

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 487 618**

51 Int. Cl.:

G02F 1/39 (2006.01)

H01S 3/00 (2006.01)

H01S 3/23 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2010 E 10723137 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.04.2014 EP 2580621**

54 Título: **Fuente de luz pulsada**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.08.2014

73 Titular/es:

**FUNDACIÓ INSTITUT DE CIÈNCIES FOTÒNIQUES
(50.0%)
Parque Mediterràneo de la Tecnologia, Av. Carl
Friedrich Gauss, 7
08860 Castelldefels (Barcelona), ES y
INSTITUCIÓ CATALANA DE RECERCA I ESTUDIS
AVANÇATS (50.0%)**

72 Inventor/es:

**BIEGERT, JENS;
CHALUS, OLIVIER y
BATES, PHILIP**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 487 618 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

Fuente de luz pulsada

Campo de la invención

5 La presente invención tiene su aplicación en el sector de las fuentes de luz y, en especial, en el campo de las fuentes de láser pulsadas.

Antecedentes de la invención

10 La generación de impulsos de luz ultracortos es una de las líneas principales de investigación en el campo de las fuentes láser. El término "impulsos ultracortos" se refiere a los impulsos con longitudes que varían de unos cientos de femtosegundos a picosegundos. Estos impulsos se caracterizan por una gran intensidad de pico, lo que puede conducir a efectos no lineales en diferentes materiales. Aplicaciones de impulsos ultracortos incluyen, por ejemplo, la formación de imágenes médicas, la generación de rayos terahertzio y la generación del peine de frecuencia.

15 Sin embargo, se debe destacar que hay diferencias considerables entre impulsos de alrededor de 100 fs e impulsos por debajo de aproximadamente 30 fs. Debido a la relación de la transformada de Fourier entre las descripciones de dominio temporal y de frecuencia del impulso láser, el ancho de banda de los impulsos cortos aumenta a medida que su duración temporal disminuye. De esta manera, en el dominio espectral, la característica clave de los impulsos ultracortos es que tienen anchos de banda considerables

20 A medida que la duración disminuye, el ancho de banda aumenta en proporción inversa. A 700 a 3000 nm del infrarrojo cercano (NIR) un impulso de 100 fs tiene un ancho de banda de aproximadamente 8 nm, mientras que un impulso de 30 fs tiene un ancho de banda de aproximadamente 40 nm. En un IR medio de 3000 a 15000 nm, el ancho de banda requerido se incrementa en gran medida respecto de todas las duraciones de impulsos - ello se debe a que la relación de la duración del tiempo del ancho de banda está fundamentalmente relacionada con el número de ciclos ópticos de impulso. Un periodo de campo eléctrico, o "ciclo" dura 2,7 fs a 800 nm, y 10,7 fs a 3200 nm. Así, para un impulso que comprenda dos ciclos, el ancho de banda resultante es una Anchura Total a Mitad del Máximo (FWHM) de 170 nm para 800 nm (NIR) y una FWHM de 700 nm para 3200 nm (IR-medio). Estos grandes anchos de banda ofrecen singulares ventajas para la espectroscopia de gases multilineal en cuanto el espectro de impulso cubre simultáneamente una enorme amplitud de líneas de absorción para diferentes moléculas.

30 Los impulsos existentes de láser de sub 100 fs típicamente proceden de los sistemas láser de amplificación de impulso comprimido (CPA) a base de Ti: Zafiro. Estos sistemas están limitados en cuanto a la duración del impulso y a la longitud de onda en la que operan debido al ancho de banda de ganancia del medio amplificador de Ti: Zafiro, lo que restringe el impulso de salida a una gama espectral de 600 a 1100 nm, y un ancho de banda de unas pocas decenas de nm para sistemas de gran energía.

35 Una técnica alternativa de amplificación paramétrica óptica (OPA), que convierte la energía de un impulso de bombeo en un impulso de señal, en un cristal no lineal, mientras genera un impulso en vacío. Esto tiene la ventaja de amplificar los impulsos ultracortos con un ancho de banda amplio y no está limitada a una gama de longitudes de onda específica, pero está limitada en cuanto a la energía debido a las potencias elevadas de pico, y requiere una sincronización precisa de los láseres de bombeo y señal.

40 Una combinación de las dos técnicas puede emplearse para producir impulsos ultracortos. Por ejemplo, el documento US 6,873,454 B2 presenta un sistema en el que unos impulsos osciladores de Ti: Zafiro son en primer término amplificados en una OPA y, a continuación, dirigidos dentro de un Amplificador de Ti: Zafiro. Otras configuraciones para generar impulsos con duraciones de menos de nanosegundos se divulgan en el documento US 7,630,418 B2, que utiliza también dos fuentes láser diferentes para alimentar el sistema.

45 El documento de MUCKE O D ET AL: "Autocompresión eficiente de 4 pliegues de impulsos infrarrojos de 1,5 mJ a 19,8 fs", Proc. de SPIE, vol. 7501, p. 750109 - 1 (2009), divulga un sistema de amplificación de impulso comprimido paramétrico óptico de cuatro etapas que descarga unos impulsos de fase estable de envuelta portadora de aproximadamente 1,5 μm con energía de hasta 12,5 mJ antes de la recompresión. El sistema se basa en una fusión de una técnica de Yb de estado sólido bombeada por electrodos a femtosegundos y de un amplificador Nd: YAG a picosegundos de 100 mJ. El documento de CHALUS O ET AL: "OPCPA de impulsos cortos de IR medio con energía de microJulios a 100 kHz", Optics Express, vol. 17, p. 3587 (2009), divulga una fuente de IR medio en base a la amplificación de impulso comprimido paramétrico óptico (OPCPA) que genera unos impulsos de 96 fs (9,0 ciclos) a 3,2 μm con una energía de 1,2 μJ a una frecuencia de repetición de 100 kHz. Se permite la amplificación directa de impulsos de pocos ciclos en esta longitud de onda de IR medio, y puede ser inherentemente escalable a energías mayores. La fuente original del sistema se basa en la generación de una frecuencia diferencial (DFG) entre dos salidas de la misma fibra láser. Esta fuente se espera que sea intrínsecamente estable al CEO.

55 La invención propuesta en la solicitud de patente europea EP 1 724 634 A1 se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para una amplificación paramétrica de impulsos de luz ultracortos que comprende la generación de impulsos seminales y unos impulsos de bombeo, y la generación de unos impulsos de señal con una interacción de

los impulsos seminales y unos impulsos de bombeo en un amplificador óptico - paramétrico, y que comprende también la generación de unos impulsos de reloj mediante el desplazamiento de frecuencia de una fracción de los impulsos seminales de desplazamiento de frecuencia y la siempre de un dispositivo amplificador óptico con unos impulsos de reloj para generar los impulsos de bombeo.

5 El documento de ERNY C ET AL: "Amplificador de impulso comprimido paramétrico óptico de gran repetición que produce unos impulsos de 1 - [mu] J, sub - 100 - fs en el infrarrojo medio", Optics Express. Vol. 17, p. 1340 (2009), presenta un amplificador de impulsos comprimidos paramétrico óptico (OPCPA) de femtosegundos, con una frecuencia de repetición elevada. Su señal seminal se obtiene por la generación de una frecuencia diferencial procedente de la salida de un amplificador láser comercialmente disponible de fibras de Er. El amplificador paramétrico óptico es bombeado por un láser de estado sólido bombeado por diodos comercialmente disponible. En 10 un montaje de amplificación en dos etapas se consigue una ganancia de 100000, dando como resultado unos impulsos en el infrarrojo medio de aproximadamente 1 μ J femtosegundos en una gama de longitudes de onda de entre 4 y 4 μ m y un ancho de banda de amplificación de > 300 nm a una frecuencia de repetición de 100 KHz. Los impulsos son comprimidos a 92 fs por un compresor de 4 prismas.

15 El documento de FERNANDEZ A ET AL: "Amplificador paramétrico óptico estable de envuelta portadora de fase ampliamente sintonizable bombeado por un amplificador de fibra de iterbio monolítico", Optics Letters, vol. 34, p. 2799 (2009), desarrolla un extremo frontal robusto y eficiente para una cadena de amplificación paramétrica de impulsos comprimidos. Demuestra un convertidor de una frecuencia diferencial de banda ancha excitado por un amplificador de fibras adulteradas de Yb de femtosegundos monolíticos y unos impulsos libres descentrados de 20 envuelta portadora por la energía de decenas de nanoJulios sintonizables en la gama de longitudes de onda de 1200 nm hasta más allá de 2 μ m. Después de suministrar estos impulsos seminales, el sistema permite la sincronización óptica directa de los láseres de bombeo adulterados de Nd y de YB para una amplificación paramétrica posterior.

25 El documento US 2009/0244695 A1 presenta un enfoque diferente al problema de la amplificación de fuentes de luz, en este caso, mediante la utilización de un solo oscilador que se divide en dos brazos, uno de los cuales es espectralmente ensanchado mientras el otro es estirado, amplificado en el amplificador de almacenamiento de la ganancia, y comprimido. Las señales resultantes procedentes de ambos brazos alimentan un amplificador paramétrico óptico, que va seguido por un compresor adicional.

30 El CEP se define como en desfasaje entre el pico de la envolvente de amplitud y el pico del campo eléctrico portador. En el caso de impulsos de pocos ciclos (esto es, en cursos formados por solo unos pocos periodos del campo eléctrico portador, lo que significa que el impulso presenta solo uno o dos picos intensos por debajo de la envolvente de impulsos), el CEP es especialmente relevante cuando la forma y la resistencia del campo eléctrico cambia en función del CEP. Así, para operaciones repetibles se desea un CEP para cada impulso en un tren de impulsos láser.

35 Así mismo con el fin de generar una elevada ganancia sobre un ancho de banda amplio para la amplificación de impulsos ultracortos se conoce una técnica denominada Amplificación Paramétrica Óptica de Impulso Comprimido (OPCPA). Amplificando temporalmente los impulsos dilatados (esto es, los impulsos comprimidos) utilizando amplificadores paramétricos ópticos, es posible evitar corrientes intensas en los impulsos amplificados y, por lo tanto, alcanzar elevadas energías sin daños ópticos. La ganancia de un sistema OPCPA para un único paso a través 40 de un cristal no lineal es típicamente mucho mayor que la de un amplificador de almacenamiento de ganancia convencional. Así mismo, el espectro de ganancia puede ser extremadamente ancho de banda, y también puede estar centrado sobre una amplia gama de longitudes de onda centrales. Como resultado de la naturaleza paramétrica del proceso, casi no se transfiere energía al amplificador, lo que determina que el sistema quede libre de una deformación térmica lenticular y haciendo posible una operación multiKHz con una calidad satisfactoria de haz. Con el fin de conseguir la operación referida mediante una amplia ganancia de anchos de banda con longitudes 45 de onda centrales en diferentes partes del NIR y del IR medio, deben cumplimentarse las condiciones de ajuste de fase respectivas. Ello incluye la selección del cristal correcto, el uso de un haz de bombeo de alta calidad, la elección correcta de la semilla y de las duraciones de los impulsos de bombeo y en particular la sincronización temporal precisa del haz de semillas. Este último punto en particular ha constituido una limitación técnica pronunciada en 50 muchos de los sistemas mencionados anteriormente.

Como resultado de ello, persiste en el estado de la técnica la necesidad de una fuente de luz pulsada ultracorta estable con un ancho de banda amplio y que sea capaz de proporcionar un CEP estable.

Sumario de la invención

55 La presente invención resuelve los problemas referidos mediante la divulgación de una fuente de luz pulsada capaz de generar unos impulsos ultracortos en una gama amplia de anchos de banda con elevada estabilidad y un CEP estabilizado. La fuente de luz pulsada comprende un único medio de generación de impulsos, como por ejemplo un oscilador o un Maestro Oscilador y Amplificador de Potencia (MOPA), para generar una señal pulsada s_0 (centrada

en una longitud de onda predefinida λ_s , con una posible amplificación final, que se divide en tres o más brazos (un primero y un segundo brazos para generar una potencia de salida en vacío y un tercer brazo para generar una potencia de salida de bombeo con brazos adicionales para cualquier mezcla de amplificación o frecuencia), garantizando la coherencia y la sincronización temporales entre las señales transmitidas a través de dichos brazos.

5 El primer brazo en vacío (3), el segundo brazo en vacío (4) y el brazo de bombeo (5) comprenden unos amplificadores de fibras (2) adaptados para amplificar la señal pulsada a partir del medio de generación de impulsos (1).

10 El primer brazo no aplica necesariamente ciclo alguno de modificación adicional a la señal pulsada s_0 (aunque puede incluir un desplazamiento de frecuencia, unas etapas de amplificación u otros módulos de acondicionamiento de señal, generando así una longitud de onda λ_0 . El segundo brazo comprende unos medios de desplazamiento de la longitud de onda los cuales desplazan la señal pulsada s_0 hasta una segunda longitud de onda λ_1 . Las señales resultantes de los primero y segundo brazos son a continuación mezclados en frecuencia, de modo preferente mediante un Cristal de Generación de Frecuencia Diferencial (DFG), dando como resultado una señal en vacío de ancho de banda amplia centrada en una longitud de onda mayor λ_2 , ópticamente situada en, pero no restringida a, el infrarrojo medio (IR medio). Con el fin de alcanzar los umbrales de energía para activar la DFG, se exige que las señales procedentes de ambos brazos sean impulsos ultracortos de ancho de banda. Así mismo, cuando las señales generadas en los primero y segundo brazos proceden del mismo oscilador, tienen la ventaja de presentar un CEP idéntico y una sincronización temporal perfecta.

15 El primer brazo en vacío (3) y el segundo brazo en vacío (4) están adaptados para mantener la misma envolvente de fase portadora entre una primera señal auxiliar generada por el primer brazo en vacío y una segunda señal auxiliar generada por el segundo brazo en vacío, comprendiendo dicha envolvente de fase portadora una variación aleatoria. Dicha variación aleatoria es cancelada por el medio de mezcla de señal (8) adaptado para cancelar la variación aleatoria de la envolvente de fase portadora.

20 De modo preferente, las señales procedentes del primer brazo y del segundo brazo son acopladas antes de la mezcla de frecuencias, reduciendo así la necesidad de alineación del sistema. El sistema comprende un dilatador de impulsos que opera sobre la potencia de salida en vacío.

Longitudes de onda más cortas (λ_2) que el IR medio pueden ser generadas a partir de dichos dos brazos, ya sea doblando la señal de frecuencia s_0 , de ambos brazos de entrada en la etapa de la DFG, o después de la etapa de la DFG.

25 El tercer brazo (esto es, el brazo de bombeo), comprende, de modo preferente, un medio de desplazamiento de la longitud de onda antes y / o después de la amplificación, para desplazar la señal de impulsos original s_0 a una tercera longitud de onda λ_3 , más corta que λ_2 .

30 El tercer brazo emplea técnicas para controlar el ancho de banda y la estructura temporal para adaptar la longitud de onda, el ancho de banda y la potencia de la energía de salida de bombeo, haciendo con ello posible que la fuente de luz proporcione unos impulsos ultracortos estables en una amplia gama operativa. Las técnicas incluyen al menos un medio de estrechamiento de la longitud de onda adaptado para reducir el ancho de banda espectral de la potencia de salida de bombeo.

35 Finalmente, la potencia de salida de bombeo y la potencia de salida en vacío son recibidas en una etapa de amplificación, que comprende, de modo preferente, una o más etapas OPCPA, en las que al menos una etapa de amplificación paramétrica óptica de pulso comprimido (13) está adaptada para preservar la envolvente de fase portadora, y la potencia de salida de dicha etapa de amplificación es comprimida por un compresor de impulsos, y el compresor de impulsos está adaptado para generar impulsos de luz ultracortos con una envolvente de fase portadora estable.

40 De modo preferente, el compresor de impulsos compensa la dispersión residual de orden más alto, ya sea por medio de una compensación de dispersión programable, mediante una placa de fase fija, o bien con espejos de compresión.

De modo ventajoso, la OPCPA preserva el CEP, opera en una amplia gama de anchos de banda y, mediante el ofrecimiento de una ganancia de paso único muy alta, hace posible que la fuente de luz pulsada sea construida dentro de un sistema compacto con cantidades bajas de materiales amplificadores dispersivos.

45 Estas y otras ventajas se pondrán de manifiesto a la luz de la descripción detallada de la invención.

Breve descripción de los dibujos

50 Con el fin de contribuir a la comprensión de las características de la invención de acuerdo con una de sus formas de realización prácticas preferentes y, con el fin de complementar esta descripción, se adjunta la figura incorporada como parte integral de la misma, que tiene un carácter ilustrativo y no limitativo:

La Figura 1 muestra un esquema de la fuente de luz pulsada de la invención de acuerdo con una forma de realización preferente.

Descripción detallada de la invención

5 Las cuestiones definidas en esta descripción detallada se ofrecen para ayudar a la comprensión integral de la invención. Por consiguiente, los expertos en la materia advertirán que pueden llevarse a cabo variantes, cambios y modificaciones de las formas de realización descritas en la presente memoria, sin apartarse del alcance de la invención. Así mismo, se debe advertir que los valores de las longitudes de onda, energía y duración de las señales ópticas se representan para facilitar la comprensión de la invención. Estos valores deben ser considerados como
10 meros ejemplos, en cuanto otras combinaciones de dichos valores pueden ser utilizadas para generar los impulsos ultracortos.

Nótese que en este texto, el término “comprende” y sus derivados (como por ejemplo “que comprende”, etc.) no deben entenderse en sentido excluyente, esto es, estos términos no deben ser interpretados de forma que excluyan la posibilidad de que lo que se describe y define pueda incluir otros elementos, etapas, etc.

15 La Figura 1 presenta un esquema preferente de la fuente de luz pulsada de la presente invención. De acuerdo con dicho esquema, un oscilador de fibras 1 genera una señal pulsada original con unos impulsos de banda ancha con una duración de femtosegundos y una energía entre picoJulios y nanoJulios. Dicha señal pulsada original generada por el oscilador presenta una longitud de onda central de 1550 nm, y es alimentada hacia tres brazos. Un primer brazo en vacío 3, un segundo brazo en vacío 4 y un brazo de bombeo 5. Los tres brazos pueden incluir
20 amplificadores de fibras 2.

Mientras el primer brazo en vacío 3 mantiene la longitud de onda de la señal pulsada original, el segundo brazo en vacío 4 presenta unos segundos medios de desplazamiento de longitud de onda 6 que desplazan su longitud de onda a 1030 nm. El desplazamiento de longitud de onda puede llevarse a cabo mediante un desplazamiento Raman, propagación en una fibra óptica no lineal, en una fibra de cristal fotónico o en un filamento de un material o gas a
25 granel. Después de recombinar el resultado de ambos brazos por medio de un acoplador 7, los impulsos a 1550 nm y los impulsos a 1030 nm presentan un solapamiento espacial perfecto y una fluctuación de la temporización típicamente por debajo de 10^{-17} s. Cuando los impulsos en las mismas longitudes de onda provienen del mismo oscilador 1, presentan un CEP no estabilizado pero idéntico (el desplazamiento de longitud de onda implica un desplazamiento del CEP constante pero no modifica ninguna variación aleatoria).

30 Los impulsos de solapamiento de 1550 nm y 1030 nm alimentan un cristal de DFG 8, que genera la potencia de salida en vacío (también denominada “señal en vacío”) situándose los impulsos estables del CEP en el IR medio (3200 nm), que presentan un ancho de banda amplio y unas energías que van de picoJulios a nanoJulios. La onda en vacío transporta la diferencia de fase entre la señal de entrada de DFG (primera señal auxiliar, centrada en 1550 nm) y la bomba de DFG (segunda señal auxiliar, centrada en 1030 nm) de forma que la parte variable aleatoria del CEP se cancela, dejando solo un valor de CEP fijo y constante. Se ha demostrado que esta estabilización CEP pasiva proporciona una estabilidad tan satisfactoria o mejor que la de los sistemas electrónicos del estado de la técnica. Es sensible solo a los cambios de temporización entre los impulsos de señal y de bombeo como desplazamiento desde el oscilador común hasta la etapa de la DFG - para láseres de fibra esto ha sido medido resultando un nivel 1 tan bajo como correspondiente a un cambio de CEP de 2 mrad. Esta estabilización pasiva no
40 tiene limitación de tiempo debido a su naturaleza pasiva. Se ha demostrado una estabilidad de hasta 200 h.

Un dilatador de tiempo 9 finalmente dilata la potencia de salida en vacío antes de que entre en la etapa de OPCPA 13. Adviértase que se puede utilizar más de una etapa de OPCPA 13 con el fin de conseguir las potencias de salida deseadas. El dilatador de tiempo 9 se puede conseguir utilizando, ya sea la dispersión de material o bien elementos ópticos dispersivos que provoquen longitudes de onda diferentes que se desplacen a lo largo de longitudes de trayectoria diferentes, como por ejemplo, dos enrejados paralelos.
45

La OPCPA es también alimentada por una señal de bombeo generada por el brazo de bombeo 5, que comprende:

- unos segundos medios de desplazamiento de longitud de onda 10 que desplazan la longitud de onda central a 1064 nm. Este puede ser cualquier medio de desplazamiento de longitud de onda referido, descrito anteriormente con relación al brazo en vacío 2.

50 - un medio de estrechamiento de longitud de onda 11 según el cual la señal de bombeo comprende unos impulsos de picosegundo con un ancho de banda estrecha y unas energías que van de picoJulios a nanoJulios. El estrechamiento de la longitud de onda se puede conseguir utilizando enrejados de Bragg de fibras, un filtro de línea láser, o un preamplificador de ganancia estrecha.

- un amplificador láser de bombeo 12.

Después de la interacción de las señales en vacío y de bombeo en la OPCPA, se incluye un compresor para genera impulsos de salida de ancho de banda de IR medio con duraciones por debajo de 100 fs y un CEP estable.

- 5 En otra forma de realización preferente, pueden ser generados impulsos de salida en longitudes de onda más cortas, por ejemplo, en el IR cercano, mediante la inclusión de unos medios de doblado de frecuencia, ya sea en la señal pulsada original s_0 , en ambos brazos de entrada a la etapa de DFG (esto es, en los brazos en vacío), o después de la etapa de DFG.

REIVINDICACIONES

1- Fuente de luz pulsada que comprende:

- unos medios de generación de impulsos (1) adaptados para generar una señal pulsada a una primera longitud de onda;
- 5 - un primer brazo en vacío (3) adaptado para recibir la señal pulsada procedente de los medios de generación de impulsos (1) para generar una primera señal auxiliar a la primera longitud de onda;
- un segundo brazo en vacío (4) adaptado para recibir la señal pulsada procedente de los medios de generación de impulsos (1) y que comprende unos primeros medios de desplazamiento (6) adaptados para generar una segunda señal auxiliar a una segunda longitud de onda; estando el primer brazo en vacío (3) y el segundo brazo en vacío (4) adaptados para mantener la misma envolvente de fase portadora entre la primera señal auxiliar y la segunda señal auxiliar, en la que dicha envolvente de fase portadora comprende una variación aleatoria;
- 10 - unos medios de mezcla de señales (8) adaptados para mezclar la primera señal auxiliar y la segunda señal auxiliar, para generar una salida en vacío a una tercera longitud de onda y para cancelar la variación auxiliar de la envolvente de fase portadora;
- 15 - un brazo de bombeo (5) adaptado para recibir la señal pulsada procedente de los medios de generación de impulsos (1) y para generar una salida de bombeo;
- al menos una etapa de amplificación paramétrica óptica de impulso comprimido (13) adaptada para recibir la salida en vacío y la salida de bombeo, para amplificar la salida en vacío y para preservar la envolvente de fase portadora;
- 20 - un compresor de impulsos (14) adaptado para reducir una longitud temporal de la salida en vacío amplificada y para generar impulsos de luz ultracortos con una envolvente de fase portadora estable, **caracterizada porque** la fuente de luz pulsada comprende también:
 - unos medios de dilatación de impulsos (9) adaptados para dilatar los impulsos de la salida en vacío;
 - unos medios de estrechamiento de la longitud de onda (11) adaptados para reducir el ancho de banda espectral de la salida de bombeo;
 - unos amplificadores de fibras (2) dispuestos en el primer brazo en vacío (3), el segundo brazo en vacío (4) y el brazo de bombeo (5) adaptados para amplificar la señal pulsada procedente de los medios de generación de impulsos (1).
- 25
- 30

2.- Fuente de luz pulsada de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el medio de generación de impulsos (1) es un Sistema Maestro Oscilador y Amplificador de Potencia.

3.- Fuente de luz pulsada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el primer brazo en vacío y el segundo brazo en vacío comprenden además una segunda etapa de generación de armónicos.

35 4.- Fuente de luz pulsada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el brazo de bombeo (5) comprende además un segundo medio de desplazamiento de longitud de onda (10) configurado para desplazar la longitud de onda de la señal pulsada procedente del medio de la generación de impulsos (1) a una tercera longitud de onda.

40 5.- Fuente de luz pulsada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el brazo de bombeo (5) comprende además un amplificador (12) adaptado para amplificar la salida de bombeo.

6.- Fuente de luz pulsada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende también un medio de acoplamiento (7) adaptado para acoplar la primera señal auxiliar y la segunda señal auxiliar antes del medio de mezcla de señales (8).

45 7.- Fuente de luz pulsada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el compresor de impulsos (14) comprende además un medio de compensación de dispersión programable.

8.- Fuente de luz pulsada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el compresor de impulsos (14) comprende además una placa de fase fija adaptada para compensar la dispersión.

50 9.- Fuente de luz pulsada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el compresor de impulsos (14) comprende además unos espejos dieléctricos de compresión adaptados para compensar la dispersión.

10.- Fuente de luz pulsada de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el medio de mezcla de señales (8) es un Cristal de Generación de Frecuencia Diferencial.

11.- Fuente de luz pulsada de acuerdo con la reivindicación 10, en la que la primera señal auxiliar y la segunda señal auxiliar comprenden impulsos ultracortos de banda ancha.

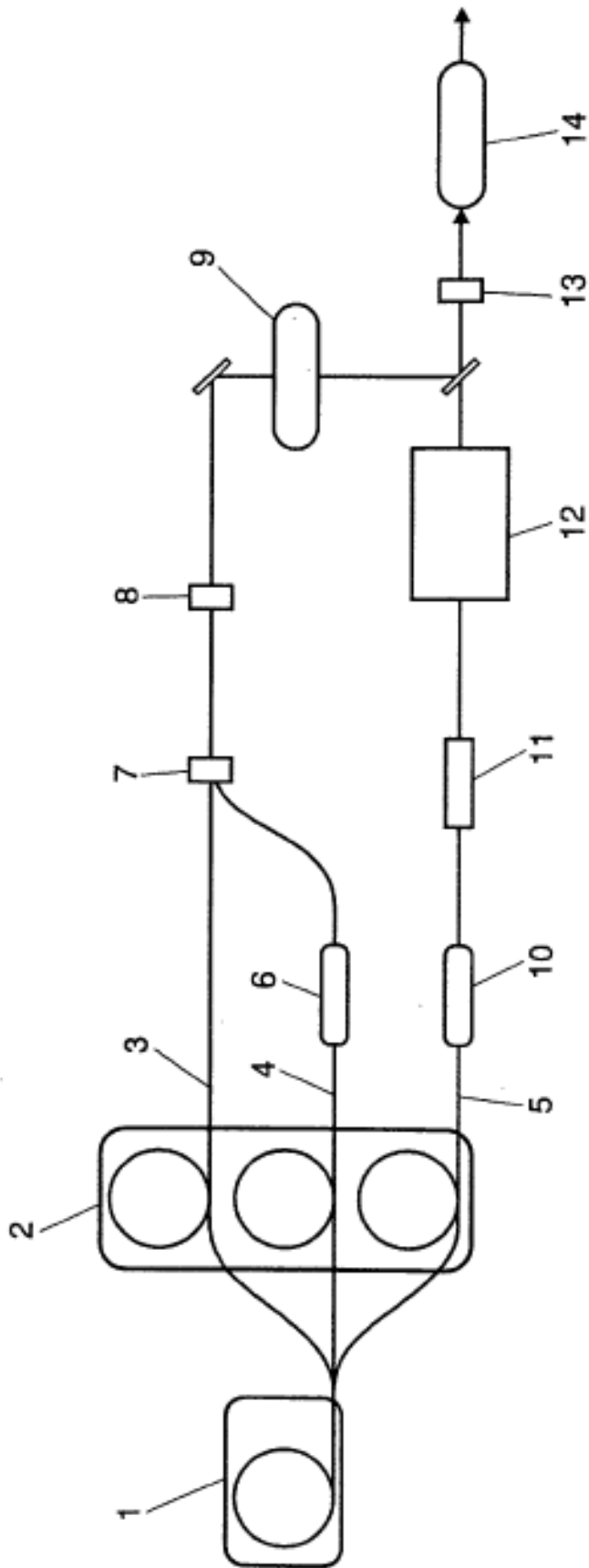


FIG. 1