

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 845**

21 Número de solicitud: 201530642

51 Int. Cl.:

**H04B 10/2507** (2013.01)

**G02B 6/036** (2006.01)

**G02B 6/38** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**12.05.2015**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**02.12.2015**

71 Solicitantes:

**UNIVERSITAT POLITÈCNIA DE VALÈNCIA  
(100.0%)**

**Ctro. Apoyo a la Innovación, la Investigación y la  
Transferencia de Tecnología, CTT, Edif.6 G,  
Camino de Vera s/n  
46022 Valencia ES**

72 Inventor/es:

**CAPMANY FRANCOY, José;  
GASULLA MESTRE, Ivana y  
SALES MAICAS, Salvador**

74 Agente/Representante:

**MALDONADO JORDAN, Julia**

54 Título: **Módulo de fibra óptica multinúcleo de compensación de la dispersión**

57 Resumen:

Módulo de fibra óptica multinúcleo de compensación de la dispersión.

La presente invención describe un módulo de fibra óptica de compensación de la dispersión, del tipo que comprende una fibra de múltiples núcleos, teniendo la fibra una longitud  $L$  y estando compuesta por  $N$  núcleos. En cada extremo de la fibra, cada uno de  $N-1$  núcleos se conecta de vuelta con otro de los  $N-1$  núcleos, de modo que se dispone de un único núcleo de entrada en un extremo de la fibra y un único núcleo de salida en el otro extremo de la fibra, y se obtiene una compensación de la dispersión equivalente a una longitud total de  $NL$  entre el núcleo de entrada y el núcleo de salida.

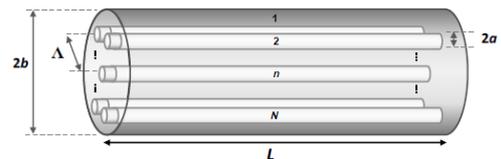


FIG. 1

ES 2 552 845 A1

**DESCRIPCIÓN**MÓDULO DE FIBRA ÓPTICA MULTINÚCLEO DE COMPENSACIÓN DE LA  
DISPERSIÓNCampo de la invención

5 La presente invención se refiere de manera general al campo de las conexiones por fibra óptica, y más específicamente a un módulo de compensación de la dispersión producida a lo largo de una fibra óptica de conexión.

10

Antecedentes de la invención

En la técnica se conoce ampliamente que en los sistemas de comunicaciones ópticos que emplean esquemas de multiplexado compacto por división de longitud de onda (DWDM) se requiere compensación de la dispersión. Hasta la fecha se han propuesto varias soluciones alternativas para ello, de las cuales se prefieren actualmente los módulos de fibra de compensación de la dispersión (DCF-M) para su instalación en la planta exterior ya que son sistemas pasivos, inherentemente de banda ancha y, además, pueden diseñarse para compensar simultáneamente el efecto perjudicial tanto de la dispersión de primer orden  $D$  como de la pendiente de dispersión  $S$ .

Los módulos de DCF se insertan a intervalos uniformes en la conexión de fibra óptica y compensan la dispersión acumulada hasta un valor residual. Se caracterizan por varios parámetros de rendimiento, siendo los más importantes la pendiente de dispersión relativa (RDS) dada por  $RDS = S/D$ , el factor de calidad (FOM) de dispersión con respecto a la atenuación que viene dado por  $FOM = D/\alpha$  (donde  $\alpha$  es la atenuación en dB/km), el área eficaz  $A_{eff}$ , las pérdidas por flexión y la longitud de onda de corte en modo individual.

Cuando un DCF-M tiene la misma RDS que la fibra SMF-28 convencional en modo individual, se compensan simultáneamente tanto la dispersión cromática como la pendiente de dispersión. En particular, para fibras SMF-28  
5 convencionales,  $D = 17 \text{ ps}/(\text{km}\cdot\text{nm})$ ,  $S = 0,058 \text{ ps}/(\text{km}\cdot\text{nm}^2)$  a una longitud de onda de  $1550 \text{ nm}$ , por tanto  $RDS = 0,0034 \text{ nm}^{-1}$ . Varios proveedores ofrecen módulos de DCF con  $RDS = 0,0034 \text{ nm}^{-1}$  y valores de  $D$  que oscilan entre  $-80$  y  $-160 \text{ ps}/(\text{km}\cdot\text{nm})$ . Por ejemplo, Fujikura notifica un diseño de  
10 fibra asistida por zanjas que alcanza hasta  $-152 \text{ ps}/(\text{km}\cdot\text{nm})$ ,  $FOM = 380 \text{ ps}/(\text{nm}\cdot\text{dB})$  y una atenuación de  $0,4 \text{ dB}/\text{km}$ . Para estos órdenes de magnitud, se necesitan aproximadamente  $112$  metros ( $17/152$ ) de DCF para compensar la dispersión que se produce en  $1 \text{ km}$  de SMF-28.

15 Existen dos requisitos para mejorar el rendimiento de un DCF-M. El primero es reducir las pérdidas por inserción, que tiene el impacto de relajar los requisitos de ganancia óptica de amplificadores ópticos en línea y reducir sus cifras de ruido, mejorando por tanto el rendimiento de  
20 transmisión global. El segundo requisito es reducir el tamaño del módulo de DCF. Los sistemas de DWDM consisten en un gran número de dispositivos y por tanto reducir su tamaño es uno de los principales desafíos en el desarrollo de productos compactos.

25 Se han propuesto DCF-M con variación del índice de refracción de tipo zanja para el funcionamiento con pocas pérdidas ya que esta configuración reduce las pérdidas por flexión.

30 Por ejemplo, a partir del documento US 2003/0198449 A1 se conoce un módulo de compensación de la dispersión en la transmisión óptica, mediante el uso de fibras multinúcleo. Este documento da a conocer una configuración especial en la que al menos dos núcleos tienen una configuración de

perfil de índice de refracción diferente el uno del otro y posiciones relativas en el centro de la fibra tales que se produce un acoplamiento de luz entre ellos. De este modo se introduce una dispersión total negativa y una pendiente de  
5 dispersión total negativa compensatorias en un intervalo predeterminado de longitudes de onda de la luz transmitida.

Para la reducción del tamaño, se ha propuesto una reducción del radio del revestimiento, pero esto aumenta las pérdidas por flexión del módulo.

10 Por tanto, existe en la técnica la necesidad de un módulo de DCF que presente una reducción tanto de las pérdidas por flexión como de su tamaño global.

#### Sumario de la invención

15 La presente invención da a conocer un módulo de fibra óptica de compensación de la dispersión que permite reducir tanto las pérdidas por flexión como el tamaño global del mismo. El módulo de la invención comprende una fibra óptica de múltiples núcleos, denominada fibra multinúcleo, que  
20 tiene una longitud  $L$  y está compuesta por  $N$  núcleos. Además, en cada extremo de la fibra, cada uno de los  $N-1$  núcleos se conecta de vuelta con otro de los  $N-1$  núcleos, de modo que se dispone de un único núcleo de entrada en un extremo de la fibra y un único núcleo de salida en el otro  
25 extremo de la fibra.

De este modo, el módulo de fibra óptica según la presente invención proporciona, para un tamaño (longitud) global de módulo  $L$ , una compensación de la dispersión equivalente a una longitud total de  $NL$  entre el núcleo de  
30 entrada y el núcleo de salida.

#### Breve descripción de las figuras

La presente invención se entenderá mejor con

referencia a los siguientes dibujos que ilustran una realización preferida de la invención, proporcionada a modo de ejemplo, y que no debe interpretarse como limitativa de la invención de ninguna manera.

5 La figura 1 muestra una vista en perspectiva de un tramo de fibra óptica de múltiples núcleos.

La figura 2 muestra una vista lateral de un módulo de compensación de la dispersión según la realización preferida de la presente invención.

10 La figura 3 muestra esquemáticamente un perfil de índice de refracción asistido por zanjas.

#### Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Tal como se observa en la figura 1, un módulo de fibra  
15 óptica de compensación de la dispersión basada en fibra multinúcleo comprende de manera general una fibra multinúcleo de longitud  $L$  compuesta por  $N$  núcleos. En la figura 1,  $a$  representa el radio de un núcleo,  $b$  representa el radio de cubierta de la fibra y  $\Lambda$  representa la  
20 distancia entre núcleos.

Haciendo ahora referencia a la figura 2 adjunta, puede observarse que, según la realización preferida de la presente invención, en cada extremo de la fibra, cada uno de los  $N-1$  núcleos se conecta de vuelta con otro de los  $N-1$   
25 núcleos mediante, por ejemplo, un conector de fibra de múltiple núcleo (TMC). Así, puede observarse que se dispone, en un extremo de la fibra, de un único núcleo de entrada por el que se introduce la señal de entrada en el módulo de compensación de la dispersión. En el extremo  
30 opuesto de la fibra se dispone de un único núcleo de salida por el que se obtiene la señal de salida.

Gracias a las conexiones de vuelta entre un núcleo y el siguiente, la pluralidad de  $N$  núcleos funcionan en serie

de modo que la señal pasa secuencialmente por toda la longitud  $L$  de cada uno de los  $N$  núcleos. Por tanto, se aprecia que entre el núcleo de entrada y el núcleo de salida se obtiene una compensación de la dispersión  
 5 equivalente a una longitud total de  $NL$ .

Gracias a la disposición según la realización preferida de la presente invención, se obtiene un módulo de compensación de la dispersión compacto con un tamaño sustancialmente reducido en comparación con un módulo de la  
 10 técnica anterior que proporcione una compensación de dispersión equivalente.

Con objeto de proporcionar además un funcionamiento con pocas pérdidas, según la realización preferida de la presente invención, los núcleos del módulo de compensación  
 15 de la dispersión presentan una configuración de índice de refracción asistida por zanjas, tal como se muestra en la figura 3 adjunta. En esta figura 3 puede apreciarse una zona de núcleo propiamente dicho con un alto valor de refracción  $n_1$ , una segunda zona intermedia en escalón con  
 20 un valor  $n_2$  y una zanja con un valor reducido  $n_3$ . En esta figura 3,  $W$  representa el ancho de la zanja del núcleo.

Por tanto, el módulo de fibra óptica de compensación de la dispersión según la realización preferida de la presente invención proporciona un funcionamiento con pocas  
 25 pérdidas y una reducción considerable del tamaño global (es decir, de la longitud), ya que tanto la longitud física como el volumen del elemento se reducen en  $N$ , siendo  $N$  el número de núcleos en el módulo de compensación de la dispersión.

30 A continuación se presenta un ejemplo comparativo para demostrar las ventajas obtenidas gracias al módulo de compensación de la dispersión de la presente invención. Si se diseña un módulo de compensación de la dispersión de un

único núcleo usando la arquitectura de perfil asistido por zanjas, que presenta una  $RDS = 0,0034 \text{ nm}^{-1}$ ,  $D = -X \text{ ps}/(\text{km}\cdot\text{nm})$  y una pérdida  $(\text{dB}/\text{km}) = \alpha$ , entonces el factor de calidad FOM es de  $X/\alpha$  y el tamaño global por km de fibra SMF-28 ( $D = 17 \text{ ps}/(\text{km}\cdot\text{nm})$ ) compensado es de  $17/X$ .

Según la presente invención, se usa un módulo de compensación de la dispersión según la realización preferida de la presente invención descrita anteriormente, empleando núcleos con perfiles de índice de refracción idénticos pero acoplados unos con otros, tal como se definió anteriormente, de modo que la señal cuya dispersión va a compensarse debe pasar por la longitud global de todos los núcleos. En este caso,  $FOM = X/\alpha$ , pero el tamaño global por km compensado de fibra SMF-28 es ahora igual a  $17/(N\cdot X)$ .

Con valores típicos para los parámetros de fibra relevantes, entonces un módulo de compensación de un único núcleo (o de múltiples núcleos pero no dispuestos según las enseñanzas de la presente invención), con un valor  $D = -152 \text{ ps}/(\text{km}\cdot\text{nm})$ , requiere  $112 \text{ m}/\text{km}$  de fibra SMF-28 para proporcionar una compensación adecuada.

En el caso de un módulo de compensación de la dispersión según la realización preferida de la presente invención, con 7 núcleos y con un valor  $D = -152 \text{ ps}/(\text{km}\cdot\text{nm})$ , se requieren  $16 \text{ m}/\text{km}$  de fibra multinúcleo para obtener la misma compensación. Si dicho módulo de compensación de la dispersión presenta 19 núcleos, la longitud requerida es de tan sólo  $6 \text{ m}/\text{km}$  de fibra multinúcleo.

Por tanto, para compensar  $100 \text{ km}$  de fibra SMF-28, se requerirán  $1,6 \text{ km}$  de un módulo de compensación de la dispersión de 7 núcleos según la realización preferida de

la presente invención (0,6 km en caso de presentar 19 núcleos), mientras que en el caso de la técnica anterior se requieren 11,2 km.

Para el funcionamiento correcto los núcleos deben estar completamente desacoplados y, por tanto, la diafonía debe mantenerse a valores despreciables. Incluso para la compensación a larga distancia, la longitud física del módulo de compensación de la dispersión según la presente invención se mantiene inferior a 20 km, lo cual, según experimentos notificados en la bibliografía técnica, garantiza un nivel de diafonía aceptable inferior a -50 dB.

El módulo de compensación de la dispersión dado a conocer en el presente documento tiene aplicaciones en redes de comunicación óptica de banda ancha, incluyendo conexiones submarinas y terrestres de larga distancia, sistemas regionales y de metro y redes de acceso. También puede ser interesante construir compresores de pulso compacto para instrumentación, ensayos y mediciones.

Aunque se ha descrito la presente invención haciendo referencia a una realización preferida de la misma, el experto en la técnica podrá concebir variaciones de dicha realización sin por ello apartarse del alcance de la presente invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Módulo de fibra óptica de compensación de la dispersión, del tipo que comprende una fibra de múltiples núcleos, teniendo la fibra una longitud L y estando compuesta por N núcleos, estando los núcleos desacoplados, caracterizado por que, en cada extremo de la fibra, cada uno de N-1 núcleos se conecta de vuelta con otro de los N-1 núcleos, de modo que se dispone de un único núcleo de entrada en un extremo de la fibra y un único núcleo de salida en el otro extremo de la fibra, y se obtiene una compensación de la dispersión equivalente a una longitud total de NL entre el núcleo de entrada y el núcleo de salida.
2. Módulo según la reivindicación 1, caracterizado por que cada uno de N-1 núcleos se conecta de vuelta con otro de los N-1 núcleos mediante un conector de fibra de múltiple núcleo, TMC.
3. Módulo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los núcleos presentan una configuración de índice de refracción asistida por zanjas.

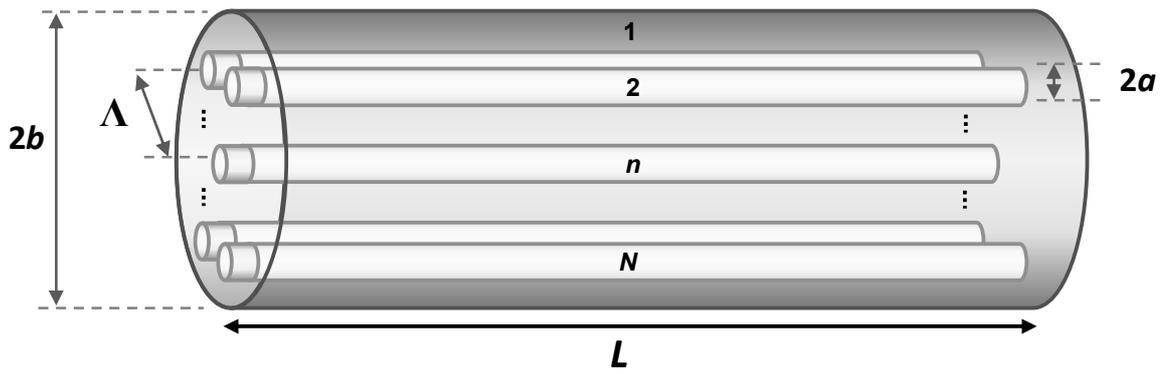


FIG. 1

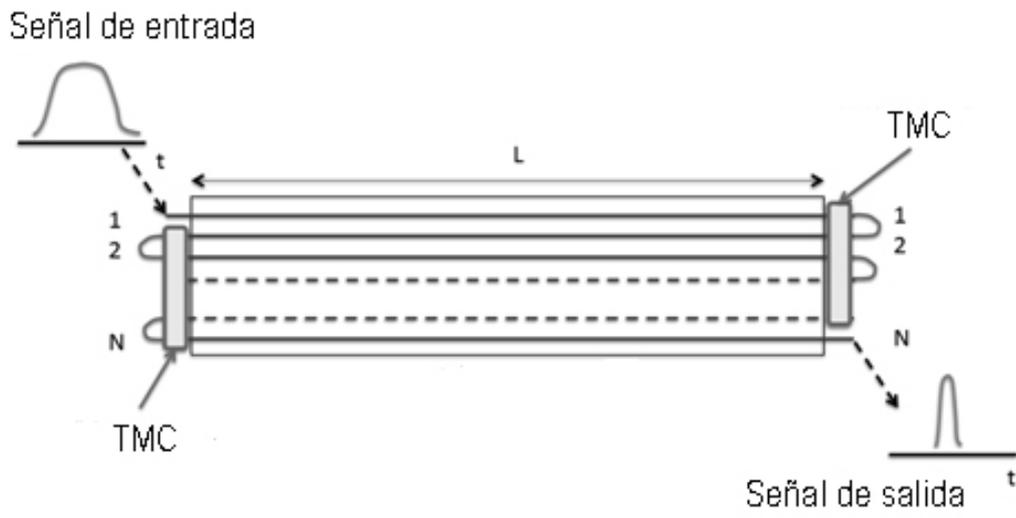


FIG. 2

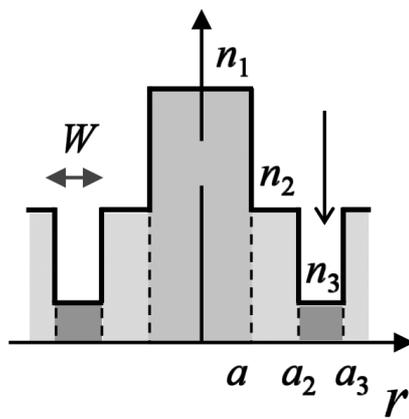


FIG. 3



- ②① N.º solicitud: 201530642  
 ②② Fecha de presentación de la solicitud: 12.05.2015  
 ③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	JP S59228618 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 22.12.1984, resumen EPODOC; figuras.	1
Y		2-3
Y	EP 2365654 A2 (OFS FITEL LLC A DELAWARE LTD LIABILITY COMPANY) 14.09.2011, resumen; figuras; párrafos 6,8,12,27,35,36,42-48.	2-3
Y	ES 2436873 A1 (UNIV VALENCIA POLITECNICA) 07.01.2014, resumen; figuras; página 2, líneas 36-47; página 3, líneas 21-42.	2
A	US 2014205244 A1 (BRADLEY KELVIN B) 24.07.2014, resumen; figuras; párrafos 18,19,23,28,33.	1-3

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia  
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría  
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita  
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud  
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

<b>Fecha de realización del informe</b> 25.11.2015	<b>Examinador</b> A. López Ramiro	<b>Página</b> 1/4
---	--------------------------------------	----------------------

## CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**H04B10/2507** (2013.01)

**G02B6/036** (2006.01)

**G02B6/38** (2006.01)

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

H04B, G02B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 25.11.2015

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-3	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1-3	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	JP S59228618 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD)	22.12.1984
D02	EP 2365654 A2 (OFS FITEL LLC A DELAWARE LTD LIABILITY COMPANY)	14.09.2011
D03	ES 2436873 A1 (UNIV VALENCIA POLITECNICA)	07.01.2014

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración****Reivindicación 1**

El documento más próximo entre los encontrados es D01, dicho documento presenta (resumen EPODOC; figuras) un módulo de fibra óptica con una fibra de múltiples núcleos, teniendo la fibra una longitud L y estando compuesta por N núcleos (12A-12F, 14, ver figura 3), caracterizado por que, en cada extremo de la fibra, cada uno de N-1 núcleos se conecta de vuelta con otro de los N-1 núcleos, de modo que se dispone de un único núcleo de entrada en un extremo de la fibra (12A) y un único núcleo de salida en el otro extremo de la fibra (14).

La diferencia entre el objeto de la presente solicitud y D01 se basa en que no se indica que los núcleos estén desacoplados, y tampoco se indica que se obtiene una compensación de la dispersión equivalente a una longitud total de NL entre el núcleo de entrada y el núcleo de salida. Sin embargo, se considera la primera diferencia implícita en la descripción de D01, y conocido en el estado de la técnica, ya que es condición necesaria para una correcta transmisión de la señal sin interferencias entre núcleos. Y por otro lado la segunda diferencia es un resultado a obtener derivado de las características técnicas ya indicadas en la reivindicación y presentes en D01.

Por lo mencionado, a la vista de D01 la reivindicación 1 presenta novedad (Artículo 6 LP) pero carece de actividad inventiva (Artículo 8 LP).

**Reivindicación 2**

La diferencia entre el objeto de la presente solicitud y D01 se basa en que cada uno de N-1 núcleos se conecta de vuelta con otro de los N-1 núcleos mediante un conector de fibra de múltiple núcleo, TMC.

El efecto de dicha diferencia se basa en poder conectar dentro de la fibra óptica multinúcleo los distintos núcleos. Sin embargo, en la fecha de presentación de la solicitud era sobradamente conocido el documento D02 del mismo campo técnico, que presenta (resumen; figuras; párrafos 6, 8, 12, 27, 35, 36, 42-51) la posibilidad de conectar los distintos núcleos de una fibra multinúcleo mediante un conector de fibra de múltiple núcleo, TMC.

El efecto de dicha diferencia también se soluciona en D03 (resumen; figuras; página 2, líneas 36-47; página 3, líneas 21-42).

El experto en la materia a la vista de los documentos mencionados alcanzaría las enseñanzas de la reivindicación 2 combinando lo descrito en los documentos D01 y D02 o D01 y D03 sin necesidad de mediar actividad inventiva alguna.

Por lo mencionado, la reivindicación 2 presenta novedad (Artículo 6 LP) pero carece de actividad inventiva (Artículo 8 LP).

**Reivindicación 3**

También en D02 se presenta la característica de que los núcleos presentan una configuración de índice de refracción asistida por zanjas (ver figura 6 y su descripción). Se observa en D02 que el índice de refracción de los núcleos de la fibra multinúcleo utilizada tiene una gran variación entre el centro y la periferia.

Se considera que el experto en la materia a la vista del documento D02 combinado con D01 alcanzaría sin mediar actividad inventiva alguna las enseñanzas de la reivindicación 3.

Por lo mencionado, la reivindicación 3 presenta novedad (Artículo 6 LP) pero carece de actividad inventiva (Artículo 8 LP).