conjunto de las fuentes de láser de impulsos breves (UV-NIR), y que pueden funcionar en un intervalo de frecuencias en terahercios amplio, por ejemplo 0,01 - 20 terahercios.

25 La invención se refiere en particular a medir el valor del retardo de fase inducido en el medio óptico perturbado, de manera absoluta (amplitud y signo) y no deformada, es decir, que es independiente de la amplitud de este retardo de fase, y de las características de la señal óptica de impulso en la que se codifica este retardo de fase.

Además, la invención se refiere a realizar un dispositivo de único disparo que puede detectar un retardo de fase inferior a 5 mrad, en el conjunto del intervalo espectral de análisis.

30 La invención descrita a continuación propone concentrar al menos una parte de la energía de una señal óptica de impulso, suministrada por un láser, con el fin de generar un supercontinuo en el que posteriormente se codifica la variación de birrefringencia de un medio óptico atravesado por una perturbación en terahercios.

35 La invención prevé entonces calcular el retardo de fase inducido por la perturbación en terahercios por medio de la medición de la elipticidad de la polarización del supercontinuo según una configuración de detección simultánea.

40 Por este motivo, la invención se refiere, según su aceptación más general, a un procedimiento de medición de único disparo de la birrefringencia transitoria inducida en un medio óptico -12- mediante al menos una perturbación en terahercios -6-, comprendiendo el procedimiento una etapa de emisión y de codificación espectral de una señal óptica de impulso -2-. La etapa de codificación, que comprende la generación de un supercontinuo -3-, se combina además con una etapa de descodificación de la elipticidad de polarización del supercontinuo inducida por la perturbación -6- del medio -12-, mediante descomposición del campo eléctrico del supercontinuo según dos direcciones de polarización y medición simultáneas de las intensidades I_S e I_P de las dos componentes.

45 Según modos de realización particulares:

- el procedimiento comprende una etapa de equilibrado de las intensidades I_S e I_P de las dos componentes del campo eléctrico del supercontinuo;

50 - la etapa de generación del supercontinuo presenta una fase de propagación de al menos una parte de la señal óptica de impulso según un modo monofilamento con el fin de liberarse de las características espectrales y temporales de la señal óptica de impulso;

55 - el procedimiento comprende al menos una etapa de compensación óptica mediante corrección de las aberraciones cromáticas y espaciales del dispositivo;

- la etapa de codificación comprende una etapa de conformación temporal que comprende una fase de dilatación del supercontinuo que consiste en propagar el supercontinuo a lo largo de una trayectoria geométrica idéntica para todas las longitudes de onda del supercontinuo;

60 - el procedimiento comprende una etapa de conformación de la distribución espectral, espacial y temporal del supercontinuo; y/o

65 - el procedimiento comprende:

i. una etapa de separación espacial de la perturbación en terahercios en dos perturbaciones en terahercios de

análisis y de referencia;

ii. una etapa de desfase temporal de las dos perturbaciones en terahercios de análisis y de referencia; y

5 iii. una etapa de codificación de las dos perturbaciones en terahercios de análisis y de referencia en un impulso del supercontinuo.

La invención también se refiere a un dispositivo de medición de único disparo de la birrefringencia transitoria inducida en un medio óptico mediante al menos una perturbación en terahercios, comprendiendo el dispositivo una
10 fuente de emisión de una señal óptica de impulso y medios de codificación espectral de la señal óptica de impulso. Los medios de codificación espectral, que comprenden medios de generación de un supercontinuo, se combinan, por medio de medios de descomposición del campo eléctrico del supercontinuo según dos direcciones de polarización S y P, en una unidad de medición simultánea de las intensidades I_S e I_P de las dos componentes.

15 Según modos de realización particulares:

- los medios de generación del supercontinuo comprenden medios de formación de un monofilamento para liberarse de las características espaciales y temporales de la fuente óptica de impulso;

20 - comprendiendo el dispositivo medios de focalización de los impulsos ópticos para concentrar una parte de la energía hasta conseguir el umbral de propagación según un modo monofilamento en un medio no lineal;

- comprendiendo el dispositivo medios de focalización de los impulsos ópticos con el fin de inyectar una parte de estos impulsos en una fibra óptica;

25 - comprendiendo el dispositivo al menos un medio de focalización y un diafragma colocado en la trayectoria óptica del impulso para atenuar los efectos de fluctuaciones espaciales sobre la generación del supercontinuo;

- los medios de descomposición comprenden elementos de equilibrado;

30 - los elementos de equilibrado están constituidos por una lámina de cuarto de onda asociada con un polarizador;

- los medios de descomposición comprenden medios de corrección de las aberraciones cromáticas y espaciales del dispositivo;

35 - los medios de descomposición comprenden dos láminas separadoras polarizantes secundarias dispuestas respectivamente en el trayecto óptico de las dos componentes del supercontinuo y presentando, cada una, una función inversa a la del polarizador;

40 - presentando los medios de generación medios de adaptación del supercontinuo constituidos por ópticas dispersivas para controlar la dilatación temporal del supercontinuo;

- al menos una de las dos componentes del campo eléctrico del supercontinuo -3- se propaga hacia un espectrógrafo por medio de al menos una fibra óptica; y/o

45 - el dispositivo comprende además medios de separación espacial -50- de la perturbación en terahercios -6- en dos perturbaciones en terahercios de análisis -6a- y de referencia -6b- así como medios de desfase temporal -52- de una de las dos perturbaciones en terahercios de análisis -6a- y de referencia -6b-.

50 Según otro aspecto, la invención se refiere a la utilización de un dispositivo según la invención:

- para la espectroscopia en terahercios; o

- para el diagnóstico de haces de partículas cargadas y aceleradas.

55 La combinación de la generación del supercontinuo y de la detección simultánea permite obtener una medición directa y no deformada de la variación de birrefringencia transitoria con una sensibilidad uniforme en la totalidad del intervalo temporal de análisis y limitada únicamente por el ruido de granalla.

60 En efecto, generar un supercontinuo a partir de la señal óptica de impulso permite desacoplar el dispositivo de medición de las características de la señal óptica de impulso. Por otro lado, el supercontinuo puede generarse con el fin de presentar una distribución de intensidad espectral sustancialmente plana en el intervalo de detección, lo que permite mejorar la calidad de la medición obteniendo una relación de señal con respecto al ruido constante en dicho intervalo temporal.

65 Esta homogeneización del intervalo de análisis puede realizarse directamente durante la generación del

supercontinuo, y también puede ser objeto de una etapa complementaria tras la generación de este último por medio de ópticas pasivas o activas según el grado de homogeneización deseado.

5 Por otra parte, la detección simultánea y equilibrada de la intensidad de las componentes del supercontinuo es ventajosa en el sentido de que permite liberarse de las fluctuaciones de intensidad de la señal de impulsos de sonda. La detección equilibrada también permite obtener directamente la amplitud y el signo del retardo de fase inducido, sin los fallos debidos a los polarizadores cruzados. Cuando se aplica a la caracterización de una perturbación en terahercios, esta detección equilibrada permite subir de nuevo al valor del campo electromagnético en terahercios en un medio óptico.

10 La realización de una detección equilibrada entre disparos y de banda ancha permite la medición de la variación transitoria de birrefringencia en condiciones limitadas únicamente por el ruido de granalla del detector.

15 La utilización de láminas separadoras polarizantes minimiza, ventajosamente, los fallos espaciales cromáticos. La utilización de medios para compensar los fallos cromáticos residuales mejora la estabilidad del equilibrado de las componentes del campo eléctrico de la señal de impulsos de sonda frente a las fluctuaciones espaciales del supercontinuo.

20 El hecho de que el dispositivo de medición de la elipticidad comprende dos fibras ópticas permite además liberarse de las fluctuaciones espaciales en la hendidura de entrada del espectrógrafo.

Finalmente, generar a partir de la perturbación en terahercios dos perturbaciones en terahercios desfasadas temporalmente una con respecto a otra y codificarlas en dos partes diferentes del espectro del supercontinuo simultáneamente permite liberarse de las fluctuaciones de la fuente en terahercios empleada.

25 De ese modo, el procedimiento y el dispositivo según la invención son compatibles con todas las fuentes de láser de impulsos cortos (UV-NIR) y el rendimiento de la medición es independiente de la fuente de láser de pulso utilizada. Además, la sensibilidad del dispositivo solamente se ve limitada por el ruido de granalla, y el intervalo de análisis temporal puede adaptarse continuamente entre 0,01 y 20 Thz con una mejor resolución temporal que la de los dispositivos de la técnica anterior y una sensibilidad al menos igual.

Otras características y ventajas de la invención se desprenderán de la siguiente descripción de ejemplos de realización detallados, con referencia a las figuras que representan, respectivamente:

35 - la figura 1, una representación esquemática de un primer ejemplo de realización de un dispositivo según la invención;

- la figura 2, una representación esquemática de un segundo ejemplo de realización de un dispositivo según la invención;

40 - las figuras 3a a 3c, mediciones que ponen de manifiesto la estabilidad y la sensibilidad de un dispositivo según la invención;

45 - la figura 4, un registro de único disparo del perfil temporal del campo eléctrico inducido en un cristal de Zn:Te; y

- la figura 5, un registro de único disparo del perfil temporal del campo eléctrico de un paquete de electrones y de un campo electromagnético en terahercios desfasados temporalmente.

50 Aunque la siguiente descripción hace referencia, principalmente, a los campos electromagnéticos, es evidente que el procedimiento y el dispositivo de medición según la invención pueden utilizarse para la medición de la variación de birrefringencia independientemente de la naturaleza de la perturbación que induce esta birrefringencia transitoria en el rango de las frecuencias en terahercios. Concretamente, la perturbación en terahercios puede inducirse por una onda acústica, un choque mediante un impulso de láser, etc.

55 Por ello, el término perturbación en terahercios se refiere a cualquier tipo de campo electromagnético, de onda acústica u otra perturbación que pertenece al rango de las frecuencias en terahercios.

60 Por otra parte, el término medio óptico, utilizado a continuación, hace referencia a cualquier medio físico (sólido, líquido o gaseoso) susceptible de presentar una birrefringencia inducida por una perturbación externa.

Además, la codificación mediante modulación de polarización inducida mediante la birrefringencia del medio óptico se describe, a continuación, en el caso particular de que se atravesase el medio óptico por el supercontinuo. No obstante, sin salir del contexto de la invención, el procedimiento y el dispositivo también se aplican a cualquier medio de modulación de polarización adicional tal como, por ejemplo, la reflexión en la superficie de dicho medio óptico.

65 Los términos de generación del supercontinuo se refieren al proceso bien conocido que consiste en modificar

mediante diferentes procesos no lineales el perfil espectral de intensidad $I(\lambda)$ de un impulso óptico con el fin de obtener un aumento espectral muy pronunciado. Existe una gran variedad de procedimientos para generar supercontinuos de características también variadas. La siguiente descripción de ejemplos de realización de la invención describe algunos modos de generación ventajosos en el contexto de la invención.

5 Además, al utilizar el supercontinuo, en este contexto, como un medio que permite realizar un dispositivo compatible con el conjunto de las fuentes de láser de impulsos, el término supercontinuo se extiende a cualquier procedimiento de amplificación de una parte del espectro de dicho supercontinuo sin salir del contexto de la invención.

10 A continuación se describe el procedimiento de medición según la invención con referencia a un primer ejemplo de realización representado en la figura 1.

15 En este ejemplo de realización, un medio óptico -12- se somete a una perturbación en terahercios -6-, bajo la forma de un campo electromagnético en terahercios. Bajo el efecto de este campo electromagnético en terahercios -6-, la birrefringencia del medio óptico -12- se modifica. Se establece entonces en el medio óptico -12- un régimen transitorio, durante el cual el medio óptico -12- presenta una birrefringencia transitoria caracterizada por dos ejes ópticos ortogonales (o líneas neutras) de índices ópticos $n_e(\lambda, t)$ y $n_o(\lambda, t)$ representando λ y t respectivamente la longitud de onda y el tiempo.

20 Según este primer ejemplo de realización, el procedimiento de medición según la invención comprende una primera etapa de emisión de una señal óptica de impulso -2- a partir de una fuente de impulsos ópticos -14-, tal como una fuente de láser de impulsos ultracortos en el dominio temporal del orden de los femtosegundos (fs) o de los picosegundos (ps). Esta fuente de impulsos ópticos -14- se sincroniza con la perturbación en terahercios -6-.

25 La señal óptica de impulso -2- se propaga a través de medios de generación -4- de un supercontinuo -3-. De ese modo, una parte de la energía de la señal óptica de impulso -2- se inyecta mediante medios de focalización -17- en un material no lineal -18-, tal como un sustrato de zafiro, con el fin de conseguir la intensidad necesaria y suficiente para que la señal óptica de impulso -2- se propague en el material no lineal -18- para interactuar de manera eficaz con dicho material no lineal -18-, según procesos no lineales. De ese modo, una parte de la señal óptica de impulso -2- se convierte en un supercontinuo -3-.

30 Ventajosamente, los medios de generación -4- del supercontinuo -3- también comprenden medios de adaptación -19- del supercontinuo -3-. De ese modo, el supercontinuo -3- se colima y su dilatación temporal se adapta a un intervalo de análisis predeterminado por medio de ópticas dispersivas.

35 El supercontinuo -3- también se polariza linealmente mediante medios de polarización -20-, y su polarización se orienta de tal manera que atravesar el medio óptico -12- perturbado por la perturbación en terahercios -6- convierte la polarización lineal en una polarización elíptica.

40 Según una variante (no representada), la generación del supercontinuo -3- se realiza en la fuente óptica de impulso -14-. Es el caso, por ejemplo, durante la utilización de láseres denominados blancos.

45 El supercontinuo -3- se propaga a continuación en una parte perturbada del medio óptico -12- con el fin de analizar con sonda la birrefringencia transitoria inducida por la perturbación en terahercios -6-. El retardo temporal entre el supercontinuo -3- y la perturbación en terahercios se ajusta para que las dos señales se recubran temporalmente en el medio óptico -12-.

50 De manera ventajosa, la distribución espectral de intensidad del supercontinuo -3- se ajusta con el fin de presentar un perfil sustancialmente plano. Esta homogeneización del intervalo de análisis puede realizarse directamente durante la generación del supercontinuo -3-, y, ventajosamente, también puede ser el objeto de una etapa complementaria tras la generación de este último por medio de ópticas pasivas o activas según el grado de homogeneización deseado.

55 El procedimiento comprende a continuación una etapa de descodificación espectral por medición de la elipticidad para cada longitud de onda del supercontinuo -3-. En ausencia de perturbación, la polarización lineal del campo eléctrico del supercontinuo -3-, a la salida del medio óptico -12-, se transforma en una polarización circular mediante medios de polarización -32-. A continuación, el campo eléctrico del supercontinuo -3- se descompone simultáneamente según dos direcciones de polarización ortogonales denominadas P y S.

60 En teoría, esta descomposición de la polarización del supercontinuo -3- debe permitir obtener una detección equilibrada, es decir, para la que las intensidades I_S e I_P de las dos componentes del campo eléctrico del supercontinuo -3- según las dos direcciones de polarización S y P son iguales para todas las longitudes de onda, en ausencia de radiación en terahercios -6-.

65 Sin embargo, las propiedades de los elementos ópticos son tales que el equilibrado perfecto es imposible de realizar sobre la anchura espectral del supercontinuo -6-. Esto introduce un desvío en la medición de la elipticidad que limita

la sensibilidad del dispositivo si fluctúa entre disparos.

Según el procedimiento de la invención, las variaciones entre disparos del equilibrado se minimizan. La etapa de equilibrado comprende en efecto una fase de compensación de los fallos cromáticos del dispositivo.

La etapa de medición simultánea de las intensidades I_P e I_S de las dos componentes del campo eléctrico del supercontinuo -3- permite deducir la variación transitoria de birrefringencia y, dependiendo de la aplicación, las características de la perturbación en terahercios -6- (intensidad, perfil temporal, etc.) e información con respecto al medio óptico -12- perturbado.

La figura 1 ilustra más particularmente un ejemplo de dispositivo de medición de puesta en práctica del procedimiento anterior.

En este primer ejemplo de realización, la perturbación en terahercios -6-, en este caso un campo eléctrico en terahercios, se produce mediante un impulso de electrones relativistas con una duración de algunos picosegundos, suministrado por un acelerador fotoaccionado por una fuente de impulsos ópticos -14-, en este caso un láser en femtosegundos.

La fuente de impulsos ópticos -14- está constituida por una fuente de láser Ti:Sa amplificada que suministra una señal óptica de impulso -2- de 160 femtosegundos que presenta una longitud de onda de 790 nanómetros. La fuente de impulsos ópticos -14- se sincroniza en la onda de radiofrecuencia aceleradora del paquete de electrones relativistas que componen la perturbación en terahercios -6- mediante la realimentación de la longitud de la cavidad de láser del oscilador de la fuente de impulsos ópticos -14-. La sincronización entre el impulso de electrones relativistas que componen la perturbación en terahercios -6- y la fuente de impulsos ópticos -14- es de aproximadamente 1 ps.

En este ejemplo de realización, el medio óptico -12- perturbado es un cristal de Zn:Te. Se busca entonces caracterizar el efecto del paso del haz de electrones en las proximidades de este medio óptico -12-, es decir, medir la birrefringencia inducida en el cristal de Zn:Te mediante el campo eléctrico de los electrones relativistas y la perturbación en terahercios generada durante el paso de dicho haz de electrones a través de una lámina de metal.

El medio óptico -12- se corta según el plano (110) y se coloca a aproximadamente 3-4 mm del eje de propagación del haz de electrones. En estas condiciones, el campo eléctrico de los electrones relativistas y, por tanto, la perturbación en terahercios -6- se encuentra en el plano (110) del cristal de Zn:Te. Se obtiene como resultado una birrefringencia inducida en el medio óptico -12- caracterizada por dos ejes ópticos en el plano (110) y orientados a 45 grados con respecto a la dirección [001]. La perturbación en terahercios -6- es un campo electromagnético que atraviesa el medio óptico -12- y también induce una birrefringencia transitoria.

El dispositivo según la invención también comprende medios de generación -4- de un supercontinuo -3- polarizado linealmente, a partir de la señal óptica de impulso -2- emitida por la fuente de impulsos ópticos -14-. Ventajosamente, la señal óptica de impulso -2- pertenece al rango del ultravioleta hasta el infrarrojo cercano.

Los medios de generación -4- del supercontinuo están constituidos por medios de focalización -17- que permiten adaptar el haz de la señal óptica de impulso -2- con el fin de conseguir un monofilamento en el medio no lineal -18-. El paso a través del medio no lineal -18- comprende una parte durante la cual la propagación tiene lugar según un monofilamento y genera un supercontinuo -3- a partir de la señal óptica de impulso. A la salida del medio no lineal -18-, la intensidad de supercontinuo -3- y su distribución espacial, espectral y temporal se adaptan a las características de la perturbación en terahercios -6- por medio de los medios de adaptación -19-.

Según el primer ejemplo de realización, los medios de focalización -17- comprenden una lente, un diafragma y un filtro de intensidad variable. Por otro lado, el medio no lineal -18- es un zafiro de 3 milímetros de grosor cuyo eje óptico se orienta en perpendicular a su superficie. Los medios de focalización -17- y el medio no lineal -18- se ajustan de manera que $1 \mu\text{J}$ de la señal óptica de impulso -2- alcanza, en el medio no lineal -18-, una intensidad del orden de 10^{11} W/cm^2 que corresponde al umbral de autofocalización, focalizando con una abertura numérica inferior a 0,1.

Según las características de la fuente de impulsos ópticos -14- (potencia de cresta, longitud de onda, modo espacial), el medio no lineal -18- y los medios de focalización -17- siempre pueden adaptarse con el fin de obtener una longitud para la que la interacción entre la señal óptica de impulso -2- y el medio no lineal -18- es suficiente para generar un supercontinuo -3-. De ese modo, puede generarse un supercontinuo -3-, por ejemplo, a partir de algunos nJ de una señal óptica de impulso -2- propagada en el núcleo de una fibra óptica, incluido en fibras de cristales fotónicos.

Los medios de adaptación -19- de las características del supercontinuo -3- comprenden ventajosamente una óptica -19a- de colimación, así como elementos -19b- pasivos o activos que permiten adaptar el espectro del supercontinuo -3- a la variación de birrefringencia que va a medirse.

Ventajosamente, los medios de adaptación -19- comprenden además un filtro dieléctrico paso bajo -19c- y eventualmente un dispositivo activo -19d- que puede modificar el perfil espectral y temporal del supercontinuo -3-.

5 Eventualmente, los medios de adaptación -19- también comprenden una etapa de amplificación óptica de una parte o de la totalidad del supercontinuo -3- por medio de elementos de amplificación -19e- bien conocidos por el experto en la materia.

10 Finalmente, los medios de adaptación -19- del supercontinuo -3- comprenden ventajosamente un elemento dilatador o compresor -19f- mediante la derivación de frecuencia de la duración del supercontinuo -3-.

15 Según un modo de realización, el supercontinuo -3- se colima con la ayuda de una lente acromática que es responsable de la mayor parte de la dispersión en el trayecto óptico entre el medio no lineal -18- y el medio óptico -12-. La dilatación espectral entre 460 y 760 nm es entonces $T_C = 2,25$ ps, con un valor de la duración de impulso obtenido mediante transformada de Fourier del espectro igual a $T_0 = 4,4$ fs, $T_{\min} = 100$ fs, según la relación F_1 .

20 Según otro modo, preferiblemente, el supercontinuo -3- se dilata mediante 2 pasos de 20 cm de SF57, lo que da como resultado una dilatación $T_C = 60$ ps sobre la anchura espectral transmitida por un cristal de Zn:Te (550-730 nm). La transformada de Fourier de esta distribución espectral equivale a una duración de impulso $T_0 = 6,6$ fs. En estas condiciones $T_{\min} = 630$ fs.

Los medios de adaptación -19- también comprenden un polarizador -20- que permite polarizar linealmente el supercontinuo -3- antes de dirigirse por los medios de propagación -22- hacia el medio óptico -12-.

25 La trayectoria óptica del supercontinuo presenta una longitud adaptada, de manera que atraviesa el medio óptico -12- en el momento de la birrefringencia transitoria inducida por la perturbación en terahercios -6-.

30 Debe observarse que la dirección de la polarización del supercontinuo -3- está adaptada a la orientación de los ejes ópticos que caracterizan la birrefringencia transitoria del medio óptico -12- de manera que dicha birrefringencia convierte la polarización lineal del supercontinuo -3- en una polarización elíptica.

35 En este ejemplo de realización, el supercontinuo -3- atraviesa el medio óptico -12-, perpendicularmente al plano (110) del cristal, siendo el eje [001] ortogonal con respecto a la dirección k de propagación del supercontinuo -3-. La birrefringencia transitoria del medio óptico -12- se caracteriza entonces por dos ejes ópticos en el plano (110). La dirección de polarización del supercontinuo -3- se orienta, ventajosamente, a 45 grados de dichos ejes ópticos.

40 La birrefringencia inducida por la perturbación en terahercios -6- en el medio óptico -12- convierte la polarización lineal del supercontinuo -3- en una polarización elíptica. El desfase, denominado $\Gamma(\lambda)$, entre las dos componentes del campo eléctrico de la señal de impulsos de sonda, según los dos ejes principales de la birrefringencia inducida, es entonces función de las componentes espectrales del supercontinuo -3-.

El dispositivo según el primer ejemplo de realización comprende además medios de descodificación por descomposición y medición de la elipticidad del supercontinuo.

45 Los medios de descomposición -30- están constituidos por una lámina de cuarto de onda -32-, por una primera lámina separadora polarizante -34-, por dos láminas separadoras polarizantes secundarias -35, 36-, así como por dos lentes acromáticas -38-.

50 La lámina de cuarto de onda -32-, optimizada para el espectro visible (450-800 nanómetros), se coloca y orienta con el fin de convertir la polarización rectilínea del supercontinuo -3-, en ausencia de perturbación en terahercios -6-, en una polarización circular.

55 El supercontinuo -3- se propaga a continuación hacia una primera lámina separadora polarizante -34- que descompone su campo eléctrico según dos polarizaciones perpendiculares S y P. Las láminas separadoras polarizantes secundarias -35- y -36- se colocan a continuación respectivamente en los trayectos ópticos -37a- y -37b- de los dos haces descompuestos, de manera que cada componente, una vez transmitida por la lámina -34-, se refleje después por la lámina polarizante secundaria -36-, o bien una vez reflejada por la lámina -34- se transmita después por la lámina polarizante secundaria -35-. En estas condiciones, cada haz experimenta finalmente las mismas transformaciones ópticas. De ese modo, los fallos cromáticos debidos a los polarizadores se corrigen mediante compensación.

60 Preferiblemente, la primera lámina separadora polarizante -34- y las láminas separadoras polarizantes secundarias -35, 36- están constituidas por mallas metálicas depositadas sobre sustratos delgados, lo que permite garantizar un coeficiente de extinción elevado y uniforme en el espectro visible evitando una desviación del haz según su longitud de onda.

65

A continuación, las intensidades I_S e I_P de cada longitud de onda se miden en una unidad -40- de medición. La unidad -40- de medición está constituida, al menos, por un espectrógrafo -42- y por un detector -44- multicanal. La intensidad $I_P(\lambda)$ e $I_S(\lambda)$ de las dos componentes del supercontinuo -3- se detectan entonces simultáneamente para cada impulso de supercontinuo -3-.

5 Ventajosamente las dos componentes del supercontinuo -3- se acoplan con la ayuda de fibras ópticas que garantizan la colocación sobre la hendidura de entrada del espectrógrafo -42- así como la retirada de la unidad de medición.

10 A partir de la medición realizada por el espectrógrafo, es posible deducir el retardo de fase entre las dos componentes del campo eléctrico $\Gamma(\lambda)$ del supercontinuo mediante la siguiente relación F_2 :

$$\text{sen } \Gamma(\lambda) = (I_P(\lambda) - I_S(\lambda)) / (I_P(\lambda) + I_S(\lambda)) \quad (F2)$$

15 La variación de la birrefringencia en función del tiempo $\Gamma(t)$ se deduce directamente del conocimiento de la dilatación espectral del supercontinuo -3-.

20 Según una variante, las dos componentes del supercontinuo -3- se focalizan después de las láminas separadoras polarizantes secundarias -35, 36- en un conjunto de fibras ópticas compuesto por 2 fibras de sílice con un diámetro de 400 μm , de las que uno de los extremos se coloca sobre la hendidura de entrada de un espectrógrafo. La resolución espectral del dispositivo es 1 nm. Los espectros se registran con la ayuda de una cámara CCD. La estabilidad entre disparos del equilibrado obtenido en estas condiciones se ilustra en la figura 3B a continuación.

25 A continuación se describe un segundo ejemplo de realización de un dispositivo de medición según la invención con referencia a la figura 2.

30 En este ejemplo de realización, se generan, en un primer momento, un primer campo electromagnético en terahercios, denominado perturbación en terahercios de análisis -6a-, así como un segundo campo electromagnético en terahercios, denominado perturbación en terahercios de referencia -6b-, a partir de la perturbación en terahercios -6-. La intensidad del campo electromagnético de la perturbación en terahercios de referencia -6b- es proporcional a la intensidad del campo electromagnético de la perturbación en terahercios de análisis -6a- antes del medio óptico -12-.

35 De ese modo, en un primer momento, se crean dos perturbaciones en terahercios de análisis -6a- y de referencia -6b- a partir de un solo impulso en terahercios inicial, después se desfazan temporalmente. Para ello, se descompone una perturbación inicial -6-, por medio de medios de separación espacial -50-, en dos haces que corresponden a las perturbaciones en terahercios de análisis -6a- y de referencia -6b-. El haz que corresponde a la perturbación en terahercios de referencia -6b- se propaga a través del medio óptico -12- que va a caracterizarse.

40 Por otra parte, el retardo óptico entre los haces -6a- y -6b- se adapta, por medio de medios de retardo -52-, dispuestos en la trayectoria óptica de las perturbaciones en terahercios de análisis -6a- o de referencia -6b-, con el fin de desfazar temporalmente los dos haces -6a- y -6b-. De ese modo, estos dos haces se propagan en el medio óptico -12- y se codifican de manera sucesiva en el mismo impulso del supercontinuo -3-.

45 En un segundo momento, las dos perturbaciones en terahercios de análisis -6a- y de referencia -6b- se codifican en dos partes diferentes del espectro del supercontinuo -3- y se detecta el perfil de las dos perturbaciones en terahercios de análisis -6a- y de referencia -6b-, en un disparo único según el procedimiento descrito anteriormente. La perturbación de referencia -6b- permite corregir las fluctuaciones entre disparos de la fuente en terahercios.

50 Según un modo de realización alternativo, las perturbaciones en terahercios de análisis -6a- y de referencia -6b- se generan a partir de un haz de electrones acelerados. Para ello, una lámina de metal, o cualquier otro elemento que permite generar una radiación de transición, se dispone en la trayectoria del haz de electrones acelerados.

55 De ese modo, el campo electromagnético en terahercios generado constituye la perturbación en terahercios de análisis -6a- mientras que el campo eléctrico de los electrones constituye la perturbación en terahercios de referencia -6b-. La perturbación en terahercios de análisis -6a- se retarda por medio de un sustrato dispersivo -52-. Posteriormente, los haces que corresponden a las perturbaciones en terahercios de análisis -6a- y de referencia -6b- se propagan como anteriormente hasta el medio óptico -12- que va a caracterizarse con el fin de inducir una birrefringencia transitoria en el medio óptico -12-, detectada de la misma manera que anteriormente.

60 Las figuras 3A a 3C representan mediciones que ponen de manifiesto la estabilidad y la sensibilidad de un dispositivo según la invención.

65 La figura 3A representa la señal F_2 , en ausencia de radiación en terahercios, registrada en 20 impulsos consecutivos de la señal óptica de impulso -2-, a una cadencia de 10 Hz. La figura 3B, ilustra la misma medición 15 min más tarde.

La figura 3C muestra las fluctuaciones entre disparos calculadas en relación con la media de 20 impulsos de sonda consecutivos y presenta claramente la estabilidad del dispositivo según la invención.

5 El campo eléctrico en el medio óptico -12- puede calcularse a partir de la medición absoluta del retardo de fase. Para el caso considerado en esta realización, el campo eléctrico se deduce a partir de la fase mediante la relación F_3 en la que:

$$\Gamma(\lambda) = 2 \cdot \Pi \cdot d \cdot n^3(\lambda) \cdot r_{41} \cdot E(\lambda) / \lambda,$$

10 en la que

- d es el grosor del medio óptico -12- de cristal de Zn:Te;

15 - n(λ) es el índice óptico del medio óptico -12-;

- r_{41} es el coeficiente electroóptico del medio óptico -12- (= $4,25 \cdot 10^{-12}$ m/W);

- E es el campo eléctrico; y

20 - λ es la longitud de onda.

En la figura 4 se ilustra un registro de único disparo Em del perfil temporal del campo eléctrico inducido en un cristal de Zn:Te con un grosor de 0,5 mm mediante un paquete de electrones relativistas de 8 MeV que se propagan en las proximidades de este cristal.

25 Por otro lado, la figura 5 ilustra un registro de único disparo del perfil temporal del campo eléctrico de un paquete de electrones A y de un campo electromagnético en terahercios B desfasados temporalmente y codificados en dos partes diferentes de supercontinuo.

30 La invención no se limita a los ejemplos de realización descritos y representados. Es evidente que el experto en la materia puede realizar diferentes variantes de la invención sin salir del contexto de la patente.

Por ejemplo, el dispositivo y el procedimiento de medición según la invención pueden utilizarse para la caracterización de fuentes ópticas ultrabreves.

35

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de medición de único disparo de la birrefringencia transitoria inducida en un medio óptico (12) mediante al menos una perturbación en terahercios (6), comprendiendo el procedimiento una etapa de emisión y de codificación espectral de una señal óptica de impulso (2), **caracterizado por que** la etapa de codificación, que comprende la generación de un supercontinuo (3) en un estado de polarización determinado, se combina con una etapa de descodificación de la elipticidad de polarización del supercontinuo inducida por la perturbación (6) del medio (12), mediante descomposición del campo eléctrico del supercontinuo según dos direcciones de polarización y medición simultáneas de las intensidades I_S e I_P de las dos componentes, consistiendo la medición de único disparo en codificar el perfil temporal de la perturbación en terahercios (6) mediante un cambio de fase en el perfil espectral de un solo impulso del supercontinuo (3) generado, temporalmente dilatado y propagado de manera que el impulso del supercontinuo (3) y la perturbación en terahercios (6) se recubren temporalmente en el medio óptico (12).
2. Procedimiento de medición de único disparo, según la reivindicación 1, que comprende además una etapa de equilibrado de las intensidades I_S e I_P de las dos componentes del campo eléctrico del supercontinuo (3).
3. Procedimiento de medición, según la reivindicación 1 o 2, en el que la etapa de generación del supercontinuo (3) presenta una fase de propagación de al menos una parte de la señal óptica de impulso (2) según un modo monofilamento con el fin de liberarse de las características espectrales y temporales de la señal óptica de impulso (2).
4. Procedimiento de medición, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende al menos una etapa de compensación óptica mediante corrección de las aberraciones cromáticas y espaciales del dispositivo.
5. Procedimiento de medición, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la etapa de codificación comprende una etapa de conformación temporal que comprende una fase de dilatación del supercontinuo (3) que consiste en propagar el supercontinuo (3) a lo largo de una trayectoria geométrica idéntica para todas las longitudes de onda del supercontinuo (3).
6. Procedimiento de medición, según la reivindicación 4, que comprende una etapa de conformación de la distribución espectral, espacial y temporal del supercontinuo (3).
7. Procedimiento de medición, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el procedimiento:
- una etapa de separación espacial de la perturbación en terahercios (6) en dos perturbaciones en terahercios de análisis (6a) y de referencia (6b);
 - una etapa de desfase temporal de las dos perturbaciones en terahercios de análisis (6a) y de referencia (6b) y
 - una etapa de codificación de las dos perturbaciones en terahercios de análisis (6a) y de referencia (6b) en un impulso del supercontinuo (3).
8. Dispositivo de medición de único disparo de la birrefringencia transitoria inducida en un medio óptico (12) mediante al menos una perturbación en terahercios (6), comprendiendo el dispositivo una fuente (14) de emisión de una señal óptica de impulso (2) y medios de codificación espectral (4, 12) de la señal óptica de impulso (2), **caracterizado por que** los medios de codificación espectral (4, 12), que comprenden medios de generación (4) de un supercontinuo (3) en un estado de polarización determinado, se combinan, por medio de medios de descomposición (30) del campo eléctrico del supercontinuo según dos direcciones de polarización S y P, en una unidad (40) de medición simultánea de las intensidades I_S e I_P de las dos componentes, permitiendo dichos medios de codificación espectral codificar el perfil temporal de la perturbación en terahercios (6) mediante un cambio de fase en el perfil espectral de un solo impulso del supercontinuo (3) generado, temporalmente dilatado y propagado de manera que el impulso del supercontinuo (3) y la perturbación en terahercios (6) se recubren temporalmente en el medio óptico (12).
9. Dispositivo, según la reivindicación 8, en el que los medios de generación (4) del supercontinuo (3) comprenden medios de formación (17, 18) de un monofilamento para liberarse de las características espaciales y temporales de la fuente óptica de impulso (14).
10. Dispositivo de medición, según la reivindicación 9, comprendiendo el dispositivo medios de focalización (17) de los impulsos ópticos (2) para concentrar una parte de la energía hasta conseguir el umbral de propagación según un modo monofilamento en un medio no lineal (18).
11. Dispositivo de medición, según la reivindicación 9, comprendiendo el dispositivo medios de focalización (17) de los impulsos ópticos (2) con el fin de inyectar una parte de estos impulsos en una fibra óptica (18).
12. Dispositivo de medición, según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, comprendiendo el dispositivo al menos

un medio de focalización (17) y un diafragma colocado en la trayectoria óptica del impulso (2) para atenuar los efectos de fluctuaciones espaciales del impulso (2) sobre la generación del supercontinuo (3).

5 13. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que los medios de descomposición (30) comprenden elementos de equilibrado (32, 34).

10 14. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en el que los medios de descomposición (30) comprenden dos láminas separadoras polarizantes secundarias (35, 36) dispuestas respectivamente en el trayecto óptico de las dos componentes del supercontinuo (3) y presentando, cada una, una función inversa a la del polarizador (34).

15 15. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, comprendiendo el dispositivo además medios de separación espacial (50) de la perturbación en terahercios (6) en dos perturbaciones en terahercios de análisis (6a) y de referencia (6b) así como medios de desfase temporal (52) de una de las dos perturbaciones en terahercios de análisis (6a) y de referencia (6b).

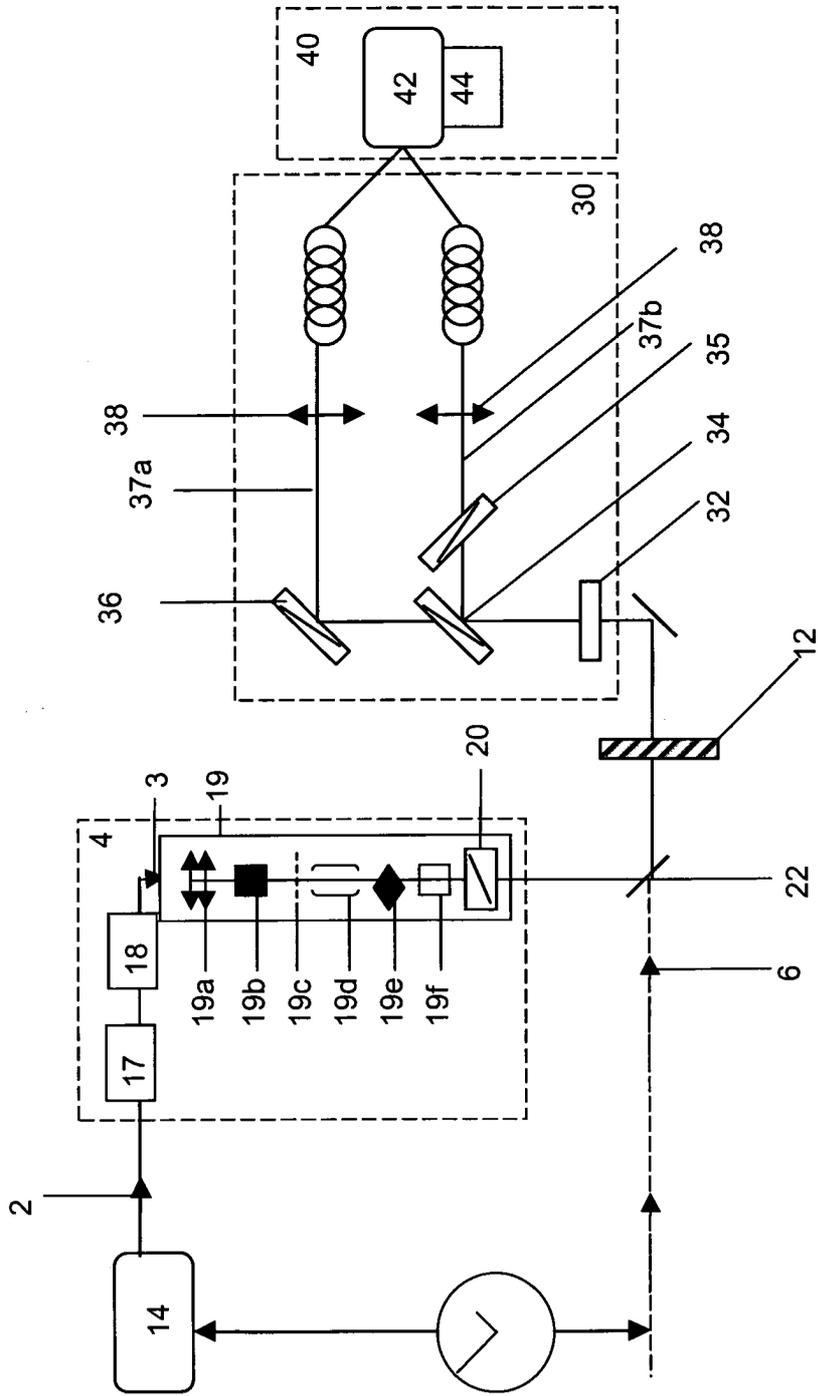


Figura 1

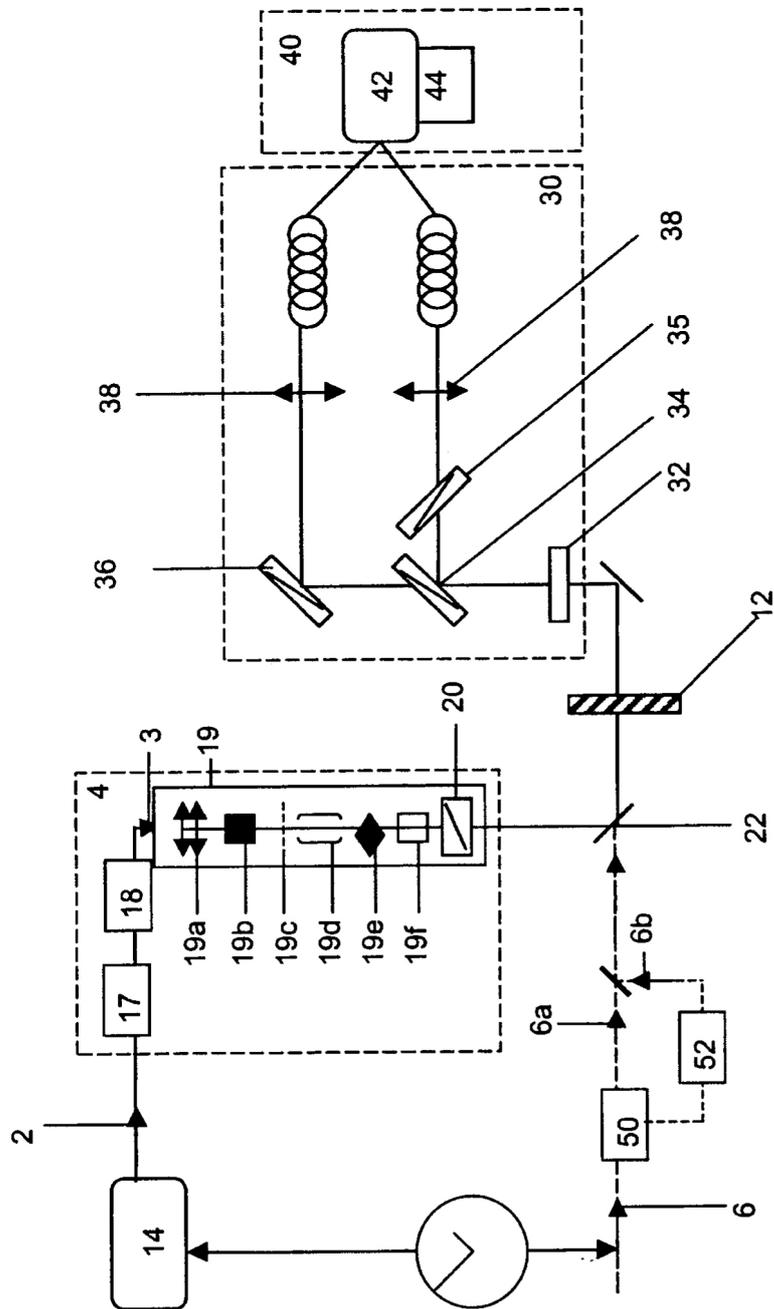


Figura 2

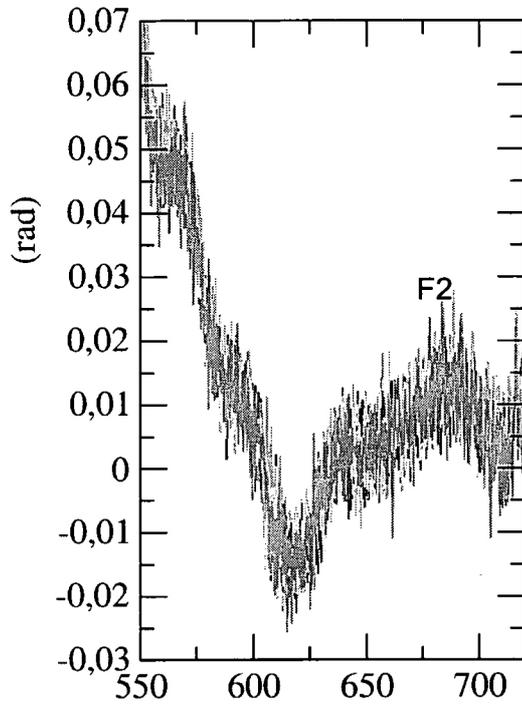


Figura 3A

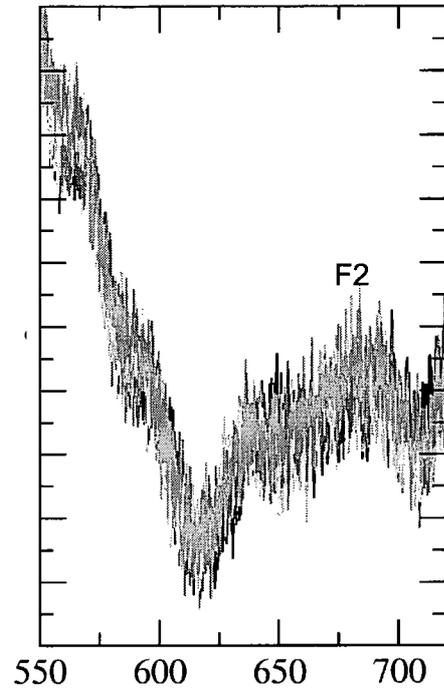


Figura 3B

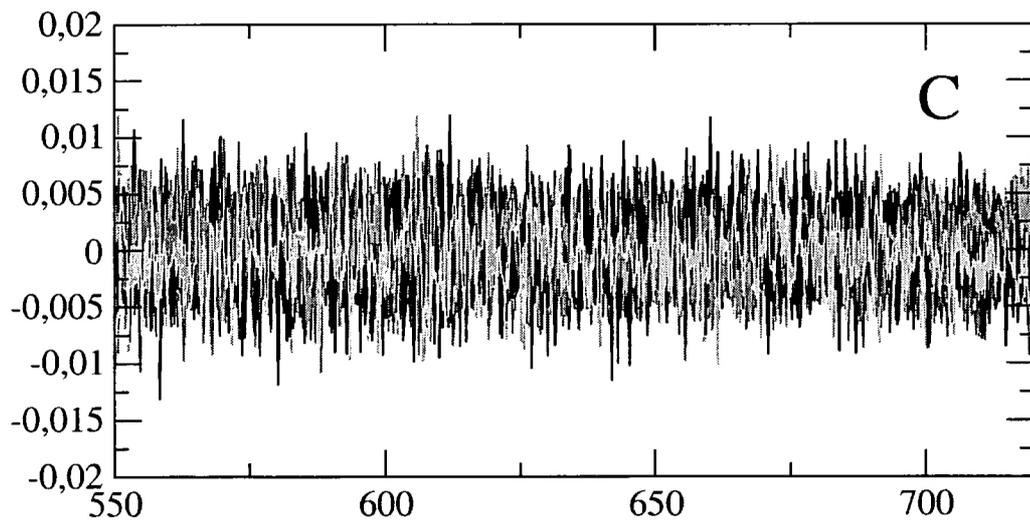


Figura 3C

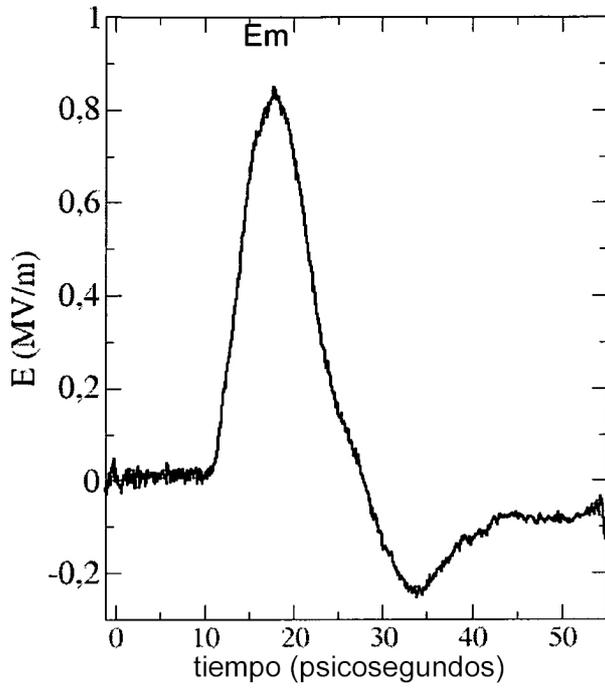


Figura 4

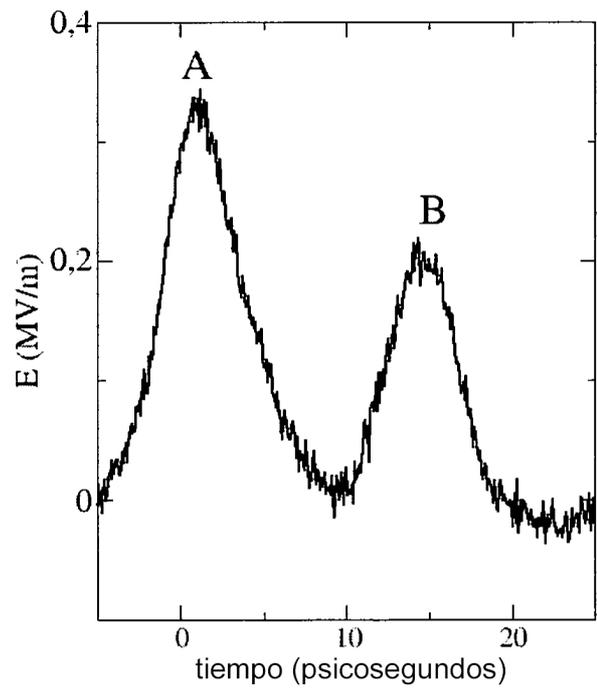


Figura 5