

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 826 198**

51 Int. Cl.:

G02F 1/35 (2006.01)

G02F 1/39 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.11.2014** **PCT/FR2014/053081**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.06.2015** **WO15079187**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2014** **E 14830971 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2020** **EP 3074815**

54 Título: **Sistema para generar impulsos ópticos cortos de duración inferior al periodo del portador óptico que utiliza el principio de amplificación paramétrica**

30 Prioridad:

28.11.2013 FR 1361742

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

17.05.2021

73 Titular/es:

FASTLITE (100.0%)
165, rue des cistes, Pôle Entreprise Euro 95,
Bâtiment D
06600 Antibes, FR

72 Inventor/es:

FORGET, NICOLAS

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 826 198 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

Sistema para generar impulsos ópticos cortos de duración inferior al periodo del portador óptico que utiliza el principio de amplificación paramétrica

5 La presente invención se refiere a un generador y un procedimiento para la generación de impulsos ópticos de duración inferior al ciclo óptico en el infrarrojo.

Este dispositivo y este procedimiento se aplican, en especial, a la amplificación paramétrica óptica simultánea, colineal y coherente de dos impulsos armónicos de igual polarización.

10 De una manera general, se sabe que las fuentes láser pulsadas son características para un confinamiento temporal de la emisión luminosa. Es habitual describir el campo eléctrico de estos impulsos en términos de envolvente y de portador: un campo eléctrico es por tanto el producto de un campo oscilante con un período referido como $T_0 = \lambda_0/c$ (portador óptico) para una función lentamente variable a la escala de T_0 (envolvente). Para las fuentes láser ultra breves, la duración de la corriente es típicamente de varias decenas de femtosegundos (1 femtosegundo = 10^{-15} s) es decir una duración normalmente superior a la del periodo del ciclo óptico en el infrarrojo medio o próximo. A 800 nm, por ejemplo, el ciclo óptico es de 2,7 femtosegundos.

15 Para ciertas aplicaciones, impulsos de duración igual o inferior al ciclo óptico, a continuación denominados impulsos de subciclos, son ventajosos. El campo eléctrico es por tanto un campo transitorio, lo que es una condición favorable para la generación de armónicos elevados X-UV en los gases o los sólidos. Dichos impulsos permiten, en particular, generar, de forma eficiente, impulsos de attosegundos cuya duración puede alcanzar varias decenas de attosegundos (1 attosegundo = 10^{-18} s) ("*Tailoring a 67 attosecond pulse through advantageous phase-mismatch*", K. Zhao et al, Optics Letters 37, 3891-3893 (2012).)

25 La generación y la amplificación de impulsos ópticos de duración de subciclo es, sin embargo, difícil debido a la banda espectral asociada. Un impulso de subciclo necesita de hecho un soporte espectral que corresponda aproximadamente a una octava. Dicho de otra manera, el espectro de un impulso de subciclo cuyo portador está a la frecuencia óptica ν_0 debe cubrir como mínimo el intervalo espectral $[0,5 \nu_0, 1,5 \nu_0]$. Dichas bandas, son normalmente superiores a las que permite los mejores láser y hace falta recurrir a técnicas de amplificación no lineales complejas.

30 Por otro lado, para ser experimentalmente utilizable, es preferible que la envolvente de los impulsos este perfectamente sincronizada con la fase del portador óptico. La estabilización y el control de la fase relativa entre la envolvente y el portador (fase designada por el acrónimo anglosajón CEP para *Carrier-Envelope Phase*) son en efecto necesarios para que el campo eléctrico conserve sus propiedades de un impulso al otro. La estabilización de la CEP requiere dispositivos elaborados y costosos cuya implementación es a menudo compleja.

35 A título de ejemplo, la publicación "*High-energy pulse synthesis with sub-cycle waveform control for strong-field physics*" por S-W Huang et al. (Nature Photonics 5, 475-479 (2011)) describe un concepto de fuente que comprende un generador de pulsos ultracortos cuya fase CEP se estabiliza activamente, un dispositivo para extender el espectro de estos impulsos en el infrarrojo, dos formadores de impulso, dos series de amplificadores parámetros ópticos bombeados no colinealmente por dos longitudes de onda de bomba y un sistema de puesta en fase controlada o por un aparato de medida basado en una detección de correlación cruzada. La publicación "*Infrared Multimillijoule Single-Filament Supercontinuum Generation*", de O.D. Mücke et al. (Conferencia 2009 OSA/CLEO/IQEC, JWD6) es otro ejemplo de generación de impulsos cortos CEP estables.

40 El objeto de la invención es proponer un dispositivo que permita la generación de impulsos ópticos de duración de subciclo y CEP estables por medio de un amplificador paramétrico óptico con derivada de frecuencia modificada de manera que no se necesita ni un espectro inicial que cubra la octava, ni un proceso de agrandamiento espectral a la octava, ni una estabilización activa de la EPC. La idea principal de la invención se basa en la síntesis coherente y la coamplificación de dos bandas espectrales armónicas.

45 La invención tiene por objeto un sistema para generar impulsos ópticos cortos de duración inferior al periodo del portador óptico que utilizan el principio de aplicación como se indica en las reivindicaciones.

Dicho sistema puede además comprender un dispositivo dispersivo que realiza una compresión y que lleva los impulsos que provienen del dispositivo programable a su duración mínima.

Este sistema puede comprender un dispositivo de amplificación paramétrica que recibe los impulsos no comprimidos que provienen del dispositivo programable.

50 Uno o cada dispositivo programable de control del retraso y de la fase espectral puede ser un filtro acústico-óptico dispersivo programable.

El sistema según la invención puede además comprender una fuente de bomba para uno y/o el otro de los generadores, comprendiendo dicho puente de bomba con preferencia medios de amplificación paramateriales dopados por iones de Erblio.

Según un primer modo de realización, el primer generador se obtiene a partir de la fuente de bomba por un proceso óptico no lineal.

Según un segundo modo de realización, el segundo generador se obtiene a partir de la fuente de bomba por un proceso óptico no lineal.

- 5 Cuando los generadores comprenden fuentes independientes, el sistema puede, de forma ventajosa, comprender medios para sincronizar los impulsos que provienen del primer y segundo generadores.

Un modo de implementación de un dispositivo según la invención se describe a continuación, a título de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos anexos en los cuales:

- la figura 1 es una representación esquemática de la estructura del sistema óptico según la invención; y

- 10 - la figura 2 ilustra espectros obtenidos en diversos lugares del sistema de la figura 1.

La amplificación de impulsos de láser ultracortos por efecto paramétrico se describe en la literatura. Un impulso de "señal", de frecuencia f_1 óptica central, integra toda en un material que presenta propiedades ópticas no lineales con un impulso de potencia más elevada (impulso de "bomba") y de frecuencia f óptica. El contenido de frecuencia de impulso de "señal" debe ser grande para permitir la producción de impulsos ultracortos, siendo el impulso de "bomba" en general de banda espectral más estrecha. En el transcurso de la interacción, una parte de la energía de impulso de la "bomba" se transfiere al impulso de "señal" que se amplifica. De forma simultánea, se genera un tercer impulso y se coamplifica. Este tercer impulso es designado en la literatura anglosajona por el término "*idler*" y las relaciones de conservación de la energía obligan a este impulso a tener una frecuencia $f_2 = f - f_1$ central. La limitación de "acuerdo de fase" obliga, del mismo modo a que la CEP de impulso de "*idler*" sea igual, en una constante cercana, a la diferencia entre los CEP de los impulsos de "bomba" y de "señal". Si esta diferencia es constante de manera repetitiva (es decir, de un impulso a otro), por tanto la CEP del impulso de "*idler*" es estable en el tiempo, incluso si ni el impulso de "bomba" ni el impulso de "señal" poseen esta propiedad.

Una elección de frecuencia óptica remarcable para el impulso de señal es $f_1 = 2 \cdot f / 3$. De hecho, en este caso particular, la frecuencia óptica de impulso de "*idler*" es $f_2 = f - f_1 = f / 3 = f_1 / 2$. La frecuencia f_1 óptica del impulso de "señal" es por tanto exacta armónica del impulso de "*idler*", de frecuencia f_2 . Esta elección de frecuencias ópticas esa continuación denominada "3-2-1" con referencia a los valores de las longitudes de onda ópticas de los impulsos de "bomba", de "señal" y de "*idler*" (respectivamente $\lambda/3$, $\lambda/2$ y λ , si λ es la longitud de onda del "*idler*").

Para la generación de impulsos de gran potencia, se combina el principio de amplificación paramétrica con el de amplificación de derivada de frecuencia que consiste en extender temporalmente el impulso de "señal" y el impulso de "bomba" para disminuir la potencia instantánea, siendo posteriormente vuelta a comprimir la "señal" simplificada para tener un impulso corto. Se habla por tanto de amplificación paramétrica de derivada de frecuencia, designada por la sigla OPCPA (*Optical Parametric Chirped Pulse Amplification*) en la literatura anglosajona. A la salida del amplificador paramétrico óptico, el impulso de "*idler*" presenta una derivada de frecuencia que es, en el caso particular de una "bomba" casi monocromática o de ancho espectral inferior a la de la "señal", de un signo opuesto a la del impulso de "señal". Por tanto no es posible, en general, utilizar un umbral y el mismo dispositivo para volver a comprimir los impulsos de "*idler*". En la práctica, será necesario separar, geoméricamente, los haces de "señal" y de "*idler*", volverlos a comprimir de forma separada después de recombinarlos de manera coherente. Estas operaciones no son triviales, presentan dificultades técnicas y una complejidad importantes y no han sido, hasta donde sabemos, jamás objeto de publicación. Por otro lado, la separación espacial de los haces vuelve a introducir fuentes posibles de fluctuación de la fase relativa entre los impulsos de "señal" y de "*idler*", lo que complica mucho más su recombinación.

La presente invención se coloca en el contexto de una arquitectura OPCPA de tipo "3-2-1" que comprende al menos dos amplificadores paramétricos y para los cuales los impulsos de "señal" y de "bomba" presentan una diferencia de CEP estable en el tiempo. La invención introduce dos dispositivos suplementarios en la arquitectura OPCPA:

- por un lado, una etapa de generación de segundo armónico insertada entre dos amplificadores paramétricos ópticos,

- por otro lado, un dispositivo de inversión del signo de la derivada de frecuencia y de puesta en fase.

La etapa de segundo armónico permite generar a partir del impulso de "*idler*" que proviene del primer amplificador paramétrico (de frecuencia $f_1/3$ óptica) un impulso a la frecuencia óptica $2 \cdot f_1/3$ que es idéntica a la frecuencia óptica desde el impulso de "señal" del primer amplificador paramétrico. Esta identidad resulta directamente de la elección de frecuencias "3-2-1" y permite perseguir la amplificación paramétrica en las etapas de amplificación siguientes. El impulso "*idler*" de siendo CEP estable, el impulso de "*idler*" doblado en frecuencia lo es igualmente y la diferencia de CEP entre los mismos es igualmente estable en el tiempo. Un acuerdo de fase de tipo 0 permite además al segundo armónico ser polarizado linealmente como impulso de "*idler*". La combinación del impulso de "*idler*" y de su armónico presenta por tanto todas las propiedades buscadas: una anchura espectral superior a la octava, una coherencia espacial y espectral, una CEP estable. Los impulsos armónicos forman un solo impulso que se puede describir como un impulso de portador óptico $f/2$ y de anchura espectral $> f/3$. Si la anchura espectral del impulso de "señal" de inicio

es, por ejemplo, de $f/6$, por tanto los impulsos armónicos combinados cubren una anchura espectral de $f/2$, es decir una octava completa con respecto al portador óptico.

Con el fin de proceder a la amplificación de estos impulsos es necesario acordar las derivadas de frecuencia, los retardos y las fases absolutas entre estas dos bandas con una precisión de detalle del orden de una fracción de periodo óptico, típicamente muy inferior a 1 fs. Esta operación ultraprecisa puede ser realizada de forma ventajosa por medio de un dispositivo dispersivo programable tal como un filtro acústico-óptico dispersivo programable (AOPDF).

Fuentes de luz, que combinan un amplificador paramétrico con dispositivos de óptica no lineal exteriores como un generador de segundo armónico o un generador de diferencia de frecuencia con el objetivo de aumentar la gama de frecuencias que pueden estar cubiertas, han sido descritos en la literatura (Miller et al., PCT WO 2005/112207 A1).

La presente invención utiliza dicha combinación, pero se distingue en especial de Miller et al en que:

- la invención permite la coamplificación de los impulsos de frecuencia f_2 y $2*f_2$ en un solo e mismo amplificador paramétrico: mismos impulsos de “bomba”, misma polarización, misma dirección de propagación, mismo tipo de cristal no lineal,

- la invención no necesita un impulso de “señal” de inicio que posea una anchura espectral que se aproxime a o que cubra la octava; de hecho, la invención permite generar la octava a partir de una anchura espectral más reducida,

- la generación de segundo armónico es esencial: no se utiliza para aumentar la cobertura espectral de la invención.

Si la fuente de la “señal” a la frecuencia f_1 fuera independiente del láser de “bomba” a la frecuencia f , la realización de la invención requeriría un mecanismo complejo de sincronización entre estas dos fuentes láser, con el fin de asegurar que sean presentadas, de forma simultánea, en el amplificador paramétrico. Una realización preferida de la invención consiste por tanto en generar, por ejemplo, la fuente de la “señal” a partir del impulso de “bomba”, según procedimiento descrito por ejemplo por Cerullo et al. (“*Ultrafast optical parametric amplifiers*”, Rev. Sci. Instrum. 74, 1 (2003)). Varios mecanismos de base óptica no lineal son conocidos para generar un impulso de banda ancha, denominado supercontinuo, a partir de un impulso intenso de banda espectral más estrecha y de frecuencia central diferente. Se trata por ejemplo de la interacción no lineal con el vidrio en una fibra óptica, de la interacción no lineal con un cristal macizo o de la interacción con un gas en una fibra hueca. Se utilizará una interacción de este tipo para generar a partir de la “bomba” de frecuencia f un impulso de espectro amplio que incluye la frecuencia $2*f/3$. Un filtro espectral puede extraer de este espectro amplio las frecuencias destinadas a formar el impulso de “señal” que se amplifica a continuación por el amplificador paramétrico.

Una segunda posibilidad es generar la fuente de “bomba” a partir de un impulso de “señal” por un mecanismo equivalente: se utiliza una interacción no lineal para generar a partir de la “señal” de frecuencia $2*f/3$ un impulso de espectro amplio que incluya la frecuencia f . Un filtro espectral extrae este espectro amplio las frecuencias destinadas a formar el impulso de “bomba” que es a continuación amplificado por amplificadores láser de potencia.

Una tercera posibilidad, descrita, por ejemplo por Adachi et al. (“*1.5 mJ , 6.4 fs parametric chirpedpulse amplification system at 1 kHz*”, Optics Letters, Vol. 32, Issue 17, pp. 2487-2489 (2007)) es partir de una fuente que genera impulsos que poseen una banda espectral que cubre a la vez la frecuencia f y la frecuencia $2*f/3$. Un filtro espectral extrae de este espectro amplio inicial un intervalo de frecuencias a continuación amplificado por amplificadores láser de potencia y finalmente convertido por generación de segundo armónico para formar el impulso de “bomba”. Un segundo filtro espectral extrae del espectro amplio inicial las frecuencias destinadas a formar el impulso de “señal” que a continuación se amplifica por el amplificador paramétrico.

En resumen, el principio de la invención permite, a partir de un impulso de “bomba” de espectro estrecho y de frecuencia f y de un impulso de “señal” síncrono del espectro largo centrado en la frecuencia $f_1=2*f/3$, generar y amplificar un impulso de ancho espectral superior a $f/3$ a la frecuencia óptica $f/2$. Esta generación se asegura por los elementos siguientes:

- una etapa de amplificación paramétrica que crea, por diferencia de frecuencia, una onda complementaria a la frecuencia $f_2=f-f_1$,

- el filtrado de la banda alrededor de $f_2=f-f_1$ y la generación del segundo armónico $2*f_2=f_1$ por un acuerdo de fase de tipo 0,

- el cambio y el ajuste de la derivada de frecuencia del impulso a la frecuencia $2*f_2$ con el fin de que este impulso interfiera de forma constructiva con el impulso a la frecuencia f_2 en el compresor final.

Además, la elección “3-2-1”, que es un carácter esencial de la invención, garantiza que los impulsos a las frecuencias f_2 y $2*f_2$ puedan ser coamplificados en las fases de amplificación paramétrica siguientes por medio de los mismos impulsos de “bomba” que para la primera fase de amplificación paramétrica.

La invención se comprenderá mejor considerando el ejemplo de realización siguiente presentado en la figura 1. La fuente P de bomba está constituida por una cadena de generación y de amplificación de impulsos a base de materiales

amplificadores que contienen iones de Yterbio. La misma emite impulsos intensos a la longitud de onda de $\lambda/3$, correspondientes a la frecuencia f . En el ejemplo ilustrado $\lambda/3 = 1030$ nm. La salida óptica de esta fuente es dividida por un separador BS de haces inyectados respectivamente en tres brazos B1, B2 y B3. El haz del primer brazo B1 está focalizado en un cristal SC de YAG que permite generar un supercontinuo que cubre al menos un intervalo de 1300-1900 nm. La salida de este supercontinuo sirve como canal de "señal".

El haz del segundo brazo B2 está centrado sobre la longitud $\lambda/3$ de onda y la frecuencia f . El segundo brazo B2 sirve como canal de "bomba".

Los haces que provienen del primer brazo B1 y del segundo brazo B2 se combinan colinealmente en un primer dispositivo R1 de recombinación y se inyectan en un primer amplificador OPA1 paramétrico óptico que realiza la función de diferencia de frecuencias.

De forma ventajosa, el impulso de "señal" ha sido modificado, antes de la recombinación, por un primer dispositivo de control del retraso y de la fase DCDP1 para obtener un recubrimiento temporal óptimo de los impulsos de los primer y segundo brazos B1, B2 con el fin de optimizar el mecanismo de amplificación paramétrica con derivada de frecuencia. Un primer filtro F1 se dispone, de forma ventajosa, entre la salida del supercontinuo SC y el primer dispositivo de control del retraso y de la fase DCDP1, con el fin de seleccionar una "señal" centrada sobre la frecuencia $\lambda/2 = 1545$ nm correspondiente a la frecuencia f_1 .

De forma ventajosa, el primer amplificador OPA1 paramétrico óptico es a base de un cristal de Niobato de litio dopado MgO, cuya polarización es periódicamente invertida ("*Periodically Poled Lithium Niobate*"). Este tipo de dispositivo asegura un casi acuerdo de fase entre los impulsos de longitud de onda $\lambda/3$ a 1030 nm y los comprendidos en la banda de 1300-1900 nm, permitiendo la amplificación a lo largo de una banda amplia espectral y una configuración colineal de una "señal" centrada sobre la longitud de onda $\lambda/3 = 1545$ nm.

Una salida "idler" centrada sobre la longitud de onda $\lambda = 3090$ nm se selecciona por un segundo filtro F2. El filtro F2, está por tanto previsto para extraer de la salida del primer amplificador OPA1 una banda centrada a una longitud de onda sensiblemente igual a λ . En el ejemplo ilustrado, este filtro F2 está constituido de uno o varios espejos dicróicos.

La salida del filtro F2 es inyectada en un cristal no lineal SH, igualmente del tipo MgO:PPLN, que opera como generador de segundo armónico.

Un segundo dispositivo de control del retraso y de la fase DCDP2 controla el retraso y la fase de las componentes espectrales que provienen del cristal SH. El "idler" y su armónico interfieren para formar un impulso cuya longitud de onda óptica media está centrada sobre $2*\lambda/3 = 2060$ nm, correspondiente a una frecuencia igual a $f/2$. Si el espectro de la "señal" cubre el intervalo 1300-1900 nm, por tanto el "idler" y su segundo armónico cubren el conjunto del intervalo espectral de 1125-4345 nm y este espectro soporta un impulso de duración de subciclo.

El haz del tercer brazo B3 está centrado sobre la longitud de onda y la frecuencia f . El tercer brazo B3 sirve por tanto de canal de "bomba".

Un segundo dispositivo R2 de combinación combina de manera casi colineal el haz formado por la salida del segundo dispositivo de control del retraso y de la fase DCDP2 con el haz del tercer brazo de "bomba" B3 y dirige los haces combinados hacia un segundo amplificador OPA2 paramétrico óptico. Este amplificador es del mismo tipo que el primero OPA1. El mismo aumenta la energía de impulso que provienen del segundo dispositivo de control del retraso y de la fase DCDP2.

Finalmente, este sistema C dispersivo constituido, por ejemplo, por una lama gruesa de silicio permite comprimir los impulsos a su duración mínima y forma un impulso de duración de subciclo.

La figura 2 muestra, esquemáticamente, los efectos obtenidos en las diversas etapas del sistema de la figura 1:

- El espectro 2a es el espectro de la fuente P de bomba;
- El espectro 2b es el espectro del supercontinuo en la salida del cristal SC;
- El espectro 2c es el espectro obtenido a la salida del primer filtro F1;
- El espectro 2d es el espectro obtenido a la salida del primer amplificador OPA1 paramétrico;
- El espectro 2e es el espectro obtenido a la salida del segundo filtro F2; y
- El espectro 2f es el espectro obtenido a la salida del generador del segundo armónico SH.

Es evidente que los impulsos que provienen de los brazos B1 y B2 antes de la recombinación R pueden, sin pérdida de generalidad, ser emitidos de dos fuentes ópticas sincronas, a continuación denominadas generadores S y P.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para generar impulsos ópticos cortos de duración inferior al periodo del portador óptico que utiliza el principio de amplificación paramétrica, caracterizado porque comprende:
 - 5 - un primer generador de impulsos ópticos (P, B1) que entrega impulsos a una longitud de onda sensiblemente igual a $\lambda/2$, y de una longitud espectral inferior a $\lambda/3$, comprendiendo dicho primer generador un cristal (SC) que permite generar un supercontinuo y un primer filtro (F1), dispuesto de forma ventajosa a la salida de dicho cristal (SC), permitiendo dicho primer filtro seleccionar una señal centrada sobre una frecuencia (f_1) igual a $\lambda/2$;
 - un segundo generador de impulsos ópticos (B2) que entrega impulsos de una duración inferior a 10 picosegundos a una longitud de onda sensiblemente igual a $\lambda/3$;
 - 10 - un dispositivo (R1) para recombinar colinealmente los impulsos que provienen del primer y segundo generadores de impulsos básicos;
 - un primer dispositivo de amplificación paramétrica (OPA1) que recibe en la entrada la salida de dicho dispositivo (R1) de recombinación;
 - 15 - un segundo filtro (F2) que extrae de la salida del primer dispositivo de amplificación (OPA1) una banda centrada a una longitud de onda sensiblemente igual a λ ;
 - un generador de segundo armónico (SH) que recibe en la entrada la salida de dicho segundo filtro (F2) y que genera una banda centrada a una longitud de onda sensiblemente igual a $\lambda/2$;
 - 20 - un dispositivo programable del control del retraso y de la fase espectral (DCDP2) que permite ajustar temporalmente los impulsos correspondientes a dichas bandas, de manera que permite la generación, por interferencia constructiva, de un impulso de longitud de onda sensiblemente igual a $\lambda/3$ y de duración inferior al periodo del ciclo óptico.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además un dispositivo (C) dispersivo que realiza una compresión y que lleva los impulsos que provienen del dispositivo programable (DCDP2) a su duración mínima.
- 25 3. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque comprende además un dispositivo de amplificación paramétrica (OPA2) que recibe los impulsos no comprimidos que provienen del dispositivo programable (DCDP2).
4. Sistema según las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque uno o cada dispositivo programable de control del retraso y de la fase espectral (DCDP1, DCDP2) es un filtro acústico-óptico dispersivo programable.
- 30 5. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque comprende una fuente (P) de bomba para los generadores, comprendiendo dicha fuente de bomba con preferencia medios de amplificación para materiales dopados con iones de Yterbio.
6. Sistema según la reivindicación 5, caracterizado porque el primer generador se obtiene a partir de la fuente (P) de bomba por un proceso óptico no lineal (B1).
- 35 7. Sistema según la indicación 5, caracterizado porque el segundo generador se obtiene a partir de la fuente de bomba (P) por un proceso óptico no lineal.
8. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende medios para sincronizar los impulsos que provienen del primer y segundo generadores.

