



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 317 227**

51 Int. Cl.:
G02F 1/365 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05736620 .5**

96 Fecha de presentación : **08.03.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1723466**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.11.2006**

54 Título: **Dispositivo de generación de una luz policromática con espectro continuo.**

30 Prioridad: **12.03.2004 FR 04 02589**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2009

73 Titular/es: **HORIBA ABX S.A.S.**
Parc Euromédecine rue du Caducée
34090 Montpellier, FR
Université de Limoges y
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (CNRS)

72 Inventor/es: **Nerin, Philippe;**
Champert, Pierre-Alain;
Fevrier, Sébastien;
Roy, Philippe;
Couderc, Vincent;
Leproux, Philippe y
Grossard, Ludovic

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

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

Dispositivo de generación de una luz policromática con espectro continuo.

La invención se refiere al dominio de las fuentes de luz y, más concretamente, a las fuentes de luz blanca.

Como es sabido por los especialistas, una luz blanca de espectro ancho puede ser generada de diversas maneras.

Una primera manera consiste en utilizar una fuente que emite directamente una luz blanca de espectro ancho, como por ejemplo una lámpara incandescente, una lámpara de cuarzo o un arco de xenón. En este caso, el espectro de emisión es sensiblemente continuo, pero la luminancia entregada es bastante débil y la emisión de luz es isótropa, resultando así imposible tanto la focalización sobre superficies pequeñas como la formación de un haz espacialmente coherente (o con una divergencia pequeña). Además, el volumen de tales fuentes es importante. Por otro lado, la duración de la vida de estas fuentes es relativamente corta. Por añadidura, las fuentes de arco o incandescentes generan mucho calor y tienen en consecuencia un mal rendimiento.

Una segunda manera consiste en poner en paralelo un gran número de diodos láser monofrecuencia que emiten fotones de longitudes de onda diferentes. En este caso, el volumen es relativamente pequeño pero el espectro entregado no es continuo, la potencia entregada es bastante débil, el ruido de partición es relativamente elevado y pueden sobrevenir variaciones de intensidad entre diodos.

Una tercera manera consiste en bombear una fibra óptica microestructurada con un láser monofrecuencia, como por ejemplo un láser sólido, tal como un láser titanio-zafiro, que funciona en régimen bombeado con impulsiones del orden del picosegundo al femtosegundo para frecuencias de repetición del kilohertzio al megahertzio. Un bombeo de ese tipo induce en la fibra microestructurada efectos no lineales que permiten la generación de fotones en diferentes longitudes de onda. Este tipo de fuente está descrito esencialmente en el documento de J.K. Ranka *et al*, Optics Letters, vol.25, N°1, p. 25-27, 2.000, y en el documento de J.C. Knight *et al*, Optics Letters, vol. 26, N°17, p. 1.356-1.358, 2.001. A causa del tipo de láser utilizado, una fuente de luz de ese tipo es muy costosa y por añadidura muy voluminosa, excluyendo así cualquier utilización en un producto integrado.

Una cuarta manera está descrita en el documento de patente WO 2005/071483, que forma parte de la técnica actual en el sentido del artículo 54(3) CBE. Ésta consiste en utilizar medios de bombeo óptico para entregar una radiación de dos longitudes de onda de excitación diferentes en una fibra microestructurada dispuesta, cuando está excitada por esta radiación de longitudes de onda de 532 nm y 1.064 nm, para entregar una luz policromática.

No siendo ninguna fuente conocida enteramente satisfactoria, la invención tienen por tanto por objeto mejorar la situación.

Se propone a este efecto un dispositivo de generación de una luz policromática, como el descrito en la reivindicación 1, y su utilización en las aplicaciones citadas en la reivindicación 12.

Otras características y ventajas de la invención aparecerán en el examen de la descripción detallada que va a continuación y de los dibujos anejos, en los cuales:

- la figura 1 ilustra de forma esquemática un primer modo de realización de un dispositivo de generación de luz policromática según la invención,

- la figura 2 ilustra de forma esquemática una variante de módulo de bombeo,

- la figura 3 es un ejemplo de diagrama que ilustra la intensidad I (en unidad arbitraria) en función de la longitud de onda λ (en nanómetros (o nm)), por un lado, de la luz policromática entregada por un dispositivo según la invención y, por otro lado, de la luz entregada en el caso de bombeo por una fuente monofrecuencia.

- la figura 4 es un ejemplo de diagrama que ilustra, por un lado, la variación de la dispersión D_{cx} de una fibra (en ps/nm/km) en función de la longitud de onda en micrometros (curva creciente referida al eje de ordenadas situado a la izquierda, ocurriendo el cero de dispersión para una longitud de onda igual aproximadamente a $0,8 \mu\text{m}$) y, por otro lado, la variación del índice efectivo n_{eff} del modo fundamental de una fibra en función de la longitud de onda en nanómetros (curva decreciente referida al eje de ordenadas situado a la derecha),

- la figura 5 ilustra de forma muy esquemática, en una vista en sección transversal, una fibra óptica microestructurada,

- la figura 6 ilustra de forma esquemática un segundo modo de realización de un dispositivo de generación de luz policromática según la invención,

- la figura 7 ilustra de forma esquemática un tercer modo de realización de un dispositivo de generación de luz policromática según la invención.

ES 2 317 227 T3

Los dibujos anexos podrán no solamente servir para completar la invención sino también contribuir a su definición, llegado el caso.

Se hará referencia en primer lugar a la figura 1 para describir un primer modo de realización de un dispositivo D dedicado a la generación de luz policromática, según la invención.

Un dispositivo D según la invención comprende en primer lugar un módulo de bombeo óptico MP encargado de entregar una radiación que presenta al menos dos longitudes de onda de excitación diferentes λ_1 y λ_2 y, preferentemente, dos grupos de longitudes de onda diferentes. Por supuesto, este módulo de bombeo óptico MP podría entregar fotones que presentan más de dos longitudes de onda diferentes o más de dos grupos de longitudes de onda diferentes, por ejemplo tres o cuatro, incluso más.

El módulo de bombeo óptico MP, de longitudes de onda múltiples, puede realizarse de diferentes maneras. Éste puede, como se ilustra en la figura 2, presentarse en la forma de una fuente láser SL de longitud de onda única acoplada a medios de conversión de frecuencia como, por ejemplo, un doblador de frecuencia DF. En este caso, la fuente láser SL alimenta al doblador de frecuencia DF con fotones (o radiación) que presentan la primera longitud de onda λ_1 , igual a 1.064 nm y el doblador de frecuencia DF entrega en su salida SMP fotones (o radiación) con la primera longitud de onda λ_1 y fotones (o radiación) con la segunda longitud de onda λ_2 , igual a la mitad de λ_1 , o sea 532 nm.

Por otro lado, el módulo de bombeo óptico MP, de longitudes de onda múltiples, puede funcionar o bien según un modo pulsante y sincronizado temporalmente, o bien según un modo casi continuo o continuo.

El dispositivo D según la invención comprende, igualmente, medios de guiado de luz GL encargados, cuando son excitados por una radiación que incluye varias longitudes de onda entregada por el módulo de bombeo óptico MP en un régimen de interacción luz-materia no lineal, de entregar en su salida SGL una luz policromática que corresponde a un “continuum”. Estos medios de guiado (GL) están constituidos por la fibra óptica microestructurada.

Se entiende aquí por “luz policromática”, una luz cuyo espectro es del tipo del ilustrado en la figura 3 (primera curva comprendida entre las longitudes de onda 350 nm y 750 nm), es decir sensiblemente continuo, y no discretizado, en términos de longitudes de onda (λ), sobre una banda ancha. Como se puede constatar en este diagrama, la intensidad I (aquí en unidad arbitraria), de la luz policromática que es entregada por los medios de guiado de luz GL, varía poco en el intervalo comprendido entre aproximadamente 420 nm y aproximadamente 700 nm.

En una fibra óptica monomodo que utiliza un régimen de dispersión negativo (dispersión normal que corresponde a una longitud de onda inferior a 800 nm (o 0,8 μ m) en la figura 4), el bombeo por una fuente monofrecuencia da lugar a la generación de rayos Raman discretos hacia las longitudes de onda elevadas (como se ilustra en la segunda curva de la figura 3 que está comprendida entre las longitudes de onda 500 nm y 700nm). Ninguna señal (o una señal muy débil) puede ser así generada en las longitudes de onda más cortas que la señal de la bomba. El número de rayos Raman generados aumenta con la intensidad de la señal inyectada.

En el caso de un bombeo por medio de al menos dos longitudes de onda (o dos grupos de longitudes de onda que incluyen cada uno al menos una longitud de onda) adecuadamente escogidos, se observan entonces dos modificaciones al nivel del perfil espectral. Como está ilustrado por la primera curva de la figura 3 (comprendida entre las longitudes de onda 350 nm y 750 nm), aparece en efecto un ensanchamiento espectral homogéneo y simétrico a uno y otro lado de una de las longitudes de onda de bomba, así como una minimización de las componentes Raman. Esta doble modificación es debida principalmente a un fenómeno de competición entre los efectos no lineales. El ensanchamiento espectral se explica por la combinación de efectos de automodulación de fase, de modulación de fases cruzadas y efectos paramétricos (mezcla de cuatro ondas). El añadir una segunda potencia de bomba permite iniciar los acuerdos de fase entre las longitudes de onda centradas alrededor de 532 nm y 1.064 nm (en este ejemplo) y la aplicación de los efectos paramétricos que tienen un umbral de aparición inferior al del efecto Raman. Preferentemente, los medios de guiado de luz GL presentan un perfil de dispersión que incluye una o varias anulaciones asociadas a una o varias longitudes de onda elegidas λ_c . En presencia de más de dos longitudes de onda de excitación, aquellas son repartidas preferentemente a uno y otro lado de la longitud de onda elegida λ_c . Así, el espectro de la luz policromática está repartido de manera sensiblemente homogénea y continua a uno y otro lado de la longitud de onda elegida λ_c , y con ello a uno y otro lado de las longitudes de onda de excitación λ_1 y λ_2 .

Se entiende aquí por “monomodo transversal” una estructura espacial particular del haz, caracterizada por el hecho de que no incluye más que un modo espacial cualquiera que sea la longitud de onda considerada del espectro emitido.

Como se ilustra en la figura 1, los medios de guiado de luz GL están realizados en la forma de una fibra óptica cuyas propiedades no lineales son función de su estructura y de sus dimensiones. Se utiliza una fibra óptica denominada microestructurada. Este tipo de fibra óptica presenta una estructura “optogeométrica” ajustable que permite un control del perfil de dispersión y autoriza una propagación sobre toda la banda de transmisión del silicio y, preferentemente, según un modo de propagación monomodo transversal. Además, este tipo de fibra óptica permite acrecentar de forma significativa el confinamiento del campo electromagnético guiado, reduciendo así el umbral de aparición de los fenómenos no lineales responsables del ensanchamiento espectral.

Por ejemplo, la fibra óptica GL puede ser una fibra óptica con agujeros del tipo de la ilustrada en la figura 5 en una vista en sección transversal. Este tipo de fibra óptica está especialmente descrito con detalle en el documento de patente EP 1 148 360. Esta fibra microestructurada está constituida por canales huecos CC paralelos al eje longitudinal de la fibra óptica GL, situados unos al lado de los otros alrededor del núcleo CF de la fibra, según un paso elegido, de manera que se define una estructura de malla (denominada cristal fotónico) y formados en el material que constituye el revestimiento GF que envuelve el núcleo CF de silicio de la fibra óptica GL. Se recuerda que un cristal fotónico es una estructura con banda fotónica prohibida, constituida por elementos difractantes (aquí los canales huecos CC) que definen una malla (por ejemplo cuadrada o triangular) y cuyas propiedades físicas permiten controlar la propagación de la luz. Una estructura de ese tipo se obtiene por ejemplo por estiramiento en una hilera, como se describe en la obra de Jean-Michel Lourtioz, "les cristaux photoniques", p. 324, Editions Hermès, 2.003. En el ejemplo ilustrado en la figura 5, el diámetro del núcleo CF de la fibra GL mide alrededor de $3\text{ }\mu\text{m}$, y el paso de red es del orden de 3 a $4\text{ }\mu\text{m}$.

La eficacia de conversión de los fotones de excitación a los fotones del continuum depende principalmente de la potencia pico entregada por el módulo de bombeo óptico MP, de las dimensiones del núcleo CF de la fibra óptica GL y de la longitud "activa" de dicha fibra óptica GL. Así, un módulo de bombeo óptico MP que entrega una potencia fuerte (confundidas todas las longitudes de onda de excitación) permite la utilización de una fibra óptica (o de una guía de ondas) más corta.

En presencia de dos longitudes de onda de excitación λ_1 et λ_2 , de 1.064 nm y 532 nm respectivamente, se puede utilizar una fibra óptica microestructurada GL de silicio, que presenta un núcleo de $3\text{ }\mu\text{m}$ de diámetro y de unos pocos metros de largo.

El ensanchamiento espectral que corresponde a la generación de la luz policromática de espectro ancho se efectúa aquí en un único paso en la fibra óptica microestructurada GL. Sin embargo, se podrían prever varios pasos. Es importante resaltar que el ensanchamiento espectral es sensiblemente independiente del signo de la dispersión cromática de la fibra óptica GL (o guía de ondas), lo que permite reducir las restricciones sobre los parámetros optogeométricos de los medios de guiado de luz GL.

Cuando la luz policromática deba ser polarizada, los medios de guiado de luz GL pueden ser eventualmente del tipo denominado "de selección de polarización" o "de mantenimiento de polarización".

El acoplamiento entre la salida SMP del módulo de bombeo óptico MP y la entrada EGL de los medios de guiado de luz GL puede hacerse o bien directamente, como en el ejemplo ilustrado en la figura 1, o bien indirectamente, como en el segundo modo de realización ilustrado en la figura 6.

Un acoplamiento directo puede ser diseñado, particularmente, cuando los fotones (o radiación) de excitación son entregados por el módulo de bombeo óptico MP en una salida SMP constituida por medios de guiado de luz, como por ejemplo una guía de luz (o de ondas) o una porción de fibra óptica.

En el caso de un acoplamiento indirecto, el dispositivo D, según la invención, incluye medios de acoplamiento MC que pueden ser realizados, por ejemplo, en la forma de una lente intercalada entre la salida SMP del módulo de bombeo óptico MP y la entrada EGL de los medios de guiado de luz GL (véase la figura 6).

Por otro lado, el dispositivo D, según la invención, descrito anteriormente, está destinado a entregar una luz policromática continua sobre un espectro ancho, visible y/o ultravioleta y/o infrarrojo. Sin embargo, se puede diseñar que esté acoplado a (o que comprenda) medios de filtrado MF de manera que filtre (o seleccione) los fotones del continuum, generados en los medios de guiado de luz GL, con el fin de entregar fotones (o radiación) según las longitudes de onda elegidas o las porciones elegidas del espectro continuo. Esto permite sintetizar una fuente de luz a medida.

Se puede diseñar cualquier tipo de medios de filtrado MF. Sin embargo, es ventajoso que éstos estén integrados en los medios de guiado de luz GL, por ejemplo en forma de una (o varias) red(es) de Bragg (colocadas en serie), bien conocida(s) por los especialistas. En efecto, una red de Bragg puede ser definida en una parte terminal acoplada a la salida SGL de los medios de guiado de luz GL, o en una parte terminal de esta salida SGL, por ejemplo por una modulación local de índice según un paso y una longitud elegidos, como se ilustra esquemáticamente en la figura 1. En este caso, eligiendo adecuadamente la estructura de la o las redes de Bragg, se puede sintetizar una fuente que emite una o varias longitudes de onda elegidas.

Como variante, se puede diseñar el utilizar una (o varias) cavidad(es) Fabry-Perot (colocadas en serie).

Sin embargo, los medios de filtrado MF pueden ser exteriores a los medios de guiado de luz GL y constituir un elemento añadido. En este caso, éstos pueden, por ejemplo como se ilustra en la figura 7, estar acoplados a la salida SGL de los medios de guiado de luz GL e incluir una red de difracción RD iluminada en haz paralelo y encargada de difractar la luz para entregar un haz monocromático a otra guía de luz FO, como por ejemplo una fibra óptica FO, encargada de efectuar un filtrado espacial para la selección espectral. Esta disposición, de tecnología más simple que una red de Bragg, permite realizar una fuente que se puede sintonizar continuamente en longitud de onda en la zona de emisión de la fuente de luz policromática. El acuerdo en longitud de onda se obtiene entonces por la rotación de la red de difracción RD.

La invención puede ser utilizada en numerosos dominios, principalmente, por la coherencia transversal y la policromía de la luz producida.

Un primer dominio es la metrología de magnitudes físicas. El dispositivo D según la invención puede constituir la fuente de luz blanca de un dispositivo de microestratigrafía óptica, por ejemplo del tipo del descrito en el documento de patente FR 2738343. En este dispositivo, una luz blanca es transportada por una fibra óptica hasta un objetivo de microscopio que la focaliza sobre una muestra (u objeto). El objetivo de microscopio presenta un cromatismo elegido de manera que focaliza todas las longitudes de onda contenidas en la luz blanca en una cota Z. La detección se efectúa en modo confocal con codificación cromática del eje de medida. El espectrómetro permite analizar el espectro de la luz reflejada por la muestra y deducir determinadas características de la misma, como por ejemplo su posición con respecto al detector y los espesores ópticos de las capas que la constituyen.

La precisión de las medidas efectuadas depende de la estabilidad temporal de la fuente de luz blanca y del balance fotométrico, que depende en primer lugar de la luminancia energética (o potencia emitida por unidad de superficie y por unidad de ángulo sólido) de la fuente. Tales características son ofrecidas por la fuente según la invención. A título de ejemplo, se podría integrar en el dispositivo antedicho un dispositivo según la invención que entregue un haz que presente, por ejemplo, las características siguientes: diámetro de núcleo de $6\text{ }\mu\text{m}$, potencia de 3 mW, abertura numérica igual a 0,4 y luminancia media (entre 400 nm y 700 nm) igual a $200\text{ W}\cdot\text{mm}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}$. Comparada con las fuentes utilizadas corrientemente (lámpara de cuarzo o arco de xenón), la fuente de luz según la invención es 1.000 veces más potente, lo que permite así reducir en un factor 1.000 el tiempo de integración para un rendimiento señal a ruido idéntico. Una ganancia de tiempo de ese tipo es particularmente útil en las aplicaciones ligadas al control en línea de la calidad de fabricación de productos tales como láminas plásticas o embalajes en vidrio o en plástico.

Un segundo dominio es la microscopía óptica y, principalmente, la imaginería tomográfica de materiales biológicos o no. Por ejemplo, el dispositivo D, según la invención, puede constituir la fuente de luz blanca de un dispositivo de tomografía óptica cutánea en vivo del tipo de la descrita en el documento de patente FR 2738140. Este dispositivo constituye un microscopio confocal de codificación cromática longitudinal que utiliza un espectrofotómetro de canales múltiples de análisis. Un dispositivo de ese tipo requiere una fuente de luz blanca que presente un brillo suficientemente elevado como para permitir tomas de vistas según una cadencia de vídeo en un medio biológico. La fuente según la invención está por ello particularmente bien adaptada a este tipo de dispositivo. Y lo es aún más cuando la tomografía óptica es la denominada coherente, como en el caso de la técnica OCT, por "Optical Coherence Tomography", la cual requiere una fuente de banda ancha con una coherencia temporal pequeña. Esta técnica OCT es utilizada principalmente durante las biopsias de alta resolución. En esta aplicación OCT, la anchura espectral de la fuente según la invención permite evitar la utilización simultánea de varias fuentes centradas en diversas longitudes de onda.

Un tercer dominio es la microscopía tridimensional, principalmente en las aplicaciones tales como la perfilometría de superficies o el examen de células biológicas (por ejemplo sanguíneas).

Un cuarto dominio agrupa el análisis por contraste de fase y la estrioscopia, para los cuales es necesario disponer de una fuente de luz que presente una gran coherencia espacial para iluminar con luz paralela un objeto de fase. En estas dos aplicaciones, se forma una imagen de una fuente de luz en el plano focal de una óptica de imaginería. Esta imagen es detenida (estrioscopia) o desfasada (contraste de fase) con respecto a la luz difractada por el objeto observado. La imagen del objeto, que resulta de la difracción, es observada en el plano conjugado. Este tipo de aplicación necesita una fuente de luz que presente una puntualidad y un gran brillo, que son dos características de las fuentes según la invención. Estos análisis son utilizados principalmente en microscopía óptica en el dominio de la biología, por ejemplo para la observación de células débilmente refringentes, así como en metrología, por ejemplo para medir las microrrugosidades de superficie en las ópticas de precisión. Se pueden citar especialmente las técnicas de medida que utilizan la proyección de luz estructurada y los analizadores de frente de onda del tipo Shack-Hartmann que funcionan con luz blanca y para los cuales el ruido de granularidad láser (o el efecto "spackle") puede ser eliminado. Aquí, la invención constituye una ventaja importante con respecto a un láser monocromático.

Un quinto dominio es la interferometría, especialmente la denominada de coherencia débil. Se puede, en efecto, utilizar una fuente según la invención para controlar las ópticas de muy alta precisión, tales como las utilizadas en fotolitografía ultravioleta, como la que está descrita esencialmente en el documento de A. Courteville, "Méthodes et techniques nouvelles pour l'industrie" coloquio de la SFO, Belfort 17-21 noviembre 2.003. Se puede igualmente utilizar una fuente según la invención en interferómetros de fibra óptica del tipo del descrito en el documento de patente US 2002/085208, o bien en el dominio de los captadores biológicos y/o químicos del tipo del descrito en el documento "Optical biosensors. Monitoring studies of glycopeptide antibiotic fermentation using white light interference", Analytical Chemistry, vol. 73, N° 17, 1 septiembre, 2.001.

Un sexto dominio es la vigilancia o la observación de edificios o monumentos. Se ha propuesto, por ejemplo en el documento de F. Figuera *et al*, "Evaluation of white light Fabry-Perot interferometry fiber-optic gages for small strains", Experimental Techniques, p. 31-36, Julio/Agosto 2.003, acoplar una fuente de luz blanca a una cavidad Fabry-Perot para constituir un captador de tensiones destinado, principalmente, a la auscultación de obras de ingeniería civil. Este tipo de aplicación necesita una gran fiabilidad del sistema de medida de las tensiones, la cual depende principalmente de la duración de la vida de las fuentes de luz blanca de los diferentes captadores (a veces un centenar montados en paralelo). Las lámparas incandescentes actualmente utilizadas presentan una duración de vida muy inferior a la ofrecida por las fuentes según la invención, especialmente cuando se trata de fuentes láser, por ello la

invención está particularmente bien adaptada a este tipo de aplicación. De una manera general, la fuente según la invención permite satisfacer numerosas restricciones espectrales y energéticas impuestas por las redes de captadores multiplexados con la ayuda de fibras ópticas acopladas a redes de Bragg, como se describe en el documento de A. Othonos, "Fiber bragg gratings: Fundamentals and applications in telecommunications and sensing", Artech House Optoelectronics Library, Hardcover, Junio 1.999.

Un séptimo dominio es la observación LIDAR (por "Light Detection And Ranging"). Se ha propuesto, principalmente en el documento de patente US 5,394,243, un dispositivo de medida LIDAR destinado a la medida de la velocidad del viento a baja altitud (típicamente entre 10 m y 100 m). Un dispositivo de ese tipo comprende una fuente de luz de espectro ancho, filtrada tanto en emisión como en recepción por un interferómetro Fabry-Perot. La espectroscopía de la luz difundida por la atmósfera permite determinar el efecto Doppler y deducir con ello un vector velocidad, en particular cuando el haz de luz es objeto de un barrido cónico. La fuente según la invención está por ello particularmente bien adaptada a este tipo de aplicación porque permite una focalización a gran distancia, ya que ofrece una gran potencia en una gama ancha de longitudes de onda y un ruido sensiblemente más débil que el ruido de partición ofrecido por los diodos láser multimodo utilizados actualmente. De una manera más general, la invención está particularmente bien adaptada a la espectroscopía de sólidos, de líquidos y de gases. En particular, la invención permite diseñar una aplicación de tipo LIDAR atmosférica para la detección y la dosificación de especies gaseosas, así como una aplicación de tipo célula de medida de pasos múltiples, la cual está descrita principalmente en el documento "Two-mirror multipass absorption cell", Applied Optics, vol. 20, N° 6, 15 marzo 1.981.

Un octavo dominio es la espectroscopía de objetos microscópicos, la cual requiere la focalización de la luz de excitación en un punto muy pequeño. La fuente según la invención, que puede emitir en el ultravioleta, el visible y el infrarrojo y que puede ser focalizada fácilmente, está por ello particularmente bien adaptada a los análisis espectroscópicos de objetos microscópicos tales como los cromóforos naturales de células. Es posible así estudiar las propiedades ópticas de eritocitos a nivel celular o subcelular. Por otro lado, la fuerte potencia ofrecida por la fuente según la invención permite, además, una utilización en el dominio de la microespectroscopía de flujo, en particular, para el estudio de los fenómenos de coloración obtenidos en los diagramas de difracción descritos en la obra de Kerker, "The scattering of light. and other electromagnetic radiation", p. 396, 1969.

Un noveno dominio es la transmisión de imágenes, eventualmente holográficas, con la ayuda de fibras ópticas. Esta transmisión de información se efectúa con la ayuda de una técnica de modulación espectral que necesita una repartición espectral de luz sensiblemente constante en una gama ancha de longitudes de onda y bajo una potencia fuerte de manera que compense las pérdidas intrínsecas a las fibras ópticas de transmisión. A causa de estas características, la fuente según la invención está por ello particularmente bien adaptada a esta aplicación.

Otras numerosas aplicaciones pueden ser todavía imaginadas, y especialmente en el dominio de la holografía con luz blanca y de la fotografía denominada de Lippmann, o bien en el dominio de la manipulación de átomos o de moléculas (por ejemplo para cubrir uno o varios rayos de absorción óptica de un edificio atómico, como el que está descrito en el documento "Atom cooling by white light", Applied Physics B 54, p. 428-433, 1.992).

La invención no se limita a los modos de realización de dispositivos de generación de luz blanca descritos anteriormente, solamente a título de ejemplo, sino que engloba todas las variantes que pudiera imaginar un especialista en el marco de las reivindicaciones que siguen.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de generación de una luz policromática, que comprende:

- medios de bombeo óptico (MP) que comprenden una fuente láser (SL) con un convertidor de frecuencia (DF) para entregar radiación con una primera y una segunda longitudes de onda de 1.064 y de 532 nanómetros, respectivamente.
- una fibra óptica microestructurada (GL) que presenta un perfil de dispersión que incluye una longitud de onda de anulación entre dicha primera y dicha segunda longitudes de onda, y dispuesta, en caso de excitación por dicha radiación en un régimen de excitación no lineal, para entregar en una salida (SGL) una luz policromática, permaneciendo el perfil de dispersión de dicha fibra óptica microestructurada del mismo signo entre dicha longitud de onda de anulación, que es de aproximadamente 800 nanómetros, y 1.800 nanómetros.

2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el cual dicha fibra óptica microestructurada es de tipo monomodo, de manera que entrega en su salida una luz policromática monomodo transversa.

3. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 y 2, en el cual dichos medios de bombeo óptico (MP) están dispuestos para entregar dicha radiación de forma pulsante y sincronizada temporalmente.

4. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 2, en el cual dichos medios de bombeo óptico (MP) están dispuestos para entregar dicha radiación de forma continua o casi continua.

5. Dispositivo según la reivindicación 1, en el cual el convertidor de frecuencia (DF) está dispuesto en forma de al menos un doblador de frecuencia apropiado para entregar dicha radiación con dicha segunda longitud de onda de excitación (λ_2) dos veces más pequeña que dicha primera longitud de onda de excitación (λ_1).

6. Dispositivo según la reivindicación 1, en el cual dicha fibra óptica microestructurada está elegida de un grupo que comprende al menos una fibra óptica con agujeros y una fibra fotónica.

7. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual dicha fibra óptica microestructurada es del tipo denominado de selección de polarización.

8. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el cual dicha fibra óptica microestructurada es del tipo denominado de mantenimiento de polarización.

9. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende medios de filtrado (MF) apropiados para filtrar determinadas de dichas longitudes de onda de la radiación aguas arriba de dicha fibra óptica microestructurada.

10. Dispositivo según la reivindicación 9, en el cual dichos medios de filtrado (MF) comprenden al menos una red de Bragg.

11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende medios de acoplamiento (MC) dispuestos de manera que acoplen dichos medios de bombeo óptico (MP) con una entrada (EGL) de dicha fibra óptica microestructurada.

12. Utilización de un dispositivo (D) según una de las reivindicaciones precedentes en un dominio elegido de un grupo que comprende al menos la metrología de magnitudes físicas, la microscopía óptica, y en particular la imagenología tomográfica y la microscopía tridimensional, la espectroscopía, el análisis médico de muestras, y en particular la citometría de flujo, la holografía médica, la transmisión de imágenes, y en particular la transmisión de imágenes holográficas, la manipulación de partículas de dimensiones microscópicas y submicroscópicas, y la interferometría.

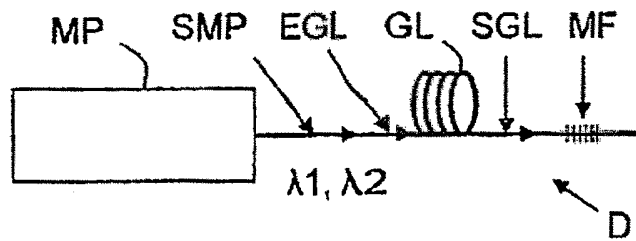


FIG.1

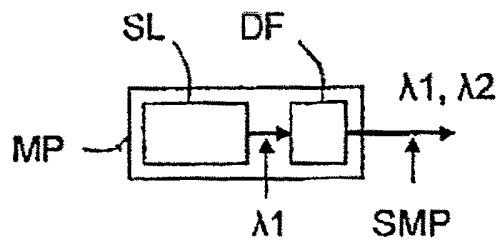


FIG.2

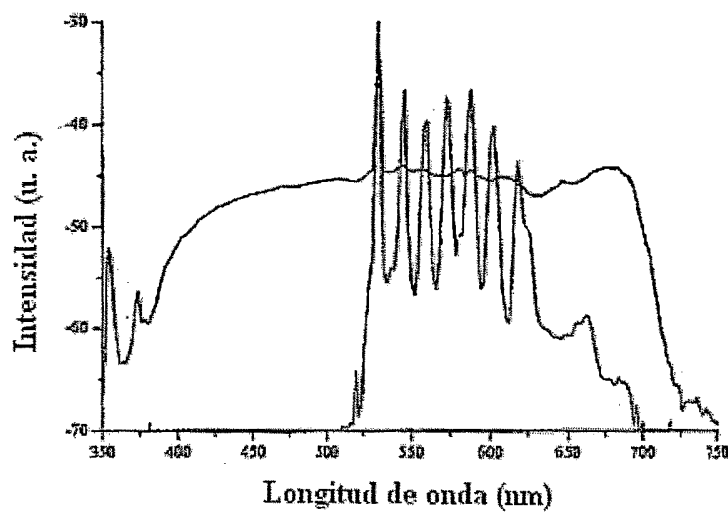


FIG.3

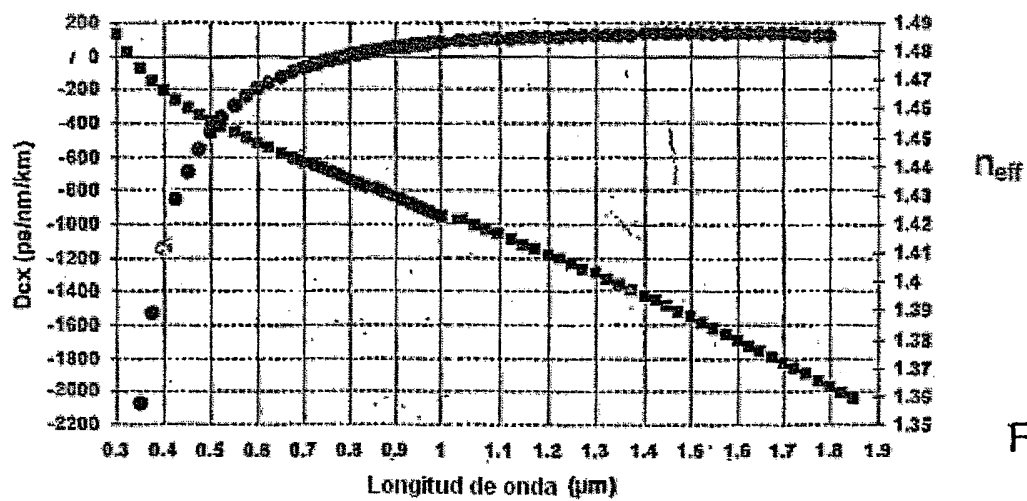


FIG.4

